

A RÉSZLEGESEN TISZTÍTOTT SZENNYVÍZ HASZNOSÍTÁSA

INTEGRÁLT VÍZGAZDÁLKODÁS – GYAKORLATI PÉLDÁKON BEMUTATVA

LIGETVÁRI FERENC

BIOMASSZA TERMÉKPÁLYA SZÖVETSÉG

TOLNAI BÉLA

BIOMODEL BT.

Absztrakt: A szennyvízhasznosítás – beleértve főleg a tisztított víz és sok-sok ellenvetés mellett az iszap hasznosítását – lassan kezd a mindennapok gyakorlatává válni. A még fennálló ellenérzéseket félretolni csak akkor lehet, ha tudományosan alapozott megoldásokat kínálunk. Közegészségügyi és környezetvédelmi szempontok –feltétlenül - előnyben részesítendőek, mind emellett a gazdaságosságra törekvés sem nélkülözhető. A szerteágazó probléma megoldása több tudományág közreműködését igényli. A részlegesen tisztított szennyvíz komplex hasznosítására érdemes törekedni, amely az öntözés mellett, a talajvíz dúsításra és a vizes élőhelyek felélesztésére is szolgál. Olyan egymásra épülő folyamat kialakítására van szükség, amely a természetközeli rendszer segítségével a telepi szennyvíztisztítás tökéletlenségét korrigálni képes.

Kulcsszavak: Vízgazdálkodás, szikkasztás, szennyvízhasznosítás, közegészségügy, környezetvédelem, biomassza, zöld infrastruktúra, szociális gondoskodás

1. PROBLÉMAFELVETÉS

Napjainkban, amikor a szennyvíz hasznosításáról beszélünk, akkor elsősorban az iszap hasznosíthatósága kerül szóba. Az évenkénti 600 millió köbméter szennyezett vizet – korábban - oly mértékben tisztították, hogy az az élővizekbe visszavezethető legyen. A környezet károsítását határértékek előírásával szabályoztuk. A javarészt eleveniszapos technológiával megtisztított szennyvíz tisztasága azonban számos tekintetben nem tekinthető kielégítőnek.

Ma már széleskörűen elfogadott, hogy a gyógyszermaradványok és hormonok megjelenése az élővizekben a javarészt eleveniszapos technológiával működő szennyvíztisztító telepek alacsony tisztítási hatékonyságának a következménye. Ezt igazolják a Velencei-tóban már évtizedekkel ezelőtt tapasztaltak. Az aranykászok átszexálódtak (50:50 helyett 80:20 lett az arány a lányok javára).

Itt köszönt el a múlt. Azóta megjelent a drog, a mikroműanyagok, valamint a xenobiotikumok, különösen a xenoösztrógenek, amelyek ipari eredetűek, de hormon jellegű készítmények (mosóporok, öblítő szerek, kozmetikumok stb.) A furcsaság az, hogy ezek több tíz milliószor nagyobb sejt romboló hatásúak, mint az egyszerű fogamzásgátlószer. Viszont jelenleg mindegyik a befogadó vizeinkbe kerül és a vízi flórába és faunába beépül. Összetételük meghatározására nem vagyunk felkészülve és anyagilag a világ egyetlen országának állampolgárai sem képesek az ún. negyedik fokozatú szennyvíztisztítást megfizetni. Felvetődik a kérdés, mi a megoldás? Szerintünk – BiTeSz tagság – a talajban levő baktérium összetek bevonása, a lebontás általuk történő elvégeztetése. A mikroműanyagot a halak lenyelik. Bekerül a táplálékláncba. Ezzel szemben, ha a talajon helyezük el a mikroműanyagban bővelkedő szennyvizet, akkor nem kerül ételünkbe, mivel a karórépa nem veszi azt fel. S ebben a környezetben a – fizikai aprozódás következtében – gyorsabban lebomlik.

A tisztított szennyvíz legkézenfekvőbb hasznosítási módja az öntözés. A termőterületekre így kijuttatott víz pótolja a hiányzó csapadékot, a vízben oldott állapotban megtalálható szerves tápanyagok (NPK) és nyomelemek a növények fejlődését segítik elő.

Lehet-e találni olyan megoldást, amely a felsorolt hátrányokat kiküszöböli és egyéb előnyökkel is jár?

2. A SZENNYVÍZ ÚJRAHASZNOSÍTÁSA A VILÁGBAN

A Nemzetközi Vízgazdálkodási Szövetség (IWA) 2018-ban Újrahasznosítási lehetőségek címmel átfogó jelentésben számolt be a világ különböző nagyvárosaiban megvalósított gyakorlatokról. A jelentés a szennyvízzel kapcsolatos kihívásokat és az újrafelhasználás lehetőségeit a világ nyolc városa példáján szemlélteti. A kialakult kép rendkívül vegyes. Kiválglik azonban, hogy a használt víz az egyik leginkább kihasználatlan erőforrás, amelynek hasznosítása egyértelmű növekedést mutat. (1. táblázat).

	Aqaba	Bangkok	Peking	Chennai	Durban	Kampala	Lima	Manila
	Jordánia	Thaiföld	Kína	India	Dél-afrikai Köztársaság	Uganda	Peru	Fülöp-szigetek
Népesség [millió fő] 2016	0,2	5,6	21,7	8,8	3,7	1,5	10	12,2
Helyszíni szanitáció [%]	10	60	5	0	84	60	17	85
Szennyvíz-elvezetés [%]	90	40	95	100	16	40	83	15
Szennyvíztisztítás mértéke [%]	100	100	88	70	100	40	15	100
Tisztított szennyvíz felhasznál. [%]	69	5	15	49	44	40	5	0

1. Táblázat A szennyvíz újrahasznosítás mértéke világ nyolc városában (IWA)

Az IWA jelentés az egyes városok a körforgásos gazdaság terén megvalósított erőfeszítéseit a következőképpen jellemzi:

- Aqaba: Egy közepes méretű város a „nulla kibocsátási” kihívást jó lehetőségnek tekinti.
- Bangkok: Az iszap felhasználása erőforrásként és értékes gazdasági javaként
- Peking: Infrastruktúra kiépítése a folyamatosan bővülő megaváros lépéstartása érdekében
- Chennai: A vízhiány kezelése a szennyvíz gyorsított újra felhasználásával
- Durban: A szennyvíz, mint gazdasági áru
- Kampala: A vízforrások védelme a szennyvíz és a szepikus iszap integrált terv általi ellenőrzése, kezelése és újrahasznosítása
- Lima: Tanulás a gleccserek zsugorodásának sürgősségében
- Manila: Egy megaváros, amely szennyvíz-kezeléssel és újrahasznosítással regenerálja erőforrásait

program az *Új politika - Fenntartható megközelítés* nevet viseli.

A szennyvíz öntözéses hasznosítását már a múlt században szigorú előírások szerint végezték. Minisztériumok közötti bizottság fogalmazta meg az alapvető szabályokat. A tisztított szennyvizek használatát újra értelmezték. Részben a mezőgazdasági előírásokat, részben az élővizekbe bocsátást illetően fogalmaztak meg új normatívákat. Minden farmer számára kötelezővé vált az engedélyhez kötött vízhasználat. Az Egészségügyi Minisztérium adta ki az engedélyt a vízminőség és a termesztett növény figyelembevételével.

Már a század elején is nagy figyelmet fordítottak a használt víz tisztítására (2. táblázat).

A tisztított szennyvíz használata vitathatatlan, ugyanakkor több kihívással találkozunk. Az újra

Szennyvíz összesen ~ 500 millió m³/év	50% másodfokú tisztítás
	30% harmadfokú tisztítás
	4% kezelés nélküli
	16% hiányosan kezelt
Hasznosított szennyvíz ~450 millió m³/év	65% öntözési célú felhasználás
	35% befogadóba juttatott

2. Táblázat A szennyvíz mennyisége és a szennyvíz hasznosítása Izraelben 2004-ben [Golovaty, 2008]

Izrael példája nem szerepel IWA jelentésben. de köztudottan a közel-keleti állam világelsőnek számít a szennyvíz széleskörű hasznosításában [Golovaty, 2008]. Az e területen meghirdetett

hasznosított víz sókoncentrációja kétszerese a friss vízének, ennek következtében elengedhetetlen a talaj szikesedése. Ezen folyamatnak az ellenőrzése megfelelő monitoring hálózat



1. ábra Szennyvíztisztító-telepő szűrő berendezése a korlátlan öntözéshez [Golovaty, 2008]

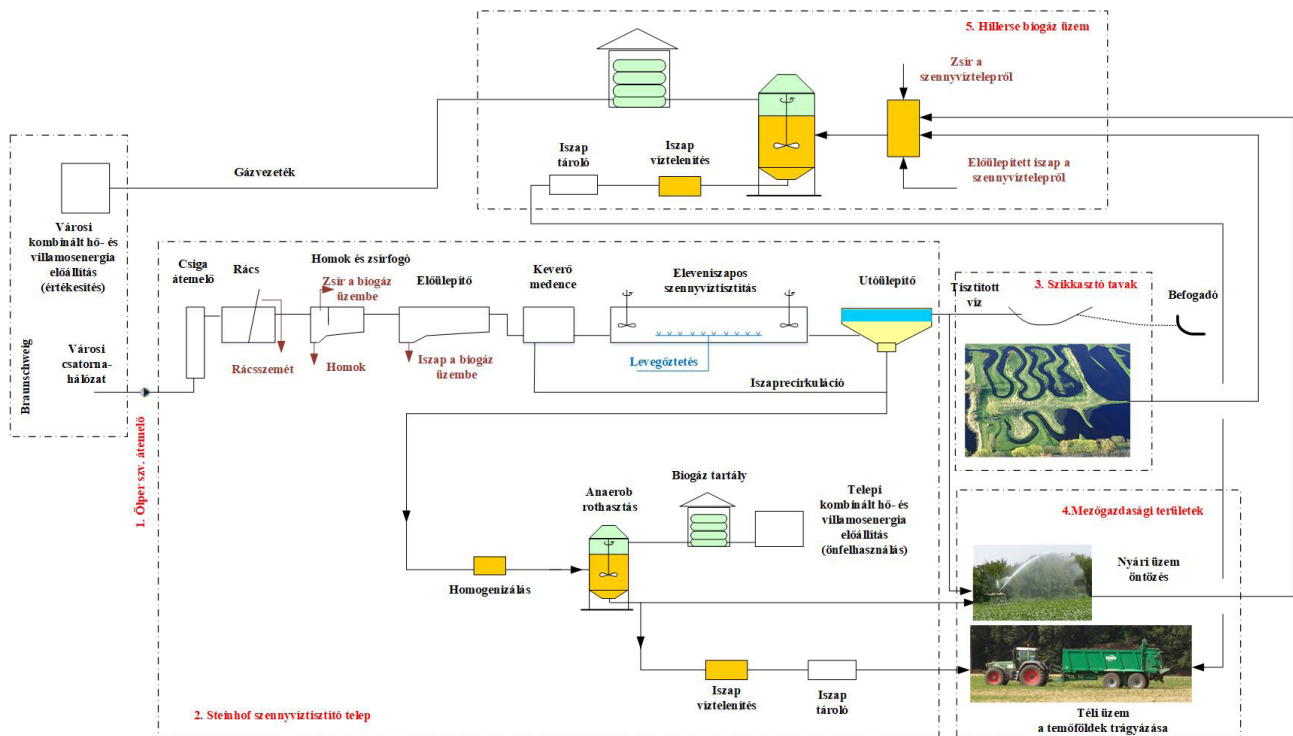
kialakításával megoldható, továbbá a felgyülemlett só víznyomásos eljárás révén a gyökérzóna sómentessé tehető.

A tisztított szennyvíz öntözéssel történő sikeres alkalmazása, olyan technológiákkal érhető el, mint a csepegtető öntözés, amely lehetővé teszi a biztonságos és hatékony vízhasznosítást. Ennek érdekében jó hatásfokú vízsűrők alkalmazása szükséges, amelyek automata és kézi vezérlésű tisztító mechanizmussal működnek, ezáltal megvédik az öntöző berendezést az eltömődéstől. Továbbá olyan eszközöket/részegeket kell alkalmazni, amelyek a csövön belüli vízmozgás elakadását időben jelzik. A hatékony öntisztító szűrési technológia (1. ábra) lehetővé teszi a folyamatos üzemelést, anélkül, hogy a működésben kézi vezérlést alkalmaznánk.

Napjainkra utaló észrevétel, hogy a hagyományos tisztítás nem szünteti meg a koronavírus terjedésének kockázatát. A Ben-Gurion Egyetem kutatói szerint további kezelésre van szükség a vírus terjedésének megállításában. (A szennyvíz a betegség –tudatlan– vírus gazdája, amelyet képtelenek vagyunk a befogadóban megsemmisíteni).

3. A BRAUNSCHWEIGI PÉLDA

A külföldi példák sorában a fejlett - kiemelt gazdasági áldozatokra képes - német gazdaságot képviselő megoldások egyikével adunk részletes ismertetést jövőbeni feladatainkhoz. Jelenlegi viszonyok között a szennyvíziszapot vonjuk be a körkörös gazdálkodásba. Komposztot készítünk belőle vagy rothasztása révén biogáz előállítása történik. A feladat végrehajtása akkor tekinthető



2. ábra A braunschweigi modell [Tolnai, 2016]

befejezettnek, ha a fermentációs maradéknak, vagyis rothasztott iszapnak a hasznosításáról is gondoskodunk. Kitekintő példánk – az ún. braunschweigi modell [Tolnai, 2016] – egy teljes körű vízgazdálkodási rendszer, amely a mind a víz, mind az iszap hasznosítására egyaránt hangsúlyt fektet. (Különösen úgy, hogy nem engedi meg az iszap létrejöttét.)

A 2. ábrán mutatjuk be a feladat komplex kezelését a tisztított szennyvíz és a – korlátozott mennyiségű – szennyvíziszap teljeskörű hasznosítását. A tisztított szennyvíz szikkasztó tavakba kerül, majd természetes biológiai szűrési folyamatot követően a befogadóba. A szennyezettség minimalizálása érdekében szivárogtatják a vizet a homokrétegen keresztül. Ez a folyamat nem más, mint az ivóvíz előállítására alkalmazott fordított irányban működő partiszűrés. Esetünkben a mesterségesen tisztított szennyvízből a folyó számára elviselhető tisztaságú vizet állítunk elő.

A szikkasztó tó eredményességét növeli, hogy gyökérszónásan is tisztít és nagy vízfelülete a biológiai víztisztításhoz szükséges oxigén beoldódását teszi lehetővé. Így Braunschweig város Oker nevű folyója egy viszonylag jól tisztított víztömeggel növekszik.

Az integrált vízgazdálkodási megközelítés Braunschweigben a komplex megközelítést jelenti, minden fázisban, minden időszakban – télen és nyáron – egyaránt keresve a hasznosítás leginkább megvalósítható módját.

A sikeres hasznosításhoz különböző vállalkozások „szerződésekben is rögzített” egyműködésére van szükség. A szennyvíz elvezetéséért a Stadtentwässerung Braunschweig GmbH a felelős, a szennyvíztisztító telep és a hozzátartozó környezetvédelmi vízivilágot, valamint a biogáz üzem az Abwasserverband Braunschweig GmbH üzemelteti. A termőterületek művelését

a helyi gazdák végzik. A megtermelt bionyersanyagot (biomasszát) a biogázüzemben rothasztják. A kinyert biogázt a városi fűtőmű használja el. Ezzel megteremtődik a körforgásos gazdálkodás.

Braunschweigben azt is felismerték, hogy a környezet megóvásának céljai csak akkor teljesülhetnek, ha környezettudatos csatornahasználatra bírják a lakosságot. Ennek érdekében főleg az iskolákban figyelemfelkeltő tevékenységet folytatnak a közreműködő vállalkozások.

4. A LEHETŐSÉGEK KIAKNÁZÁSA A HOMOKHÁTSÁGON

4.1. A tisztított szennyvíz mennyisége

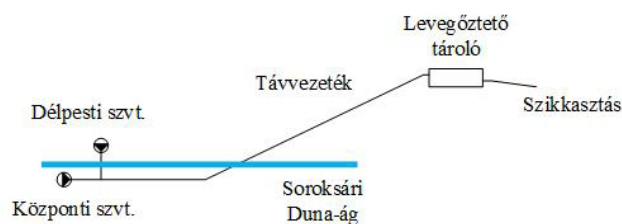
Budapestnek mindhárom szennyvíztisztító telepe eleveniszapos technológiával működik. A tisztított vizek befogadója – jelenleg- a Duna



Telep	Üzemeltető	kapacitás [m ³ /d]	részarány [%]	Befogadó
Északpesti	FCSM	160 000		Duna főág
észak		160 000	33,7	
Központi	FVM	250 000		Duna főág
Délpesti	FCSM	65 000		Soroksári Dunaág
dél		315 000	66,3	
összesen		475 000	100,0	

3. ábra A Budapesten keletkező tisztított szennyvíz mennyisége

A tisztított szennyvizek élővizekbe történő juttatása az egyre szigorodó környezetvédelmi előírások következtében a tisztítási hatékonyság fokozását vonná maga után. Ezt a világon szinte még sehol sem vezették be, pedig a jelentkező gyógyszer- és drog maradványok, valamint az ezek környezetterhelését többszörösen meghaladó xenobiotikumok, az újonnan jelentkező mikroműanyagokkal egyetemben szükségessé tennék az ún. negyedfokú tisztítási technológia bevezetését. Az üzemeltetési és fenntartási költségek és a levegőbe jutó üvegházi gázok csökkentése érdekében a begyűjtött szennyvíz (3. ábra) komplex hasznosításáról kellene gondoskodni. A víz túlzott mértékű megtisztítása helyett annak hasznosítása, pl. öntözéses felhasználása lehet cél, de természeti adottságaink és a klímaváltozás mérséklésére adandó kényszerű válasz merőben más megoldások alkalmazására készíti a szakma cselekvő részét. A 4. ábrán egy elvi vázlat látható, amely a két dél-budapesti tisztító telepen keletkező részlegesen tisztított szennyvíznek a körforgásos gazdaságba történő bekapcsolását mutatja be. Az itt keletkező vizeket felszín feletti (vagy a Duna medrében vezetett) távvezetékén a Homokhátságra juttatnánk el.

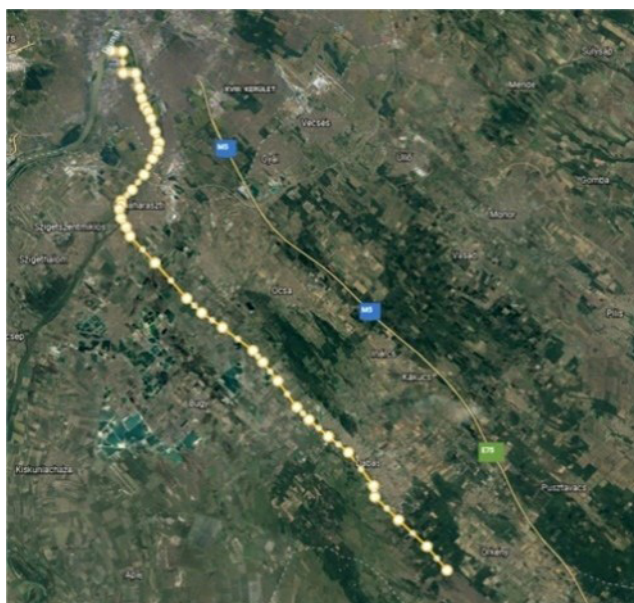


4. ábra A Dél-budapesti szennyvizek hasznosítási lehetőségének technológiai elrendezése

A vázlatos technológiai elrendezés a befogadó Duna helyett a tisztított (de inkább csak részlegesen megtisztított) szennyvíznek a termőterületekig történő eljuttatását mutatja. Itt jegyezzük meg, hogy az Északpesti Szennyvíztisztító napi

hozamát északra, a vízben igen szegény nóg-rádi térség felé érdemes irányítani. A tisztított szennyvíznek –a braunschweigihez hasonlóan- három hasznosítási lehetősége jön szóba. Az első a talajvíz-dúsítás, a második az öntözés (energiafűz, vetőmagtermesztés), míg a harmadik a természetvédelmi területek (főleg a vizes élőhelyek) rehabilitálása. A továbbiakban a 4. ábrának megfelelően a déli hasznosítási lehetőségre hívjuk fel a figyelmet.

A megoldandó feladatok közül az első a részlegesen tisztított szennyvíznek csővezetéken szivattyúzással történő továbbítása egy tárolóba. Az így kialakított tónak a puffer szerep mellett levegőztető funkciója van.



Hossz	Méret	Fajl.csőár	Cső	Cső anyag 30%	Csőfektetés 70%	Összesen
[km]	[mm]	[eFt / 3,5 m]	[db]	[milliárd Ft]	[milliárd Ft]	[milliárd Ft]
50	2000	720	15000	10,8	25,2	36

Kezdőpont (Központi szvt.)	Végpont (Homokhátság)	Statikus szintkülönbség	Nyomás- vesztesség	Szállítomagasság igény
[mBf]	[mBf]	[m]	[m]	[m]
104	121	17	~18	35

5. ábra A távvezeték egyik javasolt nyomvonala

A 5. ábra egy lehetséges végpont kijelölése után a megépítendő távvezeték paramétereit mutatja. A nagy vízmennyiség miatt a vezeték átmérője meglehetősen nagyméretű, hossza mintegy 50 km (szükség szerint hosszabbítható). A szivattyúzási feladat szállítomagasság (vagyis nyomásigénye) nem jelentős. Ez lehetővé teszi az olcsóbb előállítású beton csővezeték használatát. Másként alakul mindez, ha az öntözési normánál nagyobb só tartalmú szennyvizet hígítani kívánjuk. Ekkor más nyomvonal-vezetés és más anyag jöhet szóba. Itt kívánjuk megjegyezni, hogy a feladatot befolyásolják még a Duna-Tisza közén található városok részlegesen tisztított vízének bekapcsolása, közös hasznosítása.

4.2 A szikkasztás műtárgyai és szerepük

A Homokhátság elsivatagosodása valós probléma. A károsnak tekintett folyamat már jó ideje zajlik. Az ENSz félsivataginak minősítette a területet, de nemcsak a víznek, hanem a szervesanyagnak a hiánya miatt is. A klímaváltozás hatására a talajvíz szintje egyre süllyed, a felszíni növények nem képesek hozzájutni a fejlődésükhöz elengedhetetlenül szükséges mennyiségű vízhez. A vízpótlás önmagában nem segít a problémán, tápanyagokra is szükség van. A részlegesen tisztított szennyvíz kijuttatásával mindkét feltételnek meg tudunk felelni. A fennmaradó kérdés csak az, miként tegyük ezt? Olyan megoldás kell, amely a tisztított szennyvízben szükségszerűen meglévő gyógyszermaradványokat, hormonokat, drogokat, xenobiotikumokat, xenoösztrogéneket és a mikroműanyagokat is képes lebontani, mivel az élővizekben csak egészen kis mennyiségű lebontó baktériumok találhatóak, mint a talajhalmazban.

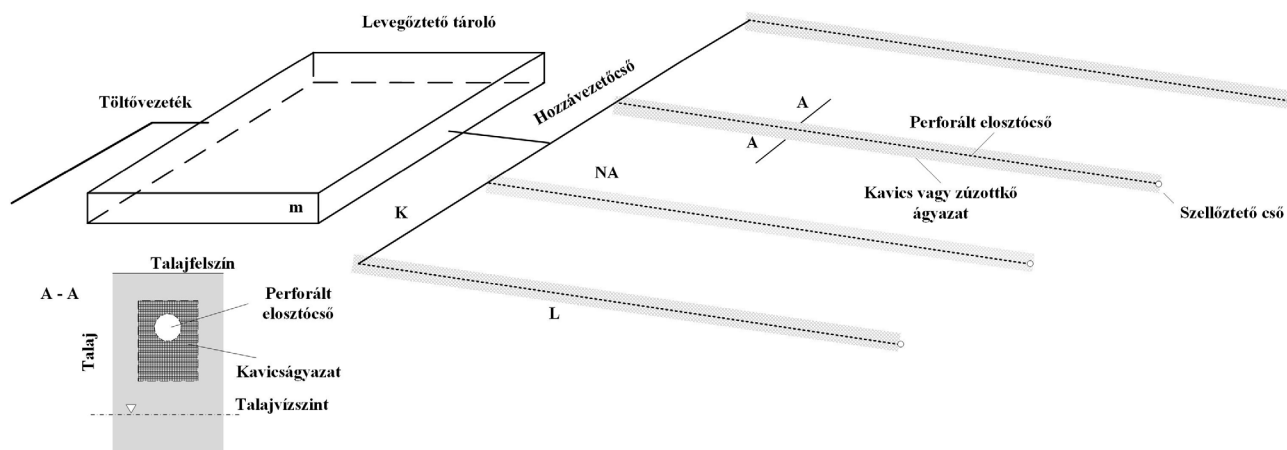
Az utóbbi időkben a hazai kísérleteket – főleg esőztető - öntöző berendezésekkel végezték. Ez megfelel, ha vetőmagot kívánunk termeszteni. Ezzel szemben az árasztásos öntözést az energianövényekhez javasoljuk, amely révén egyszerű beszivárogtatással a vízpótlás megoldható. Arra kell törekedni, hogy a vízben oldott nagymolekulájú szennyezők lebontása megtörténjék. Ha talaj nem képes a kellő mértékű szűrésre, úgy a szennyezés eléri a talajvizet és elő állhat a környezet károsítása. Az eddigi tapasztalatok – az Erdészeti Kutató Intézet múlt századi mérései – azt igazolták, hogy 1 méterrel a felszín alatt sem protozók, sem azok cisztái nem jelennek meg.

A víz mozgásának általános tapasztalata szerint, a csapadék szivárgás útján kerül a talaj mélyebb rétegébe. Jó esetben a szivárgás egészen addig tart, amíg a csapadékvíz (amennyiben elegendő van belőle) el nem éri a talajvíz felületét. A szivárgást a gravitáció hajtja. A kialakuló vízmozgás esetében a konvektív sebesség nagysága szemmel láthatóan jelentős. Gondoljunk csak (főleg a homokos talaj felszínére) kiöntött vödör vízre, amely pillanatok alatt eltűnik. Első hallásra bármily meglepő, a spontán beszivárgás sebessége a partiszűrés sebességéhez képest meglehetősen nagy. Ahhoz, hogy a talajban

biológiai szűrés létrejöhessen lényegesen kisebb sebességű vízmozgásra van szükség. Ezt a víz szikkasztásával érhetjük el. A szikkasztás is egyfajta beszivárgás. A spontán beszivárgáshoz képest azonban fékezett módon jön létre. A megvalósításhoz szikkasztó berendezés építése javasolt. Ilyen elrendezést mutat az 6. ábra.

A távvezetéken érkező víz egy puffertározóba jut. A természetes környezetben kialakított szikkasztó tó vagy tórendszer alacsony mélységű. Nagy vízfelületüknél fogva az oxigén beoldódás folyamata megvalósul. A tavak vize gravitációs úton táplálja a szikkasztást gyorsító perforált csőrendszert, amely kavicsöltésű árokrendszerben a talajfelszín alatt helyezkedik el. Innen a szennyvíz a talajba szűrődik, ahol biológia úton tisztul meg. – állítja a [4] Értelmező Szótár a szennyvíz szikkasztás cikkelye. Az ilyen vizek már kultúrnövények öntözésére is alkalmasak, továbbá a vizes élőhelyek legérzékenyebb állatvilága is kifogástalan életérhez juthat. Kérdés hogyan valósul ez meg és mi a feltétele a víz biológiai megtisztulásának?

A következőkben heurisztikus megfontolások mentén próbáljuk meg méretezni a szikkasztó rendszert.



6. ábra A szikkasztás megvalósítása [Öllös, 2002]

Elszikkasztandó szennyvízmennyiség:

$$Q=315\,000\text{ m}^3/\text{d}$$

A perforált vezeték hosszának függvényében a perforáció keresztmetszete:

$$A_{\text{perforáció}} = \varepsilon \cdot NA \cdot \pi \cdot L = 1/3 \cdot 0,3 \cdot 3,14 \cdot L$$

(ez megfelel a Központi és a - Délpesti Szennyvíztisztító telepek hozamának).

ahol $\varepsilon := 1/3$ a palástfelület perforációjának mértéke.

Induljunk ki egy perforált cső lehetséges kapacitásából, legyen ez az érték:

Legyen a csőágak/szárnnyezetékek egymástól távolsága:

$$K = 10\text{ m.}$$

$$Q_{\text{vez}} = 1500\text{ m}^3/\text{d} = 62,5\text{ m}^3/\text{h} = 0,017\text{ m}^3/\text{s.}$$

A szikkasztási terület kiterjedése szélességi irányban:

$$S = 10\text{ m} \cdot 210\text{ csőág/szárnnyezeték} = 2100\text{ m}$$

A szennyvízmennyiség elszikkasztásához így:

$n = 315\,000 / 1500 = 210$ db cső vagyis ennyi darab szárnnyezeték szükséges (ha felszín alatti csőrendszerben gondolkodunk).

Tételezzük fel a megkívánt szűrési sebességet (a szikkasztási területen):

$$w = 0,1\text{ m/d,}$$

Legyen a perforált elosztóvezeték mérete:

$NA = 300\text{ mm} = 0,3\text{ m}$, melynek keresztmetszete $A = 0,07\text{ m}^2$.

amely érték a partiszűrő ivóvíz előállítás esetén megismert értékkel azonos.

A perforált elosztóvezetékben az áramlási sebesség:

A szikkasztás terület igénye:

$$V_{\text{vez}} = Q_{\text{vez}} / A = 0,017 / 0,07 = 0,24\text{ m/s}$$

$$A_{\text{szikkasztási terület}} = Q/w = 315\,000\text{ m}^3/\text{d} / 0,1\text{ m/d} = 3\,150\,000\text{ m}^2 = 315\text{ ha}$$

(amely több egységből is állhat).

Az elosztó csővezetékek hossza:

$$L = A_{\text{szikkasztási terület}} / S = 3\,150\,000 / 2\,100 = 1016 \text{ m}$$

A kilépés sebessége a perforációnál

$$c = Q_{\text{vez}} / A_{\text{perforáció}} = 1500 / ((1/3) \cdot 0,3 \cdot 3,14 \cdot 1016) = 0,52 \text{ m/d}$$

amely sebesség érték a kívánt szűrési sebesség nagyságrendjébe esik $c \approx w$, a talajban a kontinuitási törvény miatt tovább csökken.

A tároló medence mérete:

a tárolandó vízmennyiség:

$$V_{\text{tároló}} = 315\,000 \text{ m}^3 \text{ (egynapi mennyiség)}$$

legyen az átlagos vízmélység $m = 1,5 \text{ m}$
a vízfelület $A_{\text{tároló}} = 315\,000 / 1,5 = 210\,000 \text{ m}^2 = 21 \text{ ha}$

$$L_{\text{vez}} = n \cdot L = 210 \cdot 1016 \text{ m} = 213,4 \text{ km}$$

A szükséges NA300 méretű perforált elosztó-vezeték hossza:

Becsüljük meg a szikkasztó rendszer kialakításának költségigényét, amely alapvetően a drén-csövek árát és a lefektetését jelenti:

Összevetve a 6. ábrát és a 3 táblázatot megállapíthatjuk, hogy a távvezeték kiépítése jelenti a nagyobb ráfordítást.

Az elvégzett számítások inkább példának, mint költségvetési összegnek vagyis a méretezési eljárás bemutatásának számítanak, azonban a feltételezett fő méretek és költségek előzetes becslésére mindenképpen alkalmas. Az elgondolás alapja, hogy a talajrétegben kialakuló szűrési sebesség a partiszűrésnél tapasztalt értékek nagyságrendjébe essen. Ez az előfeltétele, hogy a $Pe=10$ mellett hatékony biológiai szűrés alakulhasson ki, miáltal a nagy szennyezőmolekulák (gyógyszermaradványok stb.) garantáltan lebontásra kerülnek a talajlakó baktériumok által.

A vízpótlással mérsékelni lehet a talajvízszint veszélyes mértékű csökkenését. A víz kijuttatása a mezőgazdasági területre történhet *esőszerű öntözéssel* (a víz szükségszerű elporlasztása fokozottabb párolgáshoz vezet, amennyiben célunk a kis területen történő, minél nagyobb párolgás), *árasztásos öntözési módszer esetén* (a víz a kevésbé kötött talajok esetén gyorsabban beszívárog a talajba, ahol a biológiai tisztulás feltételezhetően megtörténik, továbbá az energiahűz részére a természetes élőhelyhez hasonló feltételek jönnek létre). A szikkasztási megoldás a vízpótlás mellett a talajban alacsony vízmozgást enged csak meg, amely a tisztított szennyvízben még megtalálható nagy molekulák lebontását is lehetővé teszi. Épített környezetben az alacsony Pe -szám elérése csak nagy beruházási ráfordításokkal lehetséges. Természetközeli megoldás esetén – ilyen megoldás a szikkasztás – könnyebben célt érhetünk. A perforált vezetékek kilépő-keresztmetszete elég nagy, de megfelel

Hossz	Méret	Fajl. csőár	Cső	Cső anyag 30%	Csőfekte- tés 70%	Összesen
[km]	[mm]	[Ft/6 m]	[db]	[milliárd Ft]	[milliárd Ft]	[milliárd Ft]
213,4	300/6 m dréncső	9700	35 567	0,34	0,80	1,14

3. Táblázat A szikkasztó rendszer kiépítésének becsült költségei

az alacsony talajbéli vízsebesség kialakításához. Olyan alacsony vízsebességhez, amely lehetővé teszi a talajon megtelepedő mikro-organizmusok diffúzió útján történő tápanyag ellátását.

A víz kijuttatásának van egy harmadik szerepe is, a talajfelszínen megvalósított növénytermesztés. A tisztított vagy a részletesen tisztított szennyvíz nemcsak a gyökérzet által felszívható vizet jelenti, hanem nyomelemeket és tápanyagot is biztosít a növények fejlődéséhez. Az alácsövezett mezőgazdasági területen óvatosságból előbb energianövényeket vagy vetőmagot érdemes termesztetni [Ligetvári, 2020]. Később, a tapasztalatok megszerzése után esetleg szóba jöhet más növényi kultúra is, főleg a nagy beruházási igényű gyümölcs- és szőlő ültetvények is hatékonyan képesek a víz hasznosítására. A felszín alatt vezetett csővezeték révén a termesztési táblában közlekedők nem találkoznak fertőző folyadékkal. A terepadottság függvényében a szűrt vizek zárt vezetékben összegyűjthetők és az izraeli példák figyelembe vételével a csepegtető öntözéssel bármely növény öntözése elvégezhető vele.

A szikkasztás – ahogy a partiszűrés – télen is akadálytalanul működni fog. A téli és nyári üzem így alapvetően nem különbözik egymástól. A braunschweigi megoldásnál az évszakos változás más válaszokat követel.

5 KÖVETKEZTETÉSEK, FELVETŐDŐ KÉRDÉSEK

A braunschweigi (megvalósult) és homokhátsági (javasolt) megoldások látszólag merőben különböznek egymástól. A különbözőségek az ökológiai eltérésekből fakadnak. Az egyezőséget a szennyvíz teljes körű hasznosításának igénye jelenti. A cél mindkét esetben a környezet maximális védelme, amelyet azonban nem értelmetlen kompromisszumok megkötései útján érdemes elérni, hanem okos mikrobiológiai és technikai megoldásokkal.

A negatív hatások minimalizálásához átfogó elemzésekre van szükség. Különösen azért, mert a vízgazdálkodási beruházások rendkívül nagy értékűek. Elhibázott célkitűzések mentén történő megvalósítások csak nehezen korrigálhatók utólag, nem beszélve a rosszul elköltött pénzről [Tolnai, 2020].

A szivattyútelepek, távvezeték megépítése és a tó (tavak) kialakítása rutin építőipari feladatnak mondható. (ugyanígy a rizsöntözésnél alkalmazott lézervezérlésű tereprendezés). A szikkasztó rendszer működését, biológiai hatékonyságát azonban a megvalósítás előtt kisminta kísérleteken ellemőrizni érdemes. A környezet úgy-mond szennyvízzel történő „elszennyezésének” vádjá nem állhat fenn. Az előtisztított szennyvíz maradék szennyezését a talajnak maradéktalanul el kell tudni bontania. Igazolni kell, hogy

a talajvizet már csak tiszta víz éri el (különösen a jelenleg 5-11 méterrel a felszín alatt található vízfelszín illetően).

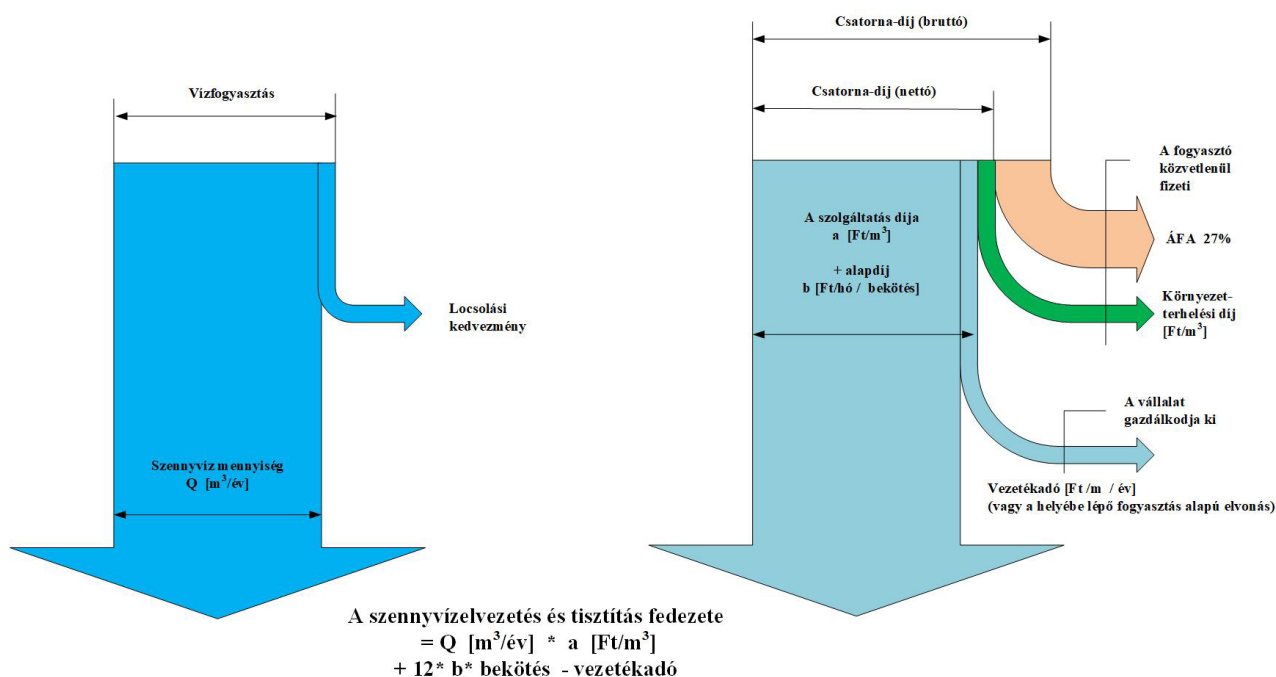
A széles spektrum lefedéséhez – ahogy az Braunschweigben megvalósult – a Homokhátság esetében is szükség lesz a láncban szerepet játszó vállalkozások szoros együttműködésre. A kollektív munka akkor sikeres, ha benne minden résztvevő megtalálja a saját érdekelttségét. A szélesebb látókör minden bizonnyal megköveteli a fogyasztók által fizetett csatornaszolgáltatási díj átgondolását. Mennyi megtakarítás jelentkezik a részleges tisztítás esetén? Mit kell fedezzen a díj? Hol csapódik le a haszon? Milyen környezetbiztonság áll elő?

A jelenleg érvényben lévő állami elvonásokkal terhelt csatornadíj a szennyvízelvezetés és szennyvíztisztítás fedezetéül szolgál. A tisztított víz esetében ez az esetek többségében az élővizekbe történő bebocsátást jelent, szemet hunyva

a környezetkárosító gyógyszermaradványok stb. természetbe juttatást illetően, bár ahogy korábban jeleztük – jelenleg - a világon ez mindenütt így történik. „A nincs rá határérték” – jelszó útján tovább terheljük a természetet, benne a vízi világot.

A szennyvíziszap egyre nagyobb százalékban talajjavítási célokat szolgál már, de még mindig nem ritka a hasznosulás nélküli lerakás, rekultiváció, amely a vízi közmű szolgáltatónál költségteherként jelentkezik. A szennyvíznek kimondottan öntözési célú hasznosítása révén minimális iszap keletkezik, amelynek jelentős része biogáz révén hasznosulhat, szemben a komposzt készítéssel, amely során hat hónapon keresztül nagy mennyiségű metán kerül a levegőbe.

A szennyvíz komplex hasznosításánál döntő jelentőségű, hogy csatornahasználati díjak csökkenthetők lesznek-e. Amennyiben igen, úgy egy közgazdaságilag is előnyös megoldás jöhet létre. S az igen alacsony mennyiségű



7. ábra A csatornaszolgáltatási díj árbevétele

szennyvíziszap eltávolítása elmaradhat, mivel a növények a benne levő kevés tápanyagot (a nagyobb mennyiségű tápanyag ugyanis a vízben található) hasznosítják. Nem tettünk még említést - viszont kiemelt figyelmet érdemel - a szociális támogatásról. Az állam jelenleg is gondoskodik az elmaradt térségek lakóiról. Ez éves szinten hét milliárd forintos keretet „emészt fel”. Mégis évente 140 személyt

ér - saját lakásában - fagyhalál. (A másik 140-re, a szabad ég alatt hasonló sors vár. De ők önszántukból utasítják el a gondoskodást). Egyszerűnek tűnő megoldás, hogy az előállítható energianövényeket tegyük a hét-milliárd forint mellé és akkor ők is velünk maradnak. A 2000 lakosegyenértéknél kisebb települések szennyvizéből is elegendő tűzifa állítható elő, néhány hektár földterületen.

► IRODALOMJEGYZÉK

SZERZŐ:



Tolnai Béla: alapszakmáját tekintve gépészmérnök és villamos szakmérnök. A Fővárosi Vízműveknél eltöltött évek alatt azonban szem- és fültanúja lehetett a partiszűrés történéseinek. Üzemeltetési igazgatóként egy jó ideig felelősséget is viselt a főváros vízellátásában.

A biológiai szűrés elméletének kutatása köti le jelenleg figyelmét (bővebben lásd: <https://www.biomodel.hu> honlapon).



Ligetvári Ferenc: A "Kvassay Jenő" Híd-és Vízmű építő Technikumban ismerkedett meg a szakma alapjaival.. Kezdetben a Balaton felvidék talajvédelmi tervezését végezte, majd 1969-től a Kertészeti Egyetemen tájrendezést, majd vízgazdálkodást oktatott. Részt vett a Tisza vidék mezőgazdaság fejlesztés program öntözésfejlesztési koncepciójában, az üzemi értékelések kidolgozásában. Ezt követően oktatott Keszthelyen (talajvédelem), Szarvason (öntözéses környezetfejlesztés) és Gödöllőn (környezet gazdaságtan ill. vízgazdálkodás témában). Pécsen a vízgazdálkodó-, később az atomenergia jogászok képzésében vett részt, az utóbbiaknak a megújuló energiát ismertette, benne a szennyvízre

alapozott energianövény termesztést. Jelenleg tagja az MTA TVN Bizottságnak és a Magyar Mérnökakadémia, ill. megalakulása óta az Országos Vízgazdálkodási Tanács alelnöke.).