

# A LAKOSSÁGI SZENNYVÍZ NEHÉZFÉM-TARTALMÁNAK VÁLTOZÁSA AZ ELEVENISZAPOS SZENNYVÍZTISZTÍTÁS SORÁN



**KIVONAT** A lakossági szennyvíz szervesanyag- és tápanyagtartalmának eltávolítása ma már nem okoz különösebb gondot, miközben a benne található szerves és szervesetlen mikroszennyezők hatékony és gazdaságos eltávolítása erősen kutatott területté vált. Bár a nehézfémek szennyvízben való jelenlétét és koncentrációváltozását már régóta vizsgálják, hazánkban kevés erre irányuló elemzés készült. Tanulmányunkban a lakossági szennyvíz nehézfém-tartalmát és az egyes komponensek koncentrációjának alakulását vizsgáltuk a hagyományos eleveniszapos technológia során.

**KULCSSZAVAK** eleveniszapos szennyvíztisztítás, lakossági szennyvíz, nehézfémek, szennyvíziszap

GULYÁS GÁBOR<sup>1</sup>, FILEP ATTILA<sup>1</sup>, KISS GERGELY<sup>1</sup>,  
RÁDI JÓZSEF<sup>2</sup>, DR. DOMOKOS ENDRE<sup>3</sup>, DR. KÁRPÁTI ÁRPÁD<sup>3</sup>  
*1 Dunántúli Regionális Vízmű Zrt., 2 Elgoscár-2000 Kft., 3 Pannon Egyetem, Környezetmérnök Intézet*

## Bevezetés

A nehézfémek a természetében mindenütt jelen vannak, és szinte mindig kimutathatók a kezeletlen nyers szennyvízben is. A települési szennyvizek nehézfém-tartalma viszonylag jól behatárolható, rendszerint alacsony és inkább csak az antropogén hatásokkal érintett területeken lehet magasabb (Deycard et al, 2014; Di Cesare et al, 2016). Az ipari termelés miatt a szennyvíztisztító telepre érkező települési kevert szennyvíz (lakossági, ipari, lefolyások) nehézfém-koncentrációja azonban minden esetben eltérő, ezért nem lehet előre megjósolni (Chipasa, 2003).

A nehézfémek a települési szennyvízbe négyféle módon kerülhetnek: a lakossági és szociális vízfelhasználás következtében, az ipari szennyvízkibocsátásokkal, a talajvíz infiltrációjával és a városi csapadékvízlefolyásokkal (pl. közlekedés eredetű nehézfém-szennyezés). Ennek megfelelően a szennyvízbe jutó antropogén eredetű nehézfém-szennyezés forrásai az emberek életvitel, a közlekedés, a hulladéklerakók üzemeltetése, a mezőgazdaság és az ipari tevékenység (Akpor et al. 2014, Hu et al, 2014).

A lakossági eredetű nehézfém-kibocsátás az élelmiszerfogyasztásból, háztartási vegyszerek és festékek használatából, csővezetékek kopásából és az azokban kialakuló lerakódásból, személyes kozmetikai termékek használatából és a lakossági építőanyagok felhasználásából származik. Az egyes országok közötti különbségektől függetlenül a világ nagy részén alkalmazzák hasonló formában ugyanazokat az anyagokat (például rezet a belső vízvezeték-hálózatok kiépítéséhez, vagy fémszálas gumibroncsokat, esetleg horganyzott anyagokat az építkezésekhez), melyek korróziós és kopásból eredő termékei minden esetben megjelennek a szennyvízben.

Jellemzően nehézfém-tartalmú szennyvizeket eredményező ipari folyamatok az elemgyártás, a festés és a festékek előállítás, a kőolajfinomítás, a galvánipar, a textilipar, a bőripar, az akkumulátorgyártás, a bányászat, az ércdúsítás, a fémelőállítás és a fémfeldolgozás (Akpor et al. 2014; Ke et al, 2017; Liu et al, 2017). Szintén jelentős lehet az esőzések következtében kialakuló városi lefolyások nehézfém-terhelése, amely inkább rövidebb, de intenzívebb esőzések esetén lehet számottevő. Egyes területeken jellemző lehet a talajvíz nagymértékű beszivárgása a

szennyvízelvezető rendszerbe (infiltráció), amely a környezeti körülményektől függően a talajban koncentrálnak a nehézfém-tartalom egy részét is magával viszi (Houhou et al, 2009).

A nehézfémek egy része az élőlények számára nélkülözhetetlen nyomelem. Csekély mennyiségük alapvető jelentőségű a szervezet működése szempontjából, túlzott expozíciójuk ugyanakkor rendkívül káros következményekkel járhat. A káros hatások és elváltozások a nehézfémionok szervezeten belüli fiziológiai és biokémiai folyamatainak (pl. proteinek és peptidok károsodása, enzimatis reakciók gátlása, elektrolitegyensúly zavara) eredménye. A nehézfémek állatokra és emberre gyakorolt súlyos hatásai közé tartoznak a növekedési rendellenességek, az idegrendszeri, légzőszervi és egyéb szervi károsodások, a rák kialakulása és mindezek következtében az idő előtti elhalálozás (Abdullahi, 2013).

A nehézfémek toxikus hatása az emberi és állati egészségen kívül az eleveniszapos rendszerekre is bizonyítottan hatással van (Chipasa, 2003; Ziolko et al, 2011). A nehézfémek a szennyvíztisztító telepeken végbemenő biológiai folyamatokra is gátló hatással vannak, így komoly zavarokat okozhatnak. Jelenlétük korlátozza a hagyományos technológiákban keletkező szennyvíziszapok elhelyezését és hasznosítását. A fémtoxikusság mértéke a szennyvíztisztító telepen egyértelműen függ az egyes fémek tulajdonságaitól, megjelenési formájuktól és biológiai hozzáférhetőségüktől is, a lebegőanyag-koncentrációtól, a jellemző iszapkortól és az egyéb kationok koncentrációjától is (Ziolko et al, 2011). Befolyásolja továbbá a jelenlévő mikroorganizmus-kultúra összetétele, mivel a különböző fajok eltérő toxicitási küszöbértékeket mutathatnak.

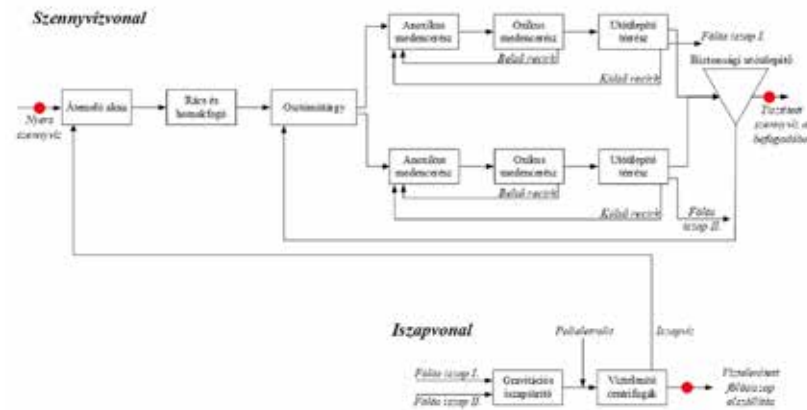
## Alapadatok

A vizsgálathoz szükséges minták egy hazai kommunális szennyvíztisztító telepről származtak. A szennyvíztisztító telep egy kiemelt üdülőkörzet szennyvizét tisztítja, a szennyvízelvezetéssel érintett településeken meghatározó ipari tevékenységet nem folytatnak.

Az alkalmazott szennyvíztisztítási technológia hagyományos eleveniszapos rendszer, az érkező szennyvíz mechanikai és biológiai tisztításával, illetve a keletkező fölösízap gépi víztelenítésével (1. ábra). A napi

5000 m<sup>3</sup> nyers szennyvíz megtisztítását biztosító technológia előülepítés nélkül üzemel, a vizsgált, nyers szennyvízzel érkező komponensek jellegükből adódóan csak a tisztított szennyvízzel, illetve a víztelenített iszapban koncentrálódva hagyhatják el a rendszert.

san 20-40 µg/l-es, de extrém esetekben akár 100 µg/l-t is meghaladó koncentrációjával. A szolgáltatott ivóvíz és a nyers szennyvíz arzénkoncentrációjának különbségéből egyébként az következik, hogy lakossági eredetű arzén megjelenésére a szennyvízben még ma is számítani lehet.

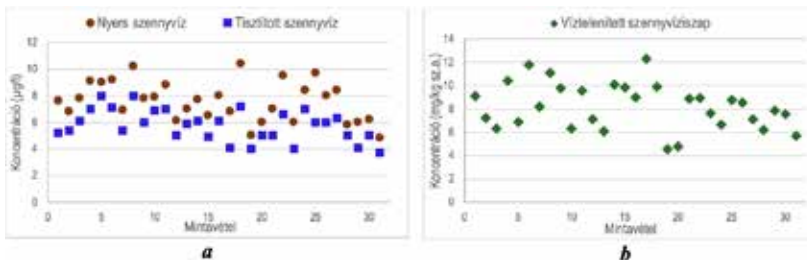


1. ábra. A vizsgált szennyvíztisztító technológia sémája a mintavételi pontok megjelölésével

A vizsgálatok során 31 napon keresztül, naponta vettünk mintát az egyes mintavételi pontokon. A minták feltárását zárt mikrohullámú roncsolóban végeztük. A szennyvíz és az iszapminták nehézfém tartalmát ICP-AES módszerrel határoztuk meg az EPA6010C:2007 szabvány szerint.

**Eredmények**

Az arzén koncentrációját valamennyi mintában pontosan meg tudtuk határozni. Jellemző koncentrációja a nyers szennyvízben 5-10 µg/l (átlag: 7,56 µg/l), amely az eleveniszapos tisztítást követően 4-8 µg/l-re (átlag: 5,78 µg/l) csökkent (1a. ábra). A mérések azt mutatják, hogy a hazai vízbázisok legkritikusabb szennyezőjének tartott arzén nyers szennyvízben tapasztalható koncentrációja az ivóvízben megengedhető legnagyobb arzénkoncentráció (10 µg/l) alatt maradt. Ez a megállapítás ugyanakkor nem általánosítható, hiszen a szennyvíz arzéntartalmát erősen befolyásolja a területen szolgáltatott ivóvíz arzénkoncentrációja is. A



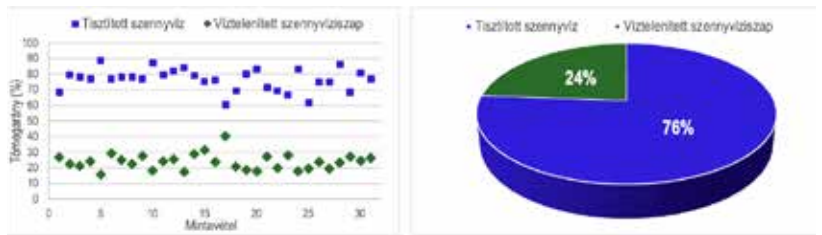
2. ábra. A szennyvíz minták (a) és a víztelenített szennyvíziszap (b) arzéntartalma

víztelenített szennyvíziszap arzéntartalma is jól behatárolható, a szennyvíziszap méréseink alapján 4,5 mg/kg sz.a. és 12,3 mg/kg sz.a. közötti (átlag: 8,23 mg/kg sz.a.) tömegarányban tartalmaz arzént (2b. ábra).

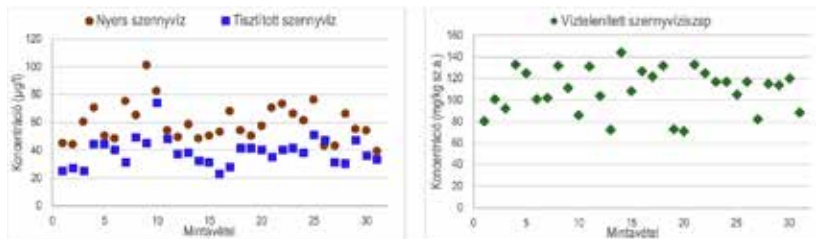
Az érintett üdülőkörzet ivóvízellátása karszt- és felszíni vízbázisból történik, melyek arzéntartalma minimális (a vizsgált időszakban és azon kívül is jellemzően 1 µg/l alatti), szemben a hazai rétegvizek átlago-

A tisztított szennyvízben maradó arzénkoncentráció a befolyó mennyiség 60-85%-a, miközben az érkező mennyiség 15-40%-a kerül az iszapba (3. ábra). Átlagos megoszlását tekintve az arzén 76,4%-ban a tisztított szennyvízzel és 23,6%-ban a víztelenített eleveniszapban koncentrálódva hagyja el a szennyvíztisztító telepet.

A vizsgálatok során a nehézfémeken túl a bárium és a bór koncentrációjának változását is ellenőriztük mivel toxicitásuk miatt figyelmet érdemelnek. A báriumnak pozitív élettani hatása nem ismert, sőt oldható vegyületei kivétel nélkül mérgezőek. Felhasználása valamennyi, nehézfém tartalmú szennyvizet eredményező iparágra (pl. fémfeldolgozás, textilipar, festékgyártás) jellemző, stabil izotópjai miatt az atomenergetikában is használatos. A pár százalékos eltérést mutató anyagmérleg alapján a bárium az arzénhoz képest nagyobb arányban (~40%) került az iszapba. Befolyó koncentrációja 40-80 µg/l közötti, melyből 20-50 µg/l ma-



3. ábra. Az arzén megoszlása a szennyvíztisztító technológia kimenő anyagáramaiban



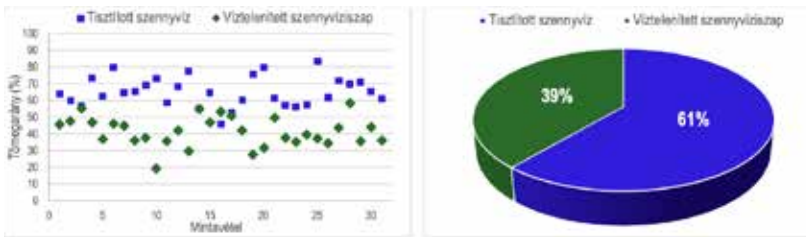
4. ábra. A szennyvíz minták (a) és a víztelenített szennyvíziszap (b) báriumtartalma

rad a tisztított szennyvízben (4. ábra). A szennyvíztisztító telepre 0,2-0,5 kg/nap mennyiségben érkező bárium 100-110 mg/kg sz.a. tartalmat generál a víztelenített települési szennyvíziszapban.

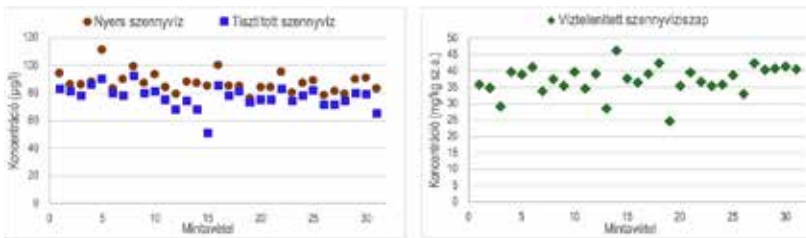
Az átlagos megoszlást tekintve a bárium körülbelül 40%-a adszorbeálódott az iszap felületén vagy épült be, miközben a fennmaradó 60% az élővízbe távozott (5. ábra).

A bór az élővilág számára fontos nyomelem, de magas dózisban – a nehézfémekhez hasonlóan – szervi károsodást és növekedési rendellenességeket okoz az emberi és állati szervezetekben. Emellett két stabil izotóppal is rendelkezik.

Nyers szennyvízben megfigyelt koncentrációja a báriumnál magasabb, jellemzően 80-100 µg/l közötti, amely a hagyományos eleveniszapos tisztítás során nem változik lényegesen (6. ábra). Az érkező mennyiség körülbelül 85-90%-a (70-90 µg/l) marad a szennyvízben a tisztítást követően is, és legfeljebb 20%-a kerül a szennyvíziszapba (6. ábra).

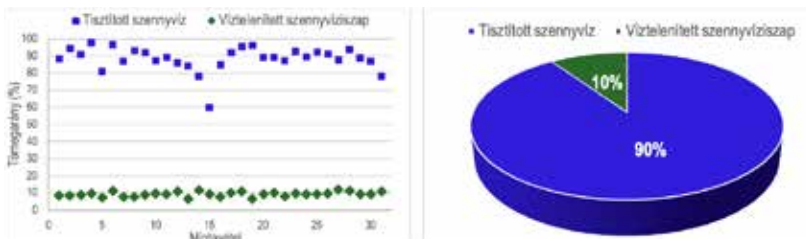


5. ábra. A bárium megoszlása a szennyvíztisztító technológia kimenő anyagáramaiban



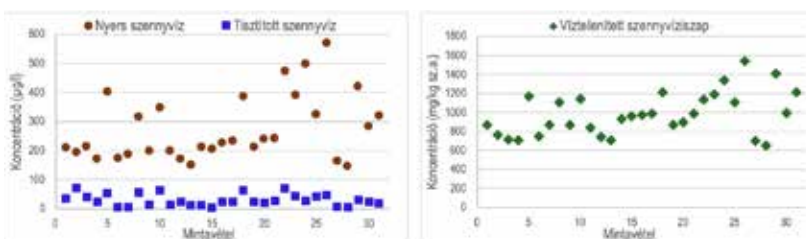
6. ábra. A szennyvízminták (a) és a víztelenített szennyvíziszap (b) börtartalma

A szennyvíztisztító telepre naponta 0,42-0,66 kg közötti (átlag: 0,47 kg) mennyiségben érkezett bór, amelyből 50 g került az iszapba, és amelynek meghatározó része így a vízfázisban maradvagyta el a technológiát. A bórra vonatkozó koncentrációk pontosságát mutatja, hogy a mérési eredmények alapján számított mennyiségkülönbség a 31 anyagmérleg alapján a technológia két oldalán átlagosan 3% alatti és az egyes esetekben is csak ritkán haladta meg a 10%-ot (7b. ábra).



7. ábra. A bór megoszlása a szennyvíztisztító technológia kimenő anyagáramaiban

A kommunális szennyvizek és szennyvíziszapok esetén leggyakrabban emlegetett fémszennyezők a cink és a réz, melyek széles körű felhasználásuk miatt a lakossági szennyvízben is jelentősebb mértékben koncentrálnak. Méréseink alapján a nyers szennyvíz 0,15-0,60 mg/l koncentrációtartományban tartalmaz cinket, amely a tisztítást követően minden esetben 0,10 mg/l alá csökken (8. ábra). Ez alapján a vizsgált időszakban a tisztítóba naponta átlagosan 1,5 kg cink érkezett, melynek kisebb része (0,2-0,3 kg/d) távozott a tisztított szennyvízzel, miközben nagyobb része az iszapba



8. ábra. A szennyvízminták (a) és a víztelenített szennyvíziszap (b) cinktartalma

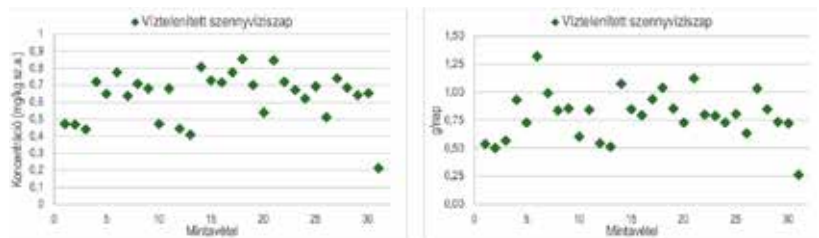


9. ábra. A cink megoszlása a szennyvíztisztító technológia kimenő anyagáramaiban

került. Ez utóbbi mennyiség 600-1600 mg/kg tömegarányt jelent az iszap szárazanyag-tartalmára vonatkozóan.

A tisztított szennyvíz cinktartalma jellemzően 8-18%-a volt a nyers szennyvízben mért koncentrációnak. Ezzel szemben a cink iszapban koncentráldott arányánál már nagyobb ingadozást tapasztaltunk, hiszen itt a jellemző 90% feletti részarány mellett 50-70%-os viszonyszámok is láthatók (9. ábra). Ezek az alacsony értékek akkor kerültek napvilágra, mikor a nyers szennyvíz cinkkoncentrációja magasabb volt és meghaladta a 400 µg/l-t. Ezekben az esetekben az anyagmérleg felállításkor a befolyó oldalon 20-30%-kal több cinket határoztam meg, mint ami aznap elhagyta a technológiát. Ennek oka mérési bizonytalanság lehet. A leírtakat összegezve az alapítható meg, hogy az érkező cink 90%-a kerül az iszapba, miközben az össz mennyiség tizede a tisztítást követően is a szennyvízben marad.

Eredményeim alapján az ezüst időnként kimutatható az iszapban, de a 31 alkalomból mindössze három esetben volt pontosan meghatározható mennyiségben jelen a befolyó szennyvízben, tehát a tisztított szennyvíz ezüstkoncentrációja is a legtöbbször kimutathatósági koncentráció alatti. Ameny-



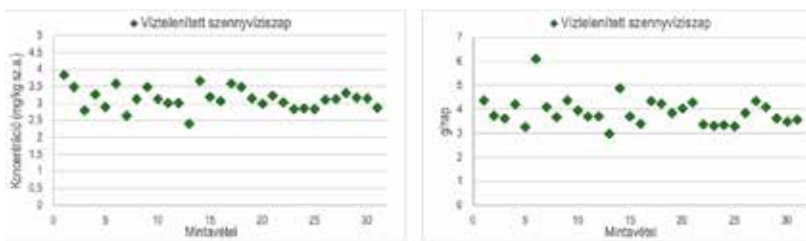
10. ábra. A víztelenített szennyvíziszap minták kadmiumtartalma

nyiben az iszapban detektálási határ feletti ezüsttartalmat mértünk (összesen hét mintában), az átlagosan 2,47 mg/kg s.a. koncentrációt jelentett, 4,01 mg/kg s.a. maximális tömegarány mellett. A kadmium jelenlétét már a nyers szennyvízben sem tudtuk detektálni, amiből következik, hogy a tisztított szennyvíz kadmiumtartalma is kimutathatósági határ alatti (0,5 µg/l) volt valamennyi minta esetében. Ezzel szemben a víztelenített szennyvíziszap kadmiumtartalma meghatározható volt, ugyanakkor itt is csak igen csekély mennyiségekről beszélhetünk. A szennyvíziszapminták

kadmiumtartalma jellemzően 0,4-0,9 mg/kg sz.a. közötti tömegarányt képviselt, és az 1 mg/kg sz.a. koncentrációt egy esetben sem haladta meg (10. ábra). A víztelenített szennyvíziszappal így naponta 0,5-1,1 g kadmium hagyta el a telepet.

Az iszapra jellemző kadmiumkoncentrációból kiindulva egyébként az átlagos 5493 m<sup>3</sup>/nap nyers szennyvíz mennyiségét és a szintén átlagos 1198 kg/nap keletkező iszapszárazanyag tömeget figyelembe véve azt kapjuk, hogy az iszap kadmiumtartalmát legfeljebb néhány 10 ng/l kadmiumkoncentráció generálhatja a nyers szennyvízben.

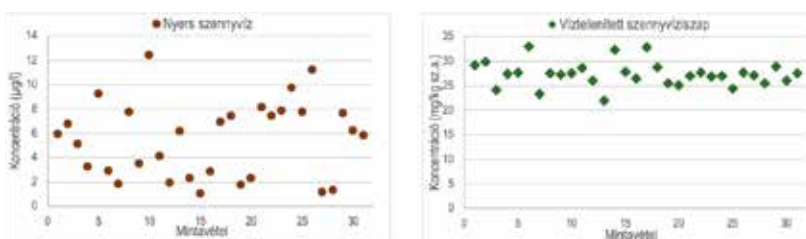
A kadmiumhoz hasonlóan a kobalt pontos koncentrációját sem tudtuk meghatározni a vízmintákban, ugyanis mennyisége csak négy alkalommal érte el az alkalmazott módszer kimutathatósági határát. A víztelenített szennyvíziszap kobalttartalma minden esetben meghatározható volt, de jellemzően csak néhány ppm (2,5-4,0 mg/kg sz.a.) tömegarányt jelentett (11. ábra).



11. ábra: A víztelenített szennyvíziszap minták kobalttartalma

A kadmiumnál levezetett számításhoz hasonlóan az iszapban koncentrálnak a kobalt tömege alapján a nyers szennyvízben 0,7-1,0 µg Co/l koncentráció valószínűsíthető.

A króm – bár jellemzően jelen volt a nyers szennyvízben – a tisztított szennyvízben már nem maradt detektálható mennyiségben. Lényeges különbség azonban, hogy míg a nyers szennyvíz alumíniumkoncentrációja és az arra vonatkozó detektálási határ között 2-3 nagyságrendnyi különbségek voltak megfigyelhetők, addig a króm mennyisége a nyers szennyvízben a kimutathatósági határkoncentrációval

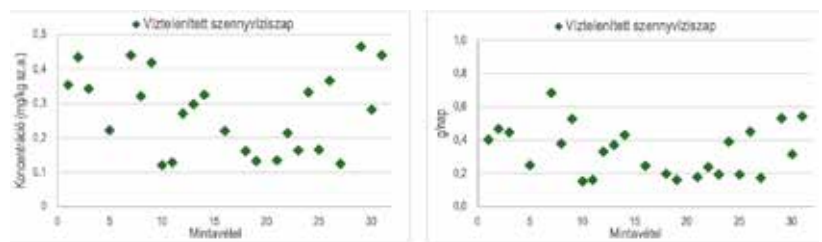


12. ábra: A nyers szennyvíz (a) és a víztelenített szennyvíziszap (b) krómtartalma

(1 µg/l) megegyező nagyságrendű (2-10 µg/l) volt (12. ábra). A víztelenített szennyvíziszap 20-35 mg/kg sz.a. koncentrációban tartalmaz krómot (12b. ábra).

Az iszapban tapasztalt krómtartalomtól egyébként 6-8 µg/l krómkoncentráció számítható ki a nyers szennyvízre, tehát annak ellenére, hogy a tisztított szennyvízre pontos adatokat nem tudtuk meghatározni, feltételezhető, hogy a telepre érkező króm közel teljes mennyisége az iszapba kerül. A szennyvíz higanytartalmánál ugyanazt tapasztaltuk, mint a kadmiumkoncentráció meghatározásánál. Jelenléte

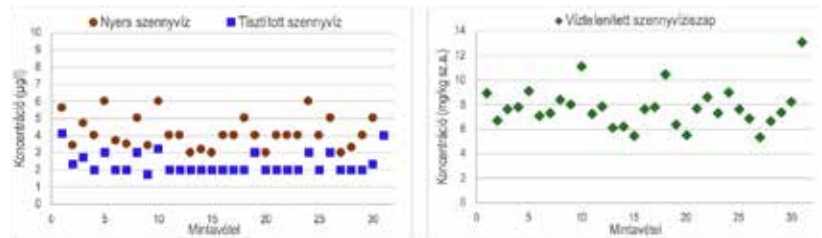
már a befolyó szennyvízben sem mutatkozott kimutathatónak egyik vízminta esetében sem. A víztelenített szennyvíziszap higanytartalma



13. ábra: A víztelenített szennyvíziszap minták higanytartalma

ugyan több mintánál is meghatározható volt, ezek a koncentrációk jellemzően 0,5 mg/kg sz.a. tömegarány alatt maradtak és hét mintában a 0,1 mg/kg sz.a. koncentrációt (kimutathatósági határ) sem érte el. A víztelenített szennyvíziszapba naponta mindössze 0,2-0,7 g higany került (13. ábra). A kadmiumnál felvázolt számítást követve az iszap átlagos 0,3 mg/kg sz.a. higanytartalmából kiindulva az érkező lakossági szennyvíz körülbelül 10 ng/l higanykoncentrációval jellemezhető.

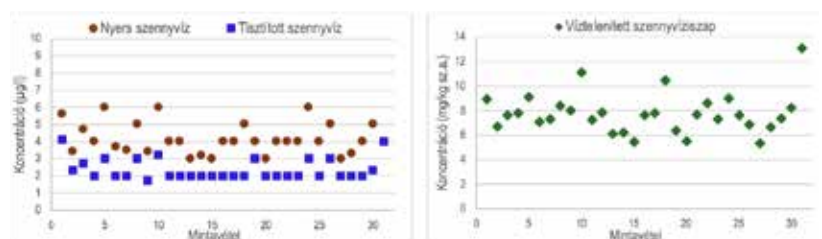
Méréseink szerint a nyers szennyvíz molibdént is tartalmaz az arzénhoz hasonló koncentrációban. A molibdén pontos eredete meghatározhatatlan, de vélhetően – az arzénhoz hasonlóan – részben az ivóvízből származhat. Bár koncentrációja a detektálási határon mozgott, csekély mennyiségben a tisztított szennyvízben is kimutathatónak



14. ábra: A szennyvízminták (a) és a víztelenített szennyvíziszap (b) molibdéntartalma

bizonyult. Jellemző koncentrációja a vízfázisban 2-7 µg/l (14. ábra). Aránya a szennyvíziszapban 6-10 mg/kg sz.a. lehet, amely a szennyvízzel érkező mennyiség nagyjából felének iszapba épülését jelzi (14b. ábra).

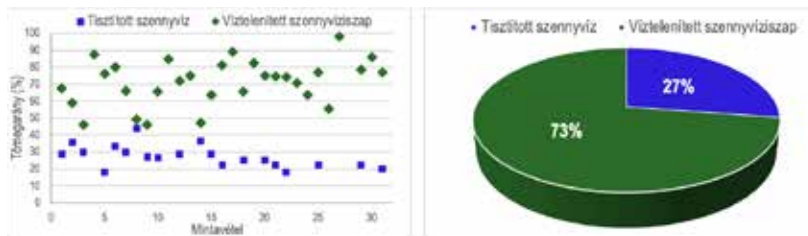
Méréseink alapján a növényi és állati szervezetben szintén nyomelemnek számító nikkell koncentrációja a lakossági szennyvízben 10 µg/l körüli. A tisztított víz nikkeltartalmát vizsgálva a minták kétharmadánál mértem detektálási határt meghaladó nikkeltartalmat, a nikkellkoncentráció azonban tíz elfolyó mintában nem érte el a 2 µg/l-t (16. ábra).



16. ábra: A szennyvízminták (a) és a víztelenített szennyvíziszap (b) nikkeltartalma

A víztelenített szennyvíziszap nikkeltartalma minden esetben pontosan meghatározhatónak bizonyult, és jellemzően 20-40 mg/kg sz.a. tartományban mozgott (16. ábra).

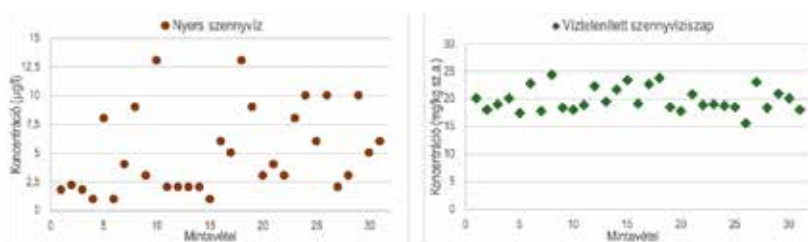
Mivel a nyers szennyvíz nikkeltartalma arányaiban nagy ingadozást mutatott, miközben a tisztított szennyvízben mért koncentrációk nagyjából állandónak (~ 2 µg/l) mutatkozott, a nikkeltartalom megoszlási aránya a kimenő vízfázis és az iszapfázis között szintén változó. Ezt az okot számszerűsítve úgy lehet bemutatni, hogy a tisztított víz nikkeltartalma akkor is 2 µg/l alatti volt, ha a nyers szennyvíz 4, vagy éppen 14 µg/l koncentrációban tartalmazott nikkelt. A 17. ábra egyébként nem mutatja azokat a megoszlási adatokat, melyeknél a nikkeltartalom a tisztított szennyvízben kimutathatósági határ alatti volt, mivel pontos koncentráció nélkül az arányok sem konkretizálhatók. Emiatt a nikkeltartalom 73%-ának iszapba kerülése is csak közelítő szám, és nagy valószínűséggel ennél magasabb arány is realizálható.



17. ábra: A nikkeltartalom megoszlása a szennyvíztisztító technológia kimenő anyagáramában

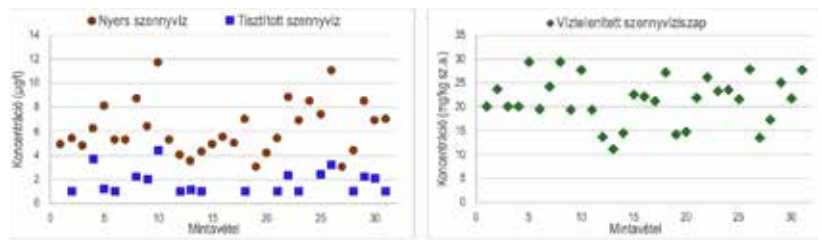
Az ólom jellemzően jelen volt a nyers szennyvízben, koncentrációját a tisztított szennyvízben viszont már nem tudtuk kimutatni. A krómhoz hasonlóan a nyers szennyvízben is a kimutathatósági határkoncentrációt (1 µg/l) csak kevéssé meghaladó mennyiségeket detektáltunk (2-10 µg/l; 18. ábra). A víztelenített szennyvíziszapban szintén kisebb arányban volt megtalálható, iszapban mért koncentrációja legtöbbször 15-25 mg/kg sz.a.-t tett ki.

Annak oka, hogy az ólom kevésbé koncentráldódik az iszapban, mint a króm, az lehet, hogy a króm inkább szil-



18. ábra: A nyers szennyvíz (a) és a víztelenített szennyvíziszap (b) ólomtartalma

lárd, míg az ólom oldott formában van jelen a települési szennyvízben. Fontosnak tartom megjegyezni, hogy a nyers szennyvízzel érkező és az iszappal távozó nehézfém mennyiségeket összevetve a króm és az ólom esetében is többször előfordult, hogy az elfolyó oldalon akár két-háromszoros mennyiségét állapítottunk meg annak a tömegnek, ami a befolyó ólomtartalom alapján feltételezhető lenne. Az ólom koncentrációja a nyers szennyvízben és a víztelenített szennyvíziszapban is a krómhoz és az ólomhoz is nagyon hasonló. Néhány százalékkal viszont nagyobb arányt képvisel a nyers szennyvízben és kisebbet az iszapban, ami már elegendőnek

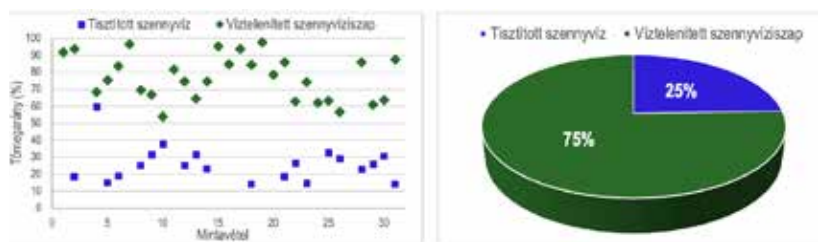


19. ábra: A szennyvízminták (a) és a víztelenített szennyvíziszap (b) óntartalma

bizonyul arra, hogy az említett másik két fémnel ellentétben a tisztított szennyvízben is kimutatható legyen. Az elfolyó szennyvízminták kétharmadában tudtuk pontos ónkonzentrációt meghatározni (18. ábra).

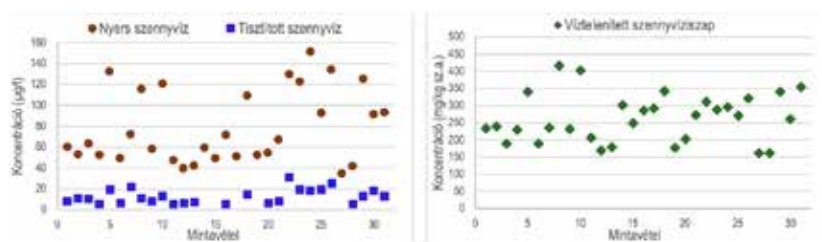
Az ón vízben maradó és az iszapba kerülő mennyiségének aránya szintén változatos, de ezek az értékek még jól elkülönülnek, így az egyes tartományok nem mosódnak össze. Megfigyeléseink szerint az ón iszapba kerülő része a beérkező mennyiség 90%-át is elérheti, de átlagosan ez az arány körülbelül 75%-ra tehető, miközben a tisztított szennyvízzel az ón tömegének negyede hagyja el a technológiát (20. ábra).

A befolyó szennyvíz rézkonzentrációját tekintve jelentős ingadozás figyelhető meg. A réz 40-160 µg/l-es koncentrációtartományban jelentkezett a nyers szennyvízben (21. ábra). Ettől függetlenül a tisztított vízben mért mennyisége jól behatárolható és jelentősen szűkebb koncentrációsáv-



20. ábra: Az ón megoszlása a szennyvíztisztító technológia kimenő anyagáramában

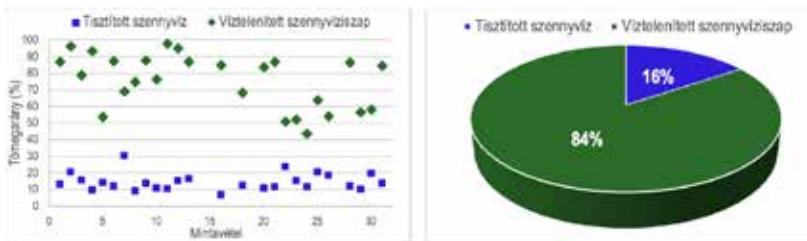
val jellemezhető. Abból, hogy a nyers szennyvíz réz tartalma erősen ingadozó, de a technológiát elhagyó szennyvíz rézkonzentrációja kevésbé változik, az következik, hogy a víztelenített iszap réz tartalma is tágabb tartományban mozog. Méréseink alapján a réz 0,1 és 0,5 g/kg sz.a. koncentráció között gyakorlatilag bármilyen tömegarányban jelentkezhet az iszapban (21b. ábra). A vizsgált időszakban napi 200-800 g (átlag: 440 g) réz érkezett a nyers szennyvízzel, melyből 20-220 g maradt a vízfázisban a tisztítást követően, miközben a maradék (átlagosan 0,5 kg) réz a víztelenített



21. ábra: A szennyvízminták (a) és a víztelenített szennyvíziszap (b) réz tartalma

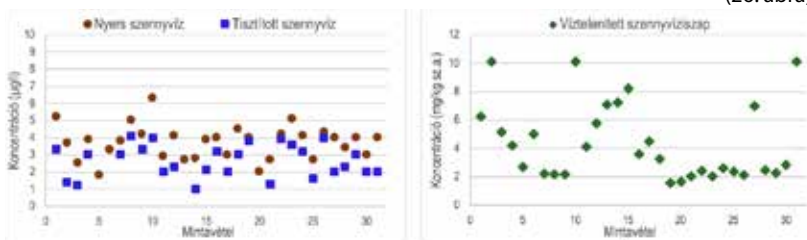
szennyvíziszapban koncentráldott. Ez az érkező rézmenyiséghez viszonyítva nagyjából 16%-os megoszlást jelent a vízfázisban és 84%-ot az iszapban (22b. ábra).

Méréseink alapján a nyers lakossági szennyvíz szelént tartalmazhat, melynek koncentrációja lényegében meg egyezett a molibdén mennyiségével. A szennyvíziszapban a molibdénnel összehasonlítva valamivel kisebb arányban koncentráldódik, és az eleveniszapos technológiát jellemzően a tisztított szennyvízzel hagyja el. Átlagos koncentrációja

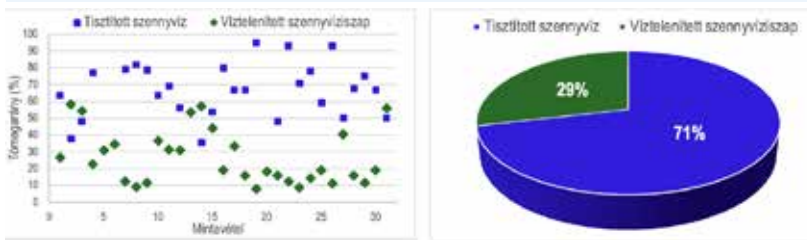


22. ábra: A réz megoszlása a szennyvíztisztító technológia kimenő anyagáramaiban

a nyers szennyvízben 4 µg/l, amelyből mintegy 3 µg/l koncentráció marad a tisztítást követően is a szennyvízben. Maradék része a szennyvíziszapban körülbelül 4 mg/kg sz.a. tömegarányt generál (23b ábra). A szelén vízben maradó és az iszapba kerülő mennyiségének aránya rendkívül változatos, és emiatt a két fázisra jellemző megoszlási tartományok igen csak összemosódnak. A szelénnél tapasztalt eltérések hasonló gyakorisággal semelyik másik vizsgált komponensnél sem fordultak elő. A fellépő bizonytalanság miatt a szelén megoszlása a két fázis között csak durva becsléssel közelíthető és 30-70%-ra tehető (a kisebb rész kerül az iszapba; 24b ábra).



23. ábra: A szennyvízminták (a) és a víztelenített szennyvíziszap (b) szeléntartalma



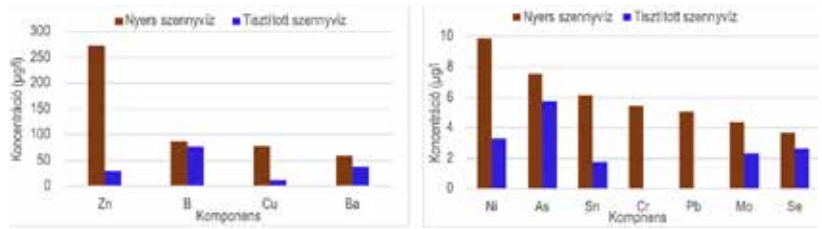
24. ábra: A szelén megoszlása a szennyvíztisztító technológia kimenő anyagáramaiban

**Következtetések**

A lakossági szennyvíz vizsgált komponenseit tekintve, azok mért mennyisége alapján az alábbi sorrend állítható fel:

Zn >> B > Cu > Ba >> Ni, As, Sn, Cr, Pb, Mo, Se >> Ag, Co, Hg, Cd.

A cinkhez viszonyítva az azt követő bór körülbelül harmadakkora koncentrációban van jelen. A réz és a bárium összes mennyisége a bórhoz hasonló, viszont azokat a nikkelt már közel egy nagyságrenddel kisebb koncentrációban követi.

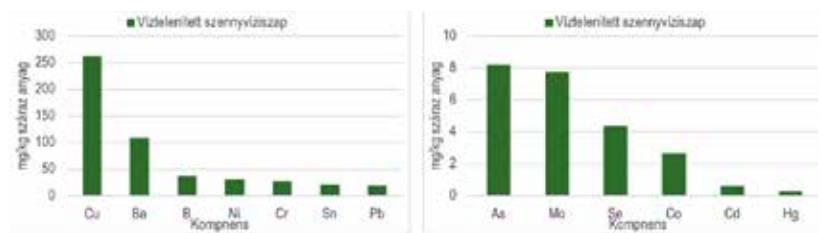


25. ábra: A szennyvízminták átlagos fémkoncentrációja

A víztelenített szennyvíziszapba koncentráldás szempontjából az alábbi sorrend határozható meg:

Zn >> Cu > Ba > B, Ni, Cr > Sn, Pb > As, Mo > Se, Co >> Cd, Hg.

Összes mennyiségét tekintve az iszapban a cink (átlag: 979 mg/kg sz.a.) a meghatározó, a cinket követi a réz, melynek közel teljes mennyisége az iszapba kerül. A felsorolt két elem mindegyikére jellemző, hogy mennyiségük meghaladja az őket követő komponensek együttes mennyiségét



26. ábra: A szennyvíziszapminták átlagos fémkoncentrációja

(26. ábra). Az iszap bárium-, bór-, nikkelt-, króm-, ón- és ólomtartalma még pontosan meghatározható, a többi elem viszont már ezeknél is jóval kisebb mennyiségben koncentráldódik. A települési szennyvíziszap ezüst-, kadmium- és higanytartalmától pedig gyakorlatilag el is tekinthetünk.

Eredményeink alapján elmondható, hogy a nehézfémek még abban az esetben is kimutathatók a kezeletlen nyers szennyvízben, ha az érintett területen gyakorlatilag csak lakossági szennyvízkibocsátásról beszélhetünk. A lakossági szennyvizekben a nehézfémek közül legalacsonyabb koncentrációban általában a higany van jelen, míg a legmeghatározóbb a cink előfordulása lehet.

A korábbi kutatások már rávilágítottak, hogy a toxikus nehézfémek mennyisége a települési szennyvíztisztításhoz kapcsolódó folyamatok (szennyvíztisztítás, iszapkezelés, komposztálás) során összességében nem változik, a nehézfémek csak más formában kerülnek elvezetésre a technológiából. A folyamatok során kialakuló arányokat az általunk készített anyagmérlegek jól szemléltetik, bár fontos megjegyezni, hogy a nehézfémek végső eloszlása minden esetben az adott technológiára jellemző, és alapvetően függ a befolyó szennyvíz összetételétől is. A mérések során előüleptítés és iszaprot-hasztás nélküli technológiát vizsgáltunk, tehát e két folyamat arányokat megváltoztató hatása nem érvényesülhetett.

Annak ellenére, hogy a települési szennyvíztisztító technológiákra nem különösen jellemző, hogy a nehézfémek eltávolítására is tervezik, látható, hogy napjainkban a kommunális szennyvíz nehézfém-tartalmát már a legtöbb esetben az egészségügyi határértékeknek is megfelelő, biztonságos szintre csökkentik. Vélhetően az érkező nehézfém-tartalom

csökkenése is nagymértékben hozzájárul ahhoz, hogy a legtöbb esetben a hagyományos eljárásokkal az évtizedekkel ezelőttihez képest szigorúbb előírások is teljesíthetők, bár a változó szennyvízösszetétel miatt ez a megfelelés nagymértékben függ az adott területre jellemző életritviteltől és a vízfelhasználási szokásoktól. A fejlett országokban a nyers szennyvízben csökkenő fémkoncentráció révén a nehézfémek eleveniszapokra gyakorolt mérgező hatása sem jelent ma már aggodalmat.

## Felhasznált irodalom

- Abdullahi, M. S. (2013): Toxic effects of lead in humans: an overview. *Global Advanced Journal of Environmental Science and Toxicology*, 2 (6) pp. 157-162.
- Akpor O. B., Ohiobor G. O., Olaolu T. D. (2014): Heavy metal pollutants in wastewater effluents: Sources, effects and remediation. *Oghenerobor Advances in Bioscience and Bioengineering*, 2 (4) pp. 37-43.
- Chipasa K. (2003): Accumulation and fate of selected heavy metals in a biological wastewater treatment system. *Waste Management*, 23 pp. 135-143.
- Deycard V. N., Schafer J., Blanc G., Coynel A., Petit J. C. J., Lancelleur L., Dutruch L., Bossy C., Ventura A. (2014): Contributions and potential impacts of seven priority substances (As, Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, and Zn) to a major European Estuary (Gironde Estuary, France) from urban wastewater. *Mar. Chem.*, 167 pp. 123-134.

- Di Cesare A., Eckert E. M., D'Urso S., Bertoni R., Gillan D. C., Wattiez R., Corno G. (2016): Co-occurrence of integrase 1, antibiotic and heavy metal resistance genes in municipal wastewater treatment plants. *Water Research*, 94 pp. 208-214.
- Houhou J., Lartiges B. S., Montarges-Pelletier E., Sieliechi J., Ghanbaja J., Kohler A. (2009): Sources, nature and fate of heavy metal-bearing particles in the sewer system. *Science of the Total Environment*, 407 pp. 6052-6062.
- Hu X. F., Jiang Y., Shu Y., Hu X., Liu L., Luo F. (2014): Effects of mining wastewater discharges on heavy metal pollution and soil enzyme activity of the paddy fields. *Journal of Geochemical Exploration*, 147, part B, pp. 139-150.
- Ke Y., Shen C., Min X., Shi M., Chai L. (2017): Separation of Cu and As in Cu-As-containing filter cakes by Cu<sup>2+</sup>-assisted acid leaching. *Hydrometallurgy*, 172 pp. 45-50.
- Liu Z., Wang D., Peng B., Chai L., Liu H., Yang S., Yang B., Xiang K., Liu C. (2017): Transport and transformation of mercury during wet flue gas cleaning process of nonferrous metal smelting. *Environ Sci Pollut R*, 24 (28) pp. 22 494-22 502.
- Ziolko D., Martin O. V., Scrimshaw M. D., Lester J. N. (2011): An Evaluation of Metal Removal During Wastewater Treatment: The Potential to Achieve More Stringent Final Effluent Standards. *Critical Reviews in Environmental, Science and Technology*, 41 (8) pp. 733-769.

# A FELHAGYOTT, LEZÁRATLAN, KEDVEZŐTLEN MŰSZAKI ÁLLAPOTÚ KUTAK VESZÉLYEI, AVAGY AZ AKTÍV VÍZBÁZISVÉDELEM FONTOSSÁGA ÉS KIHÍVÁSAI

„Poshadt vizű kút mellett üldögélve sosem találod meg a tiszta forrást.”  
(Hioszi Tatiosz)



**KIVONAT** Felszín alatti vízkincsünk múltunk, jelenünk, illetve jövőnk fontos alappillére, ezért mennyiségi és minőségi megóvása kulcsfontosságú közös érdekünk. A felhagyott, lezáratlan és kedvezőtlen műszaki állapotban lévő (pl. megromgált, lezáratlan kútfejjel/szellőzőcsővel rendelkező, korrózió/törés következtében vélhetően lyukas csövezetű, szakszerűtlenül – a gyűrűstér lezárása nélkül – kivitelezett) kutak a felszín alatti vízkészletek minősége szempontjából potenciális veszélyforrást jelentenek; ugyanis rajtuk keresztül az adott mélységben lévő, beszűrözött vízáadó réteg(ek)ben tárolt víz – az érintett vízáadó réteg(ek) nyomásállapotának függvényében – közvetlen kapcsolatba kerül idegen vizekkel, tehát nagyságrendekkel lerövidül az a természetes földtani adottságoktól függő elérési idő, mely alatt a felszín alá bekerült víz lejut a földtani közegen keresztül átszivárogva az adott vízáadó réteg(ek)be. A felszín alatti vízáadó rétegek elszennyződésének megelőzése érdekében elengedhetetlen a kútfej, valamint az esetlegesen rajta lévő átvezetések, illetve a kültérre kivezetett szellőzőcsőfej rovarvédő hálójával történő lezárása. Továbbá kutak létesítésekor a szűrözött vízáadó réteg felett a furatfal és a csőakat közötti gyűrűstér vízzáró módon történő lezárását is el kell végezni annak érdekében, hogy idegen víz a felszínről vagy sekélyebb vízáadó rétegből ne jusson le a szűrözött vízáadó rétegbe.

**KULCSSZAVAK** aktív vízbázisvédelem, felszín alatti vízkészletek minőségének megóvása, potenciális szennyezőforrások, lezáratlan kutak, szakszerű kútfej- és gyűrűstérlezárás

CSISZÁR ENDRE hidrogeológus, BÁCSVÍZ Zrt.

## Bevezető gondolatok

Vízbázisaink aktív védelme elengedhetetlen feladat annak érdekében, hogy a jövő generációk számára is rendelkezésre álljon a megfelelő mennyiségű és minőségű vízkészlet.

## Az aktív vízbázisvédelem elemei

Az aktív vízbázisvédelem – megítélésem szerint – két fő feladatkörre oszlik:

- A potenciális szennyezőforrások működésének nyomon követése, a tényleges szennyezések folyamatos monitoringja sérülékeny vízbázisok esetén, szükség esetén pedig a területileg illetékes katasztrófavédelmi igazgatóság részeként működő vízügyi vagy a területileg illetékes kormányhivatalhoz tartozó környezetvédelmi hatóság bevonása a szükséges intézkedések megtétele érdekében;
- Az egyes védőidomokat érintő víztermelő létesítmények számbavétele és műszaki állapotuk megismerése.