

A DUNAVARSÁNYI SZENNYVÍZ-TISZTÍTÓ TELEP ÉS A KAPCSOLÓDÓ SZENNYVÍZELHELYEZŐ TERÜLETEK KÖRNYEZETI HATÁSAINAK VIZSGÁLATA



1. ábra
A Dunavarsányi Szennyvíztisztító Telep, a nyárfás és energiaültetvény öntözőterületek, valamint a taksonyi szántóföldi öntözőterületek és a talajvíz monitoring kutak elhelyezkedése

Bevezetés

A Dunavarsányi Szennyvíztisztító Telepen fakultatív tavas, mélylevegőztetett biológiai tisztító rendszerben tisztítják Dunavarsány, Délegyháza, Majosháza, Szigetszentmárton, Áporka és Taksony települések szennyvizét. A tisztított szennyvizet szántóföldi öntözőterületeken, nyárfás ültetvényen, illetve energiaültetvényen öntözik el (1. ábra).

Az öntözőterületeken és azok környezetében a talajvíz több szennyezőanyag-komponens tekintetében határérték feletti mértékben szennyezett, ezért a Közép-Duna-Völgyi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség 2011-ben tényfeltárási megvalósítását írta elő (Inno-Water Kft., 2012). Jelen cikk a szennyvízkibocsátás környezeti hatásainak felmérése céljából végzett vizsgálatok eredményeit foglalja össze, illetve elemzi a szennyvíztisztító telep és az öntözőterületek rövid és hosszú távú fejlesztéseihez kapcsolódó kérdéseket, dilemmákat, lehetőségeket. A rövid távú intenzifikáláshoz kapcsolódó előkészítő elemzések eredményeit Sándor és munkatársai mutatják be részletesen (2013).

A dunavarsányi esettanulmány bizonyos szempontból magyarországi típusproblémának tekinthető, hiszen számos hazai szennyvíztisztító telep esetében a jogszabályi környezet szigorodó környezetvédelmi előírásai megkövetelik a meglévő tisztítási technológia és telepkonfiguráció átalakítását és folyamatos intenzifikációját. Ugyanakkor a viszonylag nagy mennyiségű (évi 700.000–1.000.000 m³) tisztított szennyvíz előntözése következtében kialakuló környezetterhelés csökkentése egyedülálló feladat elé állítja a tulajdonosokat, üzemeltetőket és az engedélyező hatóságokat egyaránt.

DR. SZABÓ ANITA,
SÁNDOR DÁNIEL BENJÁMIN
Inno-Water Kft.
DR. FLEIT ERNŐ
Eötvös József Főiskola
ÁCS TAMÁS,
ZAJJON GERGŐ,
BÁGER MILÁN
BME Vízi Közmű és
Környezetmérnöki Tanszék

Elvégzett vizsgálatok

A kialakult szennyezés felmérése és a lehetséges szennyezéscsökkentési beavatkozások kidolgozása érdekében részletes vizsgálatokat végeztünk az alábbi területeken:

- az öntözőterületek korábbi – szennyvízöntözésből, illetve mezőgazdasági művelésből eredő – szennyezőanyag terhelésének alakulása;
- a talaj és talajvíz minősége, a szennyezett terület jelenlegi kiterjedése és a szennyezés időbeli és térbeli változása;
- a szennyezések közegészségügyi kockázatai;
- a jelenlegi szennyvíztisztítási technológia működése, a lehetséges rövid és hosszú távú fejlesztési lehetőségek;
- a csatornahálózatot érő jelenlegi ipari szennyezőanyag-terhelések alakulása, forráskontrol lehetőségei;
- a telep környezetében található potenciális tisztított szennyvízbefogadók (felszíni víz, illetve talaj-talajvíz rendszer) terhelhetősége.

A vizsgálatok részletes módszertana megtalálható az elkészült szakértői jelentésekben (Inno-Water Kft., 2012; BME VKKT, 2012-a; BME VKKT, 2012-b).

nitráttartalmú műtrágya kijuttatása; nitrogén-, klór- és kéntartalmú növényvédő szerek használata, illetve egyéb háttérterhelésből (szulfát-, nátrium-, klorid-, brómvegyületek) is kerülnek a talajvízbe szennyezőanyagok.

A határérték feletti koncentrációban előforduló komponensek – a brómvegyületek, szulfát és nitrát kivételével – jól meghatározható területen belül helyezkednek el, az utóbbi években intenzíven öntözött nyárfás és energiaültetvény környezetében (2. ábra).

A talajvíz ammóniumterhelését a dunavarsányi öntözőterületek környezetében egyér-

szennyvíztisztító telep hatékony nitrifikációjának fenntartása esetén a legszennyezettebb területeken a talajvíz ammóniumtartalmának további, fokozatos csökkenése várható, amit a 2013. áprilisi talajvíz-minőségi eredmények igazoltak.

A talajvízek nitráatterhelése a dunavarsányi térségben a környező mezőgazdasági termelés során történő műtrágya kihelyezéséhez, illetve kisebb részben a tisztított szennyvíz elöntözéséhez (a kijuttatott ammónium talajvízben történő nitrifikációjához) köthető. Az ammóniumkoncentráció csökkenésével párhuzamosan az elmúlt egy évben a talajvíz nitrátkoncentrációja megnőtt, aminek oka egyrészt a közvetlen nitrátkibocsátás jelentős növekedése (a tisztított szennyvíz nitráttartalmának növekedése a változatlanul magas fajlagos hidraulikai terheléssel párhuzamosan), másrészt a talajvíz ammóniumtartalmának nitráttá történő átalakulása.

A nitrát megjelenése Taksony déli térségében több tényező következménye. A települési folyékony hulladékok, elszikkasztott szennyvizek elhelyezésének tartamhatásai éppúgy tükröződnek a határérték többszörösét meghaladó koncentrációértékekben, mint a területhasználat több évtizedes múltja (intenzív műtrágyázás és szerves trágyázás), illetve a Tiszta Vízzel Kft. időszakos szennyvízelhelyezései. Így a teljes vizsgált dunavarsányi-taksonyi területet diffúz módon nitráttal terheltek kell tekintenünk.

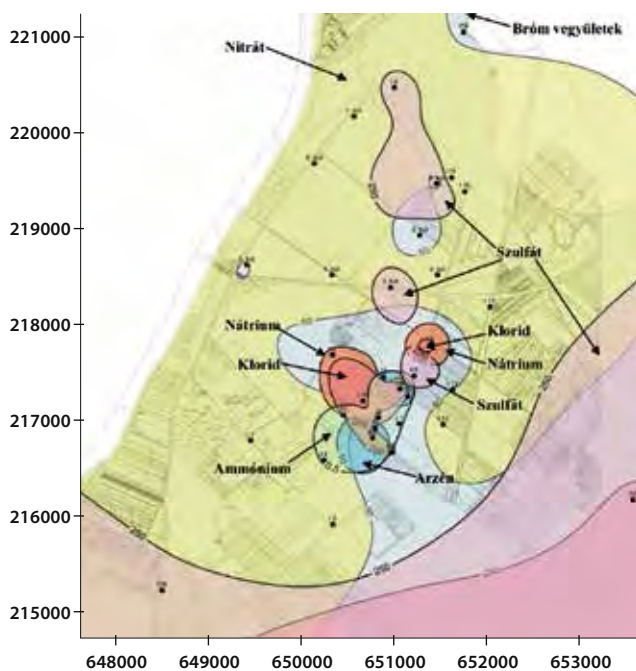
A dunavarsányi nyárfás és energiaültetvény alatt a talajvízben a határértéket meghaladó klorid-, illetve nátriumszennyezéseket illetően megállapítható a szennyvízből (illetve részben az ivóvízből) eredő terhelés, mivel a kommunális szennyvíztisztító telepek a sótartalmat nem képesek számottevő mértékben csökkenteni. A lakott területeken feltételezhető bizonyos mértékű háttérterhelés is (pl. utak téli sózása).

A 2012. évi vizsgálatok során a talajvíz arzéntartalma a nyárfás és energiaültetvény öntözőterületeken több ponton jelentősen meghaladta a 10 µg/l-es szennyezettségi határértéket, minden egyéb mintavételi pontban azonban határérték alatt maradt.

Tekintettel arra, hogy a területen a mélyégi rétegekből kitermelt ivóvíz természetes, geológiai eredetű arzéntartalma magas, az ivóvízhasználat következtében az ivóvízből keletkező szennyvízben is a (B) szennyezettségi határértéket megközelítő, illetve esetenként azt meghaladó arzénkoncentráció jelenik meg. Az egyre növekvő intenzitású tisztított szennyvíz kihelyezéssel növekvő mennyiségű arzén került a talajvízbe. A néhány mintavételi pontban a tisztított szennyvíz jellemző arzén-

2. ábra

Határérték feletti talajvízszennyezéssel jellemezhető területek (2012. július-augusztus)



A talaj és talajvíz minősége

A 2011-ben és 2012-ben megvalósított tényfeltárási vizsgálatok eredményei azt mutatják, hogy a vizsgált területen (Taksony–Dunavarsány–Majosháza) a talajvízben több szennyezőanyag (ammónium-, nitrát-, szulfát-, nátrium-, klorid-, foszfát- és brómvegyületek, arzén) a 6/2009. (IV.14.) KvVM–EüM–FVM rendeletben meghatározott (B) szennyezettségi határértéket meghaladó koncentrációban van jelen (Inno-Water Kft., 2012). A talajvízben megjelenő szennyezőanyagok egyik forrása az elöntözésre kerülő tisztított szennyvíz. Ezenkívül a tényfeltárással érintett területeken (taksonyi szántóföldi öntözőterületek) és azok szűkebb, illetve tágabb környezetében végzett mezőgazdasági termelésből (szerves trágya, ammónium- és

telműen a kijuttatott szennyvízben jelen lévő magas ammóniumtartalom okozta (a korábban elégtelen nitrifikáció miatt a nitrogén zömmel ammóniumformában hagyta el a szennyvíztisztító telepet). A csupán időszakosan terhelt taksonyi szántóföldi öntözőterületeken az ammóniumkoncentráció mindvégig alacsony maradt.

2012 júniusától a Dunavarsányi Szennyvíztisztító Telepen jelentősen növekedett a nitrifikáció hatékonysága a 2011. évi eredményekhez képest. A 2011-ben legszennyezettebb, dunavarsányi területen a talajvíz ammóniumkoncentrációja 2012-ben csökkenést mutatott, ami jelentős részben az ammóniumkibocsátás csökkenéséhez köthető.

A 2012. évi adatok alapján végzett szennyezésterjedési modell számeredményei alapján a

koncentrációját akár egy nagyságrenddel meghaladó arzénkoncentrációk a talajvízben azonban arra engednek következtetni, hogy az intenzíven öntözött területek környezetében a talajból történő kioldódás is szerepet játszik az arzén ilyen mértékű „feldúsulásában”. A talajvíz arzéntartalma azonban megfelelő körülmények között jelentősen csökkenhet is (oxidáció, kicsapódás, illetve adszorpció következtében), így az arzénkoncentráció akár egy nagyságrendnyi különbséget is mutathat ugyanazon kútból különböző időpontokban vett mintákban.

A tényfeltárás során létesített feltáró fúrásokban és valamennyi meglévő talajvíz-monitoring kútban a bróm és vegyületei az előírt 10 µg/l-es határértéknél jellemzően egy nagyságrenddel magasabb koncentrációban fordultak elő a 2011–2013-as időszakban. Tekintettel arra, hogy a talajvízben a teljes vizsgált területen, diffúz módon határértéket meghaladó koncentrációban jelennek meg a brómvegyületek, a szennyezettség egy része bizonyítottan háttérterhelésnek tekinthető. Ugyanakkor a legmagasabb szennyezettség a legintenzívebben öntözött dunavarsányi területek környezetében alakult ki.

Az egészségre veszélyes bromát koncentrációja azonban egyetlen mintavételi helyen vagy időpontban sem haladta meg a 10 µg/l értéket. A bróm elsősorban bromid formájában van jelen a talajvízben (a 2013. évi mérések szerint a bromid koncentrációja átlagosan 97%-a az összes brómkoncentrációnak).

Az ivóvíz minőségét szabályozó 201/2001 (X. 25.) Korm.rendelet 10 µg/l-es határértéke a bromátra vonatkozik, ezzel szemben a 6/2009 (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet a bróm vegyületeire (összes bróm) jelöli meg a 10 µg/l-es határértéket. A fenti jogszabályi diszcrepancia következtében a teljes vizsgált területen a jelenleg hatályos határértéket lényegesen meghaladó talajvíz-szennyezettség várható a jövőben is. A talajvíz minőségére vonatkozó (B) határértéknek az ivóvíz minőségre vonatkozó határértékhez történő jövőbeni harmonizálása esetén a talajvíz minősége

minden mintavételi pontban megfelel majd az előírásoknak.

A 2013. évi mérési eredmények alapján az ivóvízbázisként használt rétegvizek jelentős mennyiségű brómvegyületet (bromidot) tartalmaznak (47–740 µg/l). A csatornahálózat vízgyűjtő területén lévő ipari bebocsátások bizonyíthatóan szintén nagyban hozzájárulnak a brómterheléshez. Ebből következően a talajvízben megjelenő bróm (bromid)-tartalom számottevő része közvetlenül az ivóvízből, illetve a kommunális és ipari szennyvizekből ered.

A mennyiségi kockázatbecslés eredményei szerint a humán-egészségügyi kockázatok mértéke az ammónium és a nitrát esetében haladhatja meg az elfogadható veszélyességi szintet (a legkedvezőtlenebb szennyezőanyag terhelési forgatókönyveket és expozíciós utakat figyelembe véve). Egyéb szennyezőanyagok esetében veszélyes humánexpozíció nem alakulhat ki.

A tényfeltárás eredményei alapján a talajvízben megjelenő szennyezettség forrása, mértéke, kiterjedése, környezet- és egészségkárosító hatásai, illetve kezelési lehetőségei az egyes komponensek esetében jelentősen különböznek.

Alapvető probléma a dunavarsányi öntözőterületek túlzott igénybevétele (a megengedettnél lényegesen nagyobb mértékű terhelése), amelynek oka az öntözésre rendelkezésre álló területek elégtelen nagysága, illetve a taksonyi szántóföldi öntözés jelenlegi korlátai (csak a vegetációs időszakban öntözhető, a nyárfás, illetve energiaerdő öntözőterületeknél lényegesen kisebb mértékben). Bizonyos szennyezőanyag-komponensek a Dunavarsányi Szennyvíztisztító Telep elfolyó tisztított szennyvizében a (B) talajvíz szennyezettségi határértéknél magasabb koncentrációban vannak jelen, ezek egy része az ivóvízből, más része az ipari terhelésekből, illetve a háztartásokból származik.

Az ipari szennyvizek és a szennyvíztisztító telepre érkező nyers szennyvíz minősége

Alapvetően a biológiai szennyvíztisztítás optimális működéséhez szükséges határokon belül változik a dunavarsányi szennyvíztisztító telepre érkező nyers szennyvíz minősége. A nyers szennyvíz óránkénti gyakorisággal megvalósított vizsgálata során azonban kiugróan alacsony (pH<6,0–6,5) pH-értékek, illetve magas (>3000 µS/cm) fajlagos elektromos vezetőképesség-értékek, szervesanyag-tartalom és összes sótartalom-értékek is előfordultak, amelyek egyértelműen ipari bebocsátásokra

utalnak (szerves és/vagy szervesetlen savak, nagy iontartalmú szennyvizek). A kiugróan szélsőséges értékek (pH, nehezen bontható szervesanyag-koncentráció, toxikus anyagok stb.) a jelenlegi technológia esetében pusztán azért nem okozzák a tisztítási hatékonyság jelentős csökkenést, mert a tavak nagy térfogatából adódóan a szélsőséges értékek kiegyenlítődnek.

A nyers szennyvízben számos olyan szennyezőanyag-komponens (nátrium, klorid, brómvegyületek, arzén, ammónium) jelenik meg a talajvizekre vonatkozó (B) szennyezettségi határértéket megközelítő, illetve azt meghaladó koncentrációban, amelyek esetében a szennyvíz-öntözőterületek környezetében kialakult talajvízszennyezés mértéke meghaladja a határértéket. Ezek a komponensek az ammónium kivételével a szennyvíztisztítási technológián áthaladva, csaknem változatlan mennyiségben és formában jelennek meg a tisztított szennyvízben.

A csatornahálózat vízgyűjtő területén az ivóvíz mélységi rétegvizekből származik. A kitermelt rétegvizek jelentős mennyiségben tartalmazhatnak arzént, nátriumot, kloridot és bromidot. A jelenleg alkalmazott, illetve kiépítés alatt álló ivóvíz-tisztítási technológiák alkalmasak a vizek arzéntartalmának megfelelő szintre történő csökkentésére, így a jövőben várható, hogy a Dunavarsányi Szennyvíztisztító Telepre érkező szennyvizek arzéntartalma nem fogja meghaladni az ivóvízre, illetve talajvízre vonatkozó határértéket. A rétegvizekben található sók (nátrium, klorid, bromid) azonban az ivóvízzel a szennyvízbe, a szennyvíz-öntözéssel pedig a talajvízbe kerülnek. A mérési eredmények szerint a csatornahálózatba jutó egyes ipari szennyvizek nátrium-, klorid- és összes brómtartalma időszakosan a vonatkozó határértékek többszörösét is meghaladja.

A nyers szennyvíz, illetve a csatornahálózatba kerülő ipari szennyvizek vizsgálata alapján az ipari bebocsátások a 28/2004 (XII.25.) KvVM rendelet előírásainak számos alkalommal nem felelnek meg. Egyértelműen megállapítható, hogy bizonyos csatornahasználók időszakosan a megengedett szennyezőanyag-tartalom többszörösével jellemezhető szennyvízzel terhelik a kommunális csatornahálózatot. A megengedettnél magasabb szennyezőanyag-tartalmú, ipari eredetű szennyvizek csatornahálózatba bocsátása jelentős üzemeltetési problémákat okozhat a csatornahálózatban és a Dunavarsányi Szennyvíztisztító Telepen egyaránt, továbbá közvetlen összefüggésbe hozható a szennyvíz-öntözőterületek környezetében kialakult talajvíz-szennye-

zetséggel. Ezen komponensek esetében csakis a szigorú forráskontroll vezethet eredményre (párhuzamosan a szennyvízöntözés optimalizálásával).

A tisztított szennyvíz minősége, a szennyvíztisztító telep működése

Az eredeti tervezői elképzelés szerint a Dunavarsányi Szennyvíztisztító Telep előülepítés és utóülepítés nélküli fakultatív tőrendszer, amelynek első két tavában aerob, anaerob és anoxikus térrészek egyaránt kialakulnak, 3. tava pedig tározóként funkcionál. A létesítési engedély szerint a leülepedett (és kirohadt) iszapot (nyers és fölősiszap keveréke) 15-20 évente szükséges eltávolítani. Tekintettel a korábban nem megfelelő szennyezőanyag-eltávolítási hatékonyságra, a tavakban kiülepedett iszapot több alkalommal is el kellett távolítani az elmúlt évek során. A Dunavarsányi Szennyvíztisztító Telep a kezdeti, kis terhelésű időszakot kivéve nem volt alkalmas a tervezett szennyezőanyag eltávolítási hatékonyság elérésére.

2011 őszét követően több olyan intézkedés és műszaki beavatkozás történt, amelyek következtében a tisztított szennyvíz minősége számottevő javulást mutatott. A tisztított szennyvíz minőségi eredmények elemzése alapján összességében megállapítható, hogy a fakultatív tőrendszer kisebb átalakítások végrehajtását követően alkalmassá tehető a szervesanyag- és lebegőanyag-határértékek betartására.

A problémát jelentő nitrogénformákkal nem ilyen egyszerű a helyzet. A nitrifikációs folyamatok hatékonysága már 12-14°C-os szennyvízhőmérsékletek esetén is jelentős mértékben csökken, mivel a tavakban az iszapkor nem szabályozható. A vákuumos csatornahálózat kialakításából és a tavak nagy felületéből adódóan a szennyvíz akár 2-3°C-ra is lehűlhet, ebben az esetben pedig nem várható számottevő nitrifikáció.

A jelenlegi kiépítés mellett a denitrifikációs folyamatoknak a levegőztető tányérok alatt kialakuló anoxikus terekben kellene végbemennie. Az anoxikus és aerob reakciók azonban sem térben, sem időben nincsenek szétválasztva, így a denitrifikáció nem szabályozható. A fentiek miatt az 1. tóban a jelenlegi kiépítés mellett nem lehet stabilan biztosítani a denitrifikációs folyamatokat. A 2. tóban az anoxikus tér kiterjedése jóval nagyobb az 1. tó anoxikus terénél. A denitrifikációs folyamatok hatékonysága azonban ebben a tóban sem éri el a kívánt határfokot. Ennek oka, hogy a nyers szennyvízben lévő könnyen, illetve nehezen bontható szerves anyagok

90-95%-a lebomlik az 1. tóban, így a denitrifikációhoz szükséges szervesanyag a 2. tóban nem áll rendelkezésre.

2011-ben és 2012-ben a Dunavarsányi Szennyvíztisztító Telepen felújították a gépészeti berendezéseket (a levegőztető rendszer elemeit, keverőket), illetve eltávolították az 1. és 2. számú tavakban kiülepedett iszapot. 2012 márciusában a rendszerből – iszapeltávolítás céljából – kikapcsolásra került a 3. tó.

A szennyvíztisztító telepen végrehajtott felújítási és karbantartási munkák következtében jelenleg viszonylag jó hatékonysággal működik a nitrifikáció, így a tisztított szennyvízzel kijutó ammóniumterhelés (<20 mg/l) lényegesen kisebb, mint korábban (50-90 mg/l). A denitrifikáció korlátozott volta miatt azonban a tisztított szennyvíz nagy mennyiségű (50-200 mg/l) nitrátot tartalmaz, ezért a tisztított szennyvízzel jelentős nitráatterhelés éri a talaj-talajvíz rendszert. Ez a terhelés csak abban az esetben csökkenthető, ha a szennyvíztisztítási technológia alkalmassá válik a hatékony denitrifikációra.

A talajvíz-szennyezettség csökkentésének lehetőségei

A feltárt talajvízszennyezés megszüntetésének és/vagy a szennyezőanyag-terjedés megakadályozásának alapvető feltétele rövid és hosszú távon is a kiöntözött szennyvíz szennyezőanyag-tartalmának csökkentése, azaz a Dunavarsányi Szennyvíztisztító Telep megfelelő működésének biztosítása, illetve a szennyvízcsatorna-hálózat vízgyűjtőjét érő terhelések (ivóvízből bekerülő arzénterhelés, ipari szennyezések) csökkentése.

Tekintettel arra, hogy a legnagyobb közegészségügyi kockázatot jelentő ammónium és több más szennyezőanyag esetében a határértékűllépést a nyárfás és energiaültetvény túlterhelése (túl intenzív öntözése) okozta, feltétlenül szükséges a jelenleg alkalmazott öntözési gyakorlat további optimalizálása (a legintenzívebben öntözött területek hidraulikai és szennyezőanyag-terhelésének csökkentése, az öntözőterületek rotációja, rekultivációja,

fatelepitések stb.), illetve az öntözőterületek bővítése és/vagy felszíni befogadók időszakos alkalmazása.

A tényfeltárással érintett, illetve szennyezett területeken a már meglévő ammónium- és nitrátszennyezés fitoremediációval jelentős mértékben csökkenthető. A fitoremediáció mint aktív kármentesítési beavatkozás feltételei – megfelelően alacsony terhelés esetén – a jelenlegi öntözőterületeken adottak.

A jelenlegi ammóniumszennyezés csökkentését a nyárfás és energiaültetvény öntözőterületek további rekultivációja (elsősorban a kipszult faállomány újratelepítése), illetve az öntözőterület közvetlen közelében (a 036/16 hrsz. alatti területen) megvalósított fatelepités segítheti elő. Figyelembe véve, hogy a szántóföldi öntözőterületeken az engedélyek szerint maximum 448.000 m³/év mennyiségű szennyvíz helyezhető el, szükséges a jelenlegi öntözőterületek rövid távú (1-2 éven belüli) bővítése.

A talajvíz jelenlegi nitráttartalmának növekedését elkerülendő, a szántóföldi öntözőterületek jelenleginél nagyobb mértékű öntözésével párhuzamosan javasoljuk 1-2 éven belül a taksonyi öntözőterület egy részének fásítását. Megjegyezzük, hogy a nitráatterhelés közegészségügyi kockázatok szempontjából elfogadható mértékűre csökkentése az egyéb területhasználatok (mezőgazdasági termelés stb.) komplex szabályozását igényli.

Hangsúlyozzuk, hogy a fitoremediáció a szennyvízelhelyezés további optimalizálásával együttesen lehet csak hatékony. A 2011-ben végrehajtott tényfeltárási vizsgálatok alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy az utóbbi években legintenzívebben öntözött dunavarsányi területeken a szennyvíz öntözését a lehető leghamarabb a minimumra kell csökkenteni (a már felnőtt vegetáció vízigényének kielégítésével), a taksonyi szántóterületek minél intenzívebb öntözése és lehetőség szerint új öntözőterületek bevonása és esetlegesen felszíni befogadók időszakos alkalmazása mellett. Amennyiben a legintenzívebben öntözött területeken a szennyezőanyag-terhelést olyan mértékűre csökkentjük, amit a környezet kezelni képes, akkor a talajvíz ammóniumkoncentrációja fokozatosan csökkeni fog (elsősorban a növényi ammóniumfelvétel, illetve kisebb részben a nitrifikáció következtében), illetve más szennyezőanyagok esetében is lassítható vagy megállítható a növekvő tendencia.

A szennyvíztisztító telep működésének intenzifikálása (a további talajvízterhelés csökkentése) rövid és hosszú távon is feltétele az előbbieken bemutatott műszaki beavatkozások (fitoremediáció és a szennyvíz öntözés

1. táblázat

A lehetséges műszaki beavatkozások összehasonlítása költséghatékonyság szempontjából.

| Szennyező- anyag | Forráskontrol (a jövőben adott területre kijutó szennyezőanyag mennyiségének szabályozása) | | |
|-------------------------------|--|--|--|
| | Terhelések csökkentése a csatornahálózat vízgyűjtőjén | Szennyvíztisztító telep intenzifikálása | Öntözés optimalizálása |
| NH ₄ ⁺ | nem lehetséges | kiváló | kiváló |
| NO ₃ ⁻ | nem lehetséges | közepes | közepes |
| As | közepes | alacsony | kiváló |
| Br ⁻ | közepes | nem lehetséges | közepes |
| Na ⁺ | nem lehetséges | nem lehetséges | közepes |
| Cl ⁻ | közepes | nem lehetséges | közepes |
| PO ₄ ³⁻ | nem lehetséges | közepes | kiváló |
| Szennyező- anyag | Már kijutott szennyezőanyag mennyiségének csökkentése | Kijutott szennyezőanyag terjedésének megakadályozása | |
| | Aktív, on-site kármentesítési beavatkozások | Fitoremediáció | Egyéb immobilizációs eljárások |
| NH ₄ ⁺ | alacsony | kiváló | nem lehetséges (a talajban zajló adszorpció folyamatok biztosítják) |
| NO ₃ ⁻ | nem lehetséges | közepes | nem lehetséges |
| As | alacsony | alacsony | alacsony |
| Br ⁻ | nem lehetséges | alacsony | nem lehetséges |
| Na ⁺ | nem lehetséges | alacsony | nem lehetséges |
| Cl ⁻ | nem lehetséges | alacsony | nem lehetséges |
| PO ₄ ³⁻ | alacsony | kiváló | alacsony |

optimalizálása) megfelelő hatékonyságának, azaz a jelenlegi talajvíz-szennyezettség csökkentésének, elsősorban az ammónium tekintetében. A jelenlegi nitrátszennyezés elsősorban a mezőgazdasági tevékenység miatt alakult ki, azonban a talajvíz-szennyezettség növekedésének elkerülése miatt szükséges a tisztított szennyvíz ammóniumkoncentrációjának szabályozása (hatékony nitrifikáció) mellett a nitrát-koncentráció alacsonyan tartása (denitrifikáció) is. A szennyvíztisztító telep szennyezőanyag-eltávolítási hatékonysága több lépcsőben növelhető, elsősorban az ammónium-, nitrát- és foszfát-koncentráció alacsonyan tartása érdekében (lásd még Sándor és munkatársai, 2013).

Az arzénkoncentráció csökkentése a szennyvíztisztító telepen műszakilag megvalósítható (bár lényegesen kevésbé költség-hatékony, mint az ivóvíz-tisztítási technológiákban), a talajból történő arzénkioldódás

lehetősége miatt azonban a jelenlegi talajvíz-szennyezettségre gyakorolt hatás mértéke bizonytalan.

Ahogy korábban is hangsúlyoztuk, a kommunális szennyvíztisztító telepek nem alkalmasak az oldott sók jelentős mértékű eltávolítására, ezért a szennyvíz-öntözőterületek környezetében a talajvíz nátrium-, klorid-, bróm/bromid-koncentrációjának, valamint fajlagos elektromos vezetőképességi értékének káros mértékű növekedése hosszú távon nem elkerülhető (nagyobb területeken optimalizált öntözés esetén is legfeljebb lassítható a folyamat). Ezen paraméterek esetében elengedhetetlen a csatornahálózatot érő ipari szennyezőanyag terhelések csökkentése (forráskontrol).

Az egyes szennyezőanyag-komponensekre vonatkozóan a lehetséges műszaki beavatkozásokat költséghatékonysági szempontból az 1. táblázatban hasonlítottuk össze.

Összefoglalás, következtetések

A Dunavarsányi Szennyvíztisztító Telep tisztított szennyvizét jelenleg csaknem kizárólag egy 18 hektár területű energiaültetvény öntözőterületen helyezik el. Az öntözőterületeken és azok tágabb környezetében a talajvíz több szennyezőanyag-komponens (ammónium, nitrát, klorid, nátrium, arzén, szulfát, foszfát, bróm és vegyületei) tekintetében jelenleg is határérték feletti mértékben szennyezett. A szennyezés egy része köthető a szennyvíztelepi kibocsátásokhoz (nem megfelelő nitrifikációs és denitrifikációs hatékonyság, ipari terhelésből származó szennyezőanyagok), emellett egyes komponensek esetében jelentős a településekről, mezőgazdasági területekről érkező háttérterhelés is.

Az eredmények alapján a probléma megoldása csak több különböző jellegű beavatkozás együttes megvalósításával lehetséges. A feltárt talajvízszennyezés megszüntetésének és/vagy a szennyezőanyag-terjedés megakadályozásának alapvető feltétele rövid és hosszú távon is a forráskontroll (elsősorban az ipari terhelések csökkentése), illetve a Dunavarsányi Szennyvíztisztító Telep megfelelő működésének biztosítása (a telep intenzifikálása vagy átépítése). Emellett elengedhetetlen a jelenleg legintenzívebben öntözött területek hidraulikai és szennyezőanyag-terhelésének csökkentése (az öntöző területek bővítése), az öntöző területek rotációja, rekultivációja, illetve további fatelepítések megvalósítása.

Amennyiben a tisztított szennyvíz befogatója továbbra is a talaj-talajvíz rendszer marad, úgy bizonyos szennyezőanyagok talajvízben való feldúsulásával továbbra is számolni kell. A jelenleginél hatékonyabb szennyvíztisztítási technológia biztosíthatja a tisztított szennyvíz alacsony nitrogén- (ammónium és nitrát) és foszfortartalmát, azonban a szennyvíztisztító telep intenzifikálása, de még új telep építése sem oldhatja meg a talaj-talajvíz rendszer oldott sókkal (Na, Cl, Br) történő terhelésének problémáját. Utóbbi szennyezőanyagok ipari szennyvízkibocsátásból származó terhelése jelentősen csökkenthető ugyan, azonban az ivóvízből és a háztartásokból a szennyvízbe kerülő szerves sók érdemben nem távolíthatók el a telepen. Ezért az öntözés optimalizálása esetén is várható, hogy a szennyvíz elhelyező területeken a talajvíz sótartalma (nátrium-, klorid-, bróm/bromid-koncentrációja, valamint fajlagos elektromos vezetőképességi értéke) emelkedni fog.

A Dunavarsányban kialakult helyzet nem tekinthető egyedinek – hazánkban számos meglévő és újonnan épülő kis és közepes mé-

retű kommunális szennyvíztisztító telep szembeesült a tisztított szennyvizek elhelyezésének gondjaival. Ez olyan nehezen megoldható és nem kiforrottan szabályozott kérdéskörhöz kapcsolódik, mint a megengedhető, társadalomilag és hatóságilag is elfogadható környezetterhelés mértékének meghatározása. Különösen élesen jelentkezik ez a helyzet azokban az esetekben, amikor a területen nem található felszíni befogadó és/vagy a terület sérülékeny, nitrátérzékeny vagy természetvédelmi értéket is képvisel. Ezekben a helyzetekben a helyi körülményekhez messzemenően illeszkedő, az egyes környezeti befogadókat érő hatásokat részletesen feltáró kockázatelemzés mellett szükséges a szennyvíztisztító telep intenzifikációja, hatásfoknövelése és körültekintő üzemeltetése.

Felhasznált irodalom

A Dunavarsányi Szennyvíztisztító Telepről elfolyó tisztított szennyvíz lehetséges befogadónak vizsgálata. Szakértői jelentés, 112 oldal, kézirat, BME VKKT, 2012-a.

A Dunavarsányi Szennyvíztisztító Telep technológiájának korszerűsítését előkészítő elemzések. Szakértői jelentés, 179 oldal, kézirat, BME VKKT, 2012-b.

Tényfeltárási záródokumentáció és kármentesítési monitoring terv, 2012. Dunavarsány, külterület 036/16 hrsz. és Taksony, külterület 0107, 099/40 hrsz. alatti területeken detektált talajvízszennyezés, 277 oldal, kézirat, Inno-Water Kft., 2012.

A Dunavarsányi Szennyvíztisztító Telephez kapcsolódó szennyvízöntöző területeken, 2013 áprilisában mért talajvíz minőségi eredmények értékelése. 29 oldal, kézirat, Inno-Water Kft., 2013.

Sándor D. B., Szabó A., Fleit E., Zajzon G., Báger M.: Előkészítő elemzések a Dunavarsányi Szennyvíztisztító Telep technológiájának korszerűsítéséhez. XVII. Országos Víziközmű Konferencia, kézirat, Sopron, 2013. június 12-13.

Fentieknek megfelelően az alábbi feladatok végrehajtását javasoljuk:

- Fitoremediáció és a szennyvízöntözés optimalizálása;
- A szennyvíztisztító telep rövid távú intenzifikálása;
- Új szennyvíztisztító telep műszaki-költséghatékonysági elemzése, beleértve a tisztított szennyvíz Dunába vezetésének költséghatékonysági elemzését (elvi vízjogi engedélyes terv, illetve megvalósíthatósági tanulmány);
- Ipari terhelések csökkentése;
- Monitoring és tájékoztatás;
- Új szennyvíztisztító telep építése (amennyiben a talajvíz-monitoring eredmények és a műszaki-költséghatékonysági elemzések alátámasztják ennek szükségességét).