

A SZENNYVÍZ MEZŐGAZDASÁGI FELHASZNÁLÁSÁNAK INDOKAI ÉS FELTÉTELEI

BODÁNÉ KENDROVICS RITA PHD.

ÓBUDAI EGYETEM REJTŐ SÁNDOR KÖNNYŰIPARI
ÉS KÖRNYEZETMÉRNÖKI KAR KÖRNYEZETMÉRNÖKI INTÉZET

Kulcsszavak: „kellően tisztított szennyvíz”, új víz, szűrkevíz, öntözés, klímaváltozás, aszály, agrotechnikai és gazdasági előnyök,

„A települési szennyvíz a társadalomtól származó, olyan másodlagos termék, amelyet az okosan gondolkodó gazdagok a maguk javára hasznosítanak, míg a szegények hulladékként kezelik.”

Prof. Dr. Juhász Endre 2013.

BEVEZETÉS

A 21. században a vízhiány az egyik legnagyobb globális probléma, mely valamenyny társadalmat érinti. A világ népességének majdnem az ötöde valós, fizikai vízhiánnyal sújtotta területen él, a népesség negyede gazdasági vízhiánnyal néz szembe, vagyis nem rendelkezik olyan infrastruktúrával, amellyel megtörténhetne a vízkitermelés, akár felszíni, akár felszín alatti készletből (FAO, 2007).

Ehhez adódik hozzá az éghajlatváltozás, melynek tényét mára már a tudományos világ nagyobb része elfogadta, és megállapította, hogy egyik okozója a jelentős részben az emberi tevékenységből – ipari tevékenység, motorizált közlekedés, iparszerű mezőgazdaság – származó üvegházhatású gázok (pl.

szén-dioxid, metán, dinitrogén-oxid) légköri arányának növekedése (IPCC 5. Helyzetértékelő jelentés, 2013). Következménye többek között az intenzívebb vízkörforgás, a párolgási viszonyokban bekövetkező változás, melyet tovább erősít a felszínborítás megváltoztatása (növénytakaró megváltoztatása, burkolt, ill. beépített területek arányának a növekedése, a felszíni vizek lecsapolása, stb.), ill. a beépített területeken az épületek, üzemek, közlekedési eszközök, stb. direkt hő kibocsátása, mely hatások legfőbb okozója az egyre erősödő urbanizáció. Az előrejelzések szerint 2030-ra a várhatóan több mint 8 milliárdos népesség 60%-a fog városokban lakni (Gayer et Ligetvári, 2015) megváltoztatva a környezetet, az ökoszisztéma, a biodiverzitás csökkenését

eredményezve. Az urbanizációs folyamat következménye az energia-kibocsátás és hulladékmennyiség növekedése, a vízellátáshoz, szennyvíz- és csapadécsatornázáshoz kötődő problémák megjelenése.

A növekvő népesség és a változó klíma a vízigények növekedését eredményezi. Ez, valamint a korlátozott hozzáférés a vízhez és az ennek kapcsán kialakuló vízért folyó éles versenyhelyzet megteremtette a szükségességet annak, hogy ma már az ún. nem-hagyományos vízforrásokat, pl. alacsony hozamú kutak és források, esővíz, zivatarok csapadékvize, hóolvadás, városi csapadékvizek és szennyvíz újrahasznosítása is előtérbe kerüljön a vízgazdálkodás kapcsán (FAO, 2007).

Különösen nagy vízfelhasználó a mezőgazdaság, mely az öntözéses gazdálkodás során az édesvízkészlet 70%-át használja fel (World Water Development Report, 2016). *Ezért a vízhiány problémájának megoldása elsősorban a hatékony vízfelhasználásban, a víztakarékos öntözéses technológiák kidolgozásában és a szennyvizek újrafelhasználásában rejlik.*

Európában és hazánkban, a mindennapi gyakorlatban sajnos még továbbra is megfigyelhetők vízpazarló tevékenységek (pl. termálvizek, tisztított szennyvizek és belvizek vízfolyásba engedése, stb.), de az utóbbi években komoly koncepcióváltást (paradigmaváltást) lehet érezni. Ennek egyik példája, hogy az Európai Bizottság 2016. március 17-én kiadott sajtóközleményében (Európai Bizottság sajtóközleménye, 2016) bemutatta a „körforgásos

gazdaságra” vonatkozó intézkedését, amellyel új szabályokat kíván bevezetni a szerves és hulladékalapú trágyával kapcsolatban. Az intézkedés egyik fő célja, hogy a biohulladékot újfelfeldolgozott tápanyagként lehessen hasznosítani.

A cselekvési tervben megfogalmazott célok a szennyvíz újrahasznosításához kapcsolódó téma választásának aktualitását támasztják alá, mivel feltehetően nagyobb jelentőséget fog kapni a közeljövőben a *szennyvíznek a mezőgazdaságban „térégi vízgazdálkodási elemként” történő újrahasznosítása*, különösen az arid, aszályos területeken, felismerve azt a fontos tény, hogy a szennyvíz nem csupán talajtáperő, hanem a hiányzó nedvességtartalom pótlását is szolgálhatja. A hazai domborzati- és klíma-viszonyokat tekintve tehát fontos, hogy a „kellően tisztított” szennyvíz (új víz) nem csupán „alternatív vízkészlet”, hanem pozitív térségi vízgazdálkodási elem, amivel különösen az aszályos területeinken feltétlen számolni, azzal gazdálkodni kell, az általa kínált előnyöket ki kell használni.

A nagy költséggel „kitermelt” víztől – használat után – nem megszabadulni, hanem azt okosan visszatartva hasznosítani kell (Juhász, 2007).

1. A SZENNYVÍZ HASZNOSÍTÁSÁNAK SZÜKSÉGESSÉGE, LEHETŐSÉGEI, ÉS KORLÁTAI

A vízfelhasználások során elhasználódott, szennyezett víz – szennyvíz – térben és időben állandóan rendelkezésre álló vízforrásnak

tekinthető. Mivel víz nélkül nincsen élet, így a szennyvíz keletkezése, majd ártalmatlanítása és elhelyezése a vízgazdálkodás számára állandó kihívás, és megoldása a kor szellemének megfelelően, minél nagyobb mértékben a *körforgásos gazdaság* megvalósításában keresendő. Ez egy olyan zárt (closed-loop) anyag- és energiaáramlás, amelyben hatékony az erőforrás-használat, csökken az ökológiai lábnyom, egyre jelentősebbé válik a tiszta technológiák és a tisztább termelés megvalósítása (1. ábra).

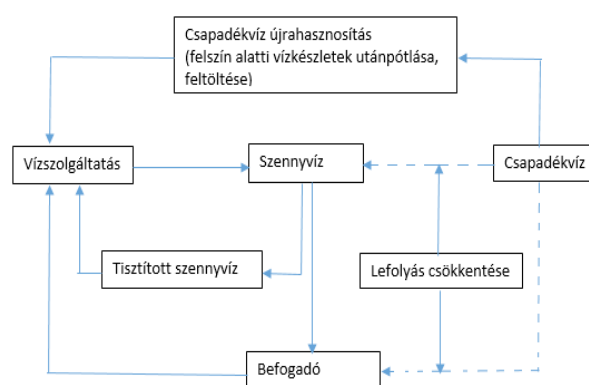


1. ábra: Körforgásos gazdaság modellje

(forrás: Öllös, 2017)

Ez a körforgásos gazdálkodási modell a vízfelhasználások kapcsán is felállítható, benne nagy hangsúlyt helyezve a szennyvíztisztítás során keletkező tisztított szennyvíz és a másodlagos termékként keletkező szennyvíziszap újrahasznosítására. A tisztított szennyvíz

biztonságos és költséghatékony feltételek mellett történő újrafelhasználása a vízellátás javításának és a túlzottan kiaknázott vízerőforrásokra nehezedő nyomás mérséklésének értékes, de egyelőre még nem kellően kihasznált módja. Ezt irányozza elő az *integrált vízgazdálkodás* (2. ábra) a tisztított szennyvíz helyben tartására, hasznosítására, így kímélve a befogadót és elősegítve a körforgásba közvetlen úton történő visszavezetést, megoldást nyújtva a vízkészletek pótlására, miközben akár a víz, akár a vízben lévő tápanyagok hasznosítása megtörténik.



2. ábra: Az integrált vízgazdálkodás modellje

(forrás: Juhász et Major, 2016.)

Az Európai Bizottság uniós cselekvési terve az ehhez kapcsolódó jogszabály kidolgozását jelöli meg elsődleges feladatként: a „A Bizottság több fellépéssel is élni fog a tisztított szennyvíz újrafelhasználásának megkönnyítése érdekében; ez magában foglalja a (például öntözés vagy talajvíz-visszatáplálás céljából) újrafelhasznált vízre vonatkozó minimumkövetelményekről szóló jogalkotási javaslatot is.” (COM (2015) 614)

1.1. A szennyvízhasznosítás lehetőségei

A szennyvízhasznosítás a szennyvíztisztítás során keletkező olyan víz használatát foglalja magába, amely az egészségügyi és környezeti kockázatok, illetve a vonatkozó nemzeti és uniós jogszabályok figyelembevételével megfelel a felhasználási cél szerint meghatározott minőségi előírásoknak. Ez történhet közvetlen – amikor a szennyvíztisztító telepről a tisztított szennyvíz közvetlen bevezetésre kerül az elosztórendszerbe –, vagy közvetett – a tisztított szennyvíz a szennyvíztisztító telepről egy vízfolyásba, tóba, tározóba stb. kerül, ahonnan később felhasználható – úton (Kolossváry, 2017).

Az újrahasznosítás a tisztított szennyvízben található hasznosítható anyagoknak, és magának a víznek az ismételt felhasználása, amely a következő területeken biztosíthatja a vízkészletek megővését, pótlását (Borosné, 2002):

- ivóvíz előállítása nagy hatékonyságú tisztítási technológiával,
- felszín alatti vízhardozó réteg feltöltésével, ezen keresztül ivóvíz előállításával (talajvíz-dúsítással),

- nem ivó- (használati-) víz minőségben felhasználva a mezőgazdaságban, iparban és/vagy a települési környezetben,
- továbbá a szennyvíz tisztítása során keletkező szennyvíziszap mezőgazdasági- és/vagy energetikai hasznosításával.

Az újrahasznosítás tehát nem csak az öntözés, hanem akár a közvetett vagy közvetlen ivóvíz előállításában is megvalósulhat. Említést érdemel e téren a differenciált, vagyis a többszörösen elválasztott szennyvízkibocsátás, az ún. „szürkevíz” felhasználás is (Dulovicsné, 2017).

A visszanyert és újrahasznosított víz mennyisége az elmúlt két évtizedben világszerte növekedő tendenciát mutatott. Napjainkban 3700 szennyvíz újrahasznosító üzem működik a világban, melyekben összesen 19 millió m³ vizet termelnek évente különböző hasznosítási célokra (Veolia Water).

Az **1. táblázat** az USA Környezetvédelmi Hivatala (EPA – Environmental Protection Agency) által kezdeményezett kutatás alapján mutatja be a lehetséges hasznosítási módokat, feltüntetve a szükséges kezelés, tisztítás céljait és a felhasználási példákat.

Újrafelhasználás		A tisztítás célja	Példa a felhasználásra
Települési felhasználás	Korlátlan	Másodfokú tisztítás és fertőtlenítés BOI5 ≤ 10 mg/l Zavarosság: ≤ 2 NTU Fekál koliform: 0/100 ml Klórmaradék: 1 mg/l pH 6-9	Locsolás (parkok, játszóterek, iskolaudvarok), tűzvédelem, építkezés, szökőkutak, városi tavak, épületen belüli felhasználás pl. WC öblítés
	Korlátozott	Másodfokú tisztítás és fertőtlenítés BOI5 ≤ 30 mg/l TSS* ≤ 30 mg/l Fekál koliform: ≤ 200/100 ml Klórmaradék: 1 mg/l pH 6-9	Korlátozott igénybevételű területek öntözése (golfpályák, temetők)
Mezőgazdasági öntözés	Élelmezésre szolgáló növények	Másodfokú tisztítás, szűrés és fertőtlenítés BOI5 ≤ 10 mg/l Zavarosság: ≤ 2 NTU Fekál koliform: 0/100 ml Klórmaradék: 1 mg/l pH 6-9	Emberi fogyasztásra szolgáló, főzés nélkül fogyasztott növények
	Nem élelmezésre szolgáló növények vagy feldolgozás után fogyasztott növények	Másodfokú tisztítás és fertőtlenítés BOI5 ≤ 30 mg/l TSS ≤ 30 mg/l Fekál koliform: 200/100 ml Klórmaradék: 1 mg/l pH 6-9	Takarmány, rostonövények, legelők, faiskolák, gyepek, vízinövények
Pihenési, üdülési célokra történő felhasználás	Korlátlan	Másodfokú tisztítás, szűrés és fertőtlenítés BOI5 ≤ 10 mg/l Zavarosság: ≤ 2 NTU Fekál koliform: 0/100 ml Klórmaradék: 1 mg/l pH 6-9	A tavakban fürdés megengedett, hó készítésére használható
	Korlátozott	Másodfokú tisztítás és fertőtlenítés BOI5 ≤ 30 mg/l TSS: ≤ 30 mg/l Fekál koliform: 200/100 ml Klórmaradék: 1 mg/l pH 6-9	Horgászás, csónakázás és más közvetlen érintkezéssel nem járó tevékenységek

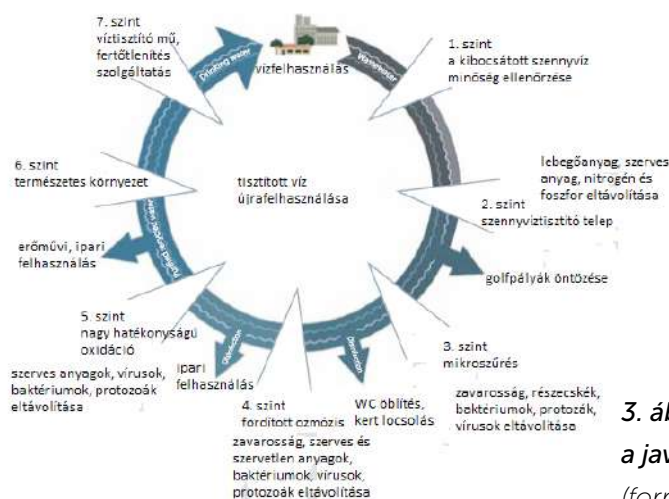
Újrafelhasználás	A tisztítás célja	Példa a felhasználásra
Környezetjavító felhasználás	Hasonló követelmények a korlátozás nélküli felhasználáshoz	Mesterséges vizes élőhelyek, természetes vizes területeken a víz utánpótlása, patakok táplálása
A talajvíz pótlása	Felhasználás helyétől függő követelmények	Talajvíz pótlása, ülepedés szabályozása
Ipari újrafelhasználás	Másodfokú tisztítás és fertőtlenítés BOI5 ≤ 30 mg/l TSS: ≤ 30 mg/l Fekál koliform: 200/100 ml	Hűtőrendszerek vízpótlása, kazánvíz, technológiai víz, építkezések vízellátása
Ivóvízként történő újrahaznosítás	Ivóvízre előírt követelmények kielégítése	Kommunális vízellátás utánpótlása felszíni-, vagy talajvízzel keverve

* TSS – total suspended solids (teljes szuszpendált szilárd anyag)

1. táblázat: Az újrahaznosítás feltételei és felhasználási módjai (forrás: Schultz, 2005)

A Queensland-i Víz Bizottság (QWC- Queensland Water Commission) 2007-ben Ausztráliában a **3. ábrán** látható körforgásban látta megvalósíthatónak a szennyvíz újrahaznosítását. A különböző hasznosítási lehetőségek megnevezése mellett az ahhoz szükséges elvárásokat is hozzárendelte. Az újrahaznosítás

során nem hagyták figyelmen kívül a természetes környezet (6. szint) hatását sem (Khan, 2013), hiszen, ha az újrahaznosított víz összekeveredik egy víztározó tárolt vizével az idő és a környezeti hatások – hígulás, biodegradáció, fotolízis – érvényesülésével további hatékony minőség javulás érhető el.



3. ábra: A tisztított újrahaznosított víz körforgását a javasolt felhasználásokkal és elvárásokkal
(forrás: Khan, 2013)

1.2. A szennyvízhasznosítás szükségessége – a klímaváltozás hatásai vízkészleteinkre

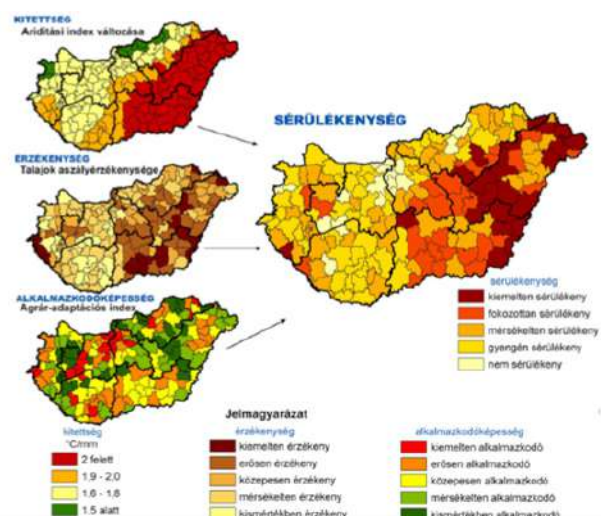
Napjainkban már bizonyosságot nyert, hogy a klíma változik és ennek hátterében az emberi tevékenység során kibocsátott üvegházhatású gázok és az ember felszínmegváltoztató tevékenysége áll. A klímamodellezések (ALADINCLIMATE és a REMO) előrejelzése szerint 2021-2050 között a legnagyobb változás a hőmérséklet alakulásában nyáron várható, amikor a hőmérséklet-emelkedés mértéke elérheti a $+2^{\circ}\text{C}$ -ot, az évszázad végén pedig meghaladhatja a $+3,5^{\circ}\text{C}$ -ot. A meleg szélsőségek gyakorisága erőteljesen növekszik, a hideg szélsőségek előfordulása kisebb mértékben csökken (Összefoglaló, 2010).

A növekvő hőmérséklet egyre intenzívebbé teszi a vízkörforgást (párolgás, kicsapódás, lehullás, beszivárgás/lefolyás), melynek egyik várható eredménye, hogy az átlagos csapadék mennyiség 3,9%-kal lesz nagyobb, az 1961-1990 periódushoz képest (Öllös, 2012). E mellett az őszi és téli csapadékok intenzitása növekszik, míg a nyári csökken, valamint hosszabb száraz időszakokra – különösen nyáron – kell felkészülni (Bihari, 2014).

A hirtelen lezúduló nagy mennyiségű csapadékesemények a szennyvíztisztító telepek hidraulikai terhelésének növekedésével, illetve a csatornahálózat túlterhelésével és az árvízveszély kapcsán állítják nagy kihívás elé a vízgazdálkodás szakembereit. A tisztított szennyvizek befogadóinak, a természetes vízfolyásoknak a hőmérséklet emelkedése,

és az intenzívebb párolgása miatt csökken az öntisztuló képessége és ez a hatékonyabb tisztítási eljárások igényét veti fel, több oxigén és így nagyobb energiafelhasználás mellett (Dulovicsné et Dulovics, 2008). A száraz időszakokban a lefolyás csökkenésével, különösen az ország keleti területein csökken a beszivárgás és így a kisebb vízfolyások felszín alatti vízutánpótlása is (Aszálystratégia, 2010).

Az éghajlatváltozás következtében Magyarországon az egyik fő várható jelenség, mely a mezőgazdaságot is hátrányosan érinti, az aszályos időszakok gyakoriságának és hosszának növekedése, elsősorban a tartósan magas nyári hőmérsékletek, az egyre növekedő időjárási szélsőségek és a nyári csapadékhiány miatt. (4. ábra)



4. ábra: Éghajlati kitérttség, érzékenység, alkalmazkodóképesség és sérülékenység az aszály és szárazosodás vonatkozásában (forrás: Bartholy et al. 2011)

1.3. Korlátozó tényezők a szennyvíz hasznosításában

Az aszály-sérülékenységgel kapcsolatos területi eredmények azt mutatják, hogy Magyarország területének 35%-a az éghajlatváltozás hatására bekövetkező aszályosodás miatt a kiemelten és fokozottan sérülékeny régiókhoz tartozik. **(4. ábra)** Ez a terület a leghátrányosabb helyzetű kistérségek 45%-át jelenti és itt él Magyarország lakosságának 22%-a. Feltehetően a legkevésbé sérülékenyek az ország fejlettebb térségei, valamint a csekély mezőgazdasági potenciállal rendelkező, egyben leginkább urbanizált területek (Bartholy et al. 2011).

Mind a vízháztartás, mind a vízellátás, vízelvezetés és szennyvíztisztítás területén tehát fel kell készülni a változásokra, a paradigma váltásra.

Hazánkban a szárazodás a Homokhátság területén már a sivatagosodás jeleit mutatja, ezért ott azonnal szükség volna a „kellően tisztított szennyvíz” hasznosítására. Ezt indokolja az a tény is, hogy állandó megcsapolás történik a helyi vízkészletből történő ivóvízellátás kapcsán keletkező kommunális-szennyvíznek a tisztítás után felszíni víz befogadóba történő elhelyezése és az országból történő kibocsátása miatt.

Alapelvként kell kezelni a tisztított szennyvíz helyben tartását, mely célkitűzés a települési szennyvíz kezeléséről szóló 91/271/EGK irányelvben is megfogalmazódik.

A szennyvíz újrafelhasználásának elsődleges követelményei az alábbiak:

- az emberi egészség védelme, melyhez fontos a szennyezőanyagokra és a kórokozókra vonatkozó koncentráció határok kijelölése,
- a talaj és a növények védelme, elsősorban a szennyvíz nehézfém tartalmának és sótartalmának az optimális korlátozásával,
- a talajvíz védelme, annak elszennyeződése – és ez által a víz körforgásában való kedvezőtlen hatások megjelenése – a megfelelő öntözési kultúra és a határértékek betartásával előzhető meg,
- a szélesebb körű pozitív társadalmi tájékoztatás,
- a lakossági fogadtatás,
- a tárolási lehetőségek és feltételek megteremtése.

A követelményeket figyelembe véve a hasznosítás egyértelmű feltétele a *szennyvíz tisztítása, olyan mértékben, melyet a hasznosítás megkövetel* (Kolossváry, 2017). Ehhez a szennyvíz pontos összetételének és az egyes technológiákkal elérhető tisztítási hatékonyságnak továbbá az újrahasznosítás során kialakuló körülményeknek az ismerete szükséges. Fontos szempont a talaj öntisztuló képességének a megismerése és fenntartása is, mely a terhelés mértékét korlátozhatja. Ezt a talaj minősége, a rendelkezésre álló rétegvastagsága, továbbá az ehhez szervesen kapcsolódó behatási idő és a talajnak, mint biotop élőhelynek

az ökológiai tulajdonságai határozzák meg elsősorban (Padra, 2017). Mindezek körütekintő mérlegelése szükséges a szennyvíznek a felszín alatti vízhordozó réteg feltöltésével, vagyis a talajvízdúsítással történő újrahasznosításához.

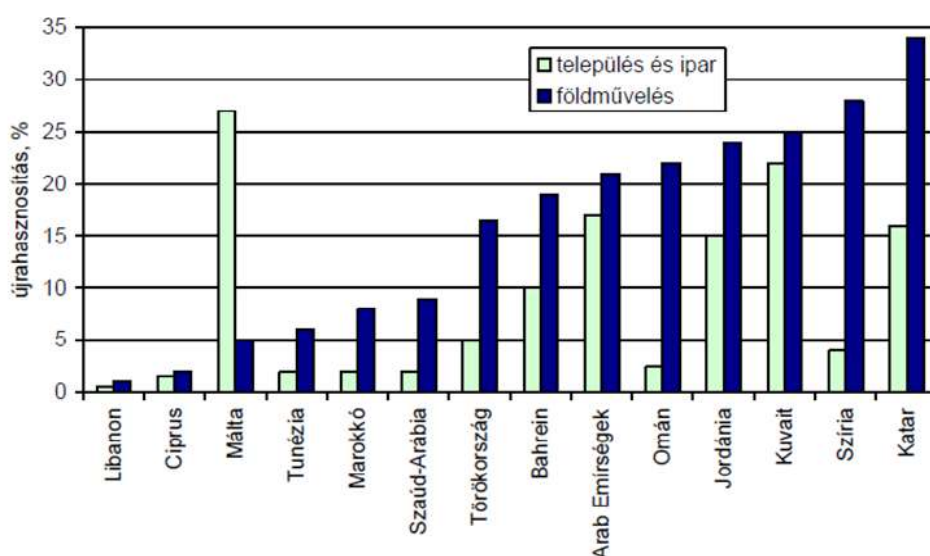
2. A SZENNYVÍZ HASZNOSÍTÁSA A MEZŐGAZDASÁGBAN

A szennyvíz mezőgazdasági hasznosítása arra az időre vezethető vissza, amikor a települések csapadék- és szennyvizeit már tudatosan összegyűjtötték, és csatornákon elvezették. Az így létrejött technológiát szennyvízöntözésnek nevezték, melynek célja egyértelműen a hasznosítás volt.

Prof. Dr. Vermes László a szennyvízöntözést (komplex tisztítás – elhelyezés – hasznosítás) a természetes szennyvíztisztítások egyik fajtájának tekinti, melynek során a tisztítási folyamatok a talaj-növény ökológiai rendszerben zajlanak le, a lebontási folyamatok eredményeként a víz megtisztul, egy része az evapotranspiráció révén a légkörbe párolog, másik része beépül a növényekbe, tárolódik a talajban, illetve átszűrődve a talajon beszívárog a talajvízbe, így visszakerül a víz természetes körforgásába (Vermes, (Borosné, 2004)

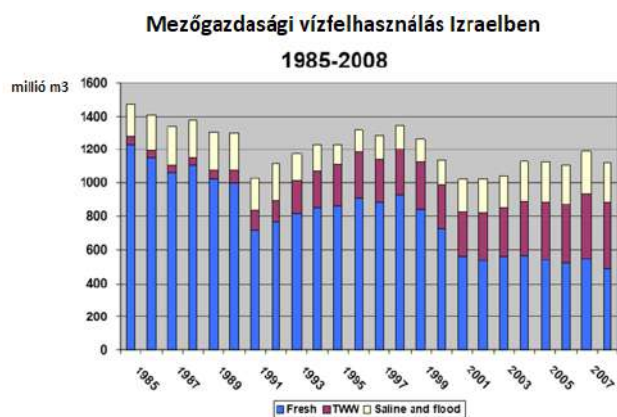
1997). Ez a legősibb természetes tisztítás, mely a talajon-talajban játszódik le évezredek óta. A szennyezőanyagok adszorbeálódnak a talajszemcsék és pórusok felületén, a mikroorganizmusok a szerves szennyezőanyagokat szervesen tápanyagokká alakítják és ezek pedig a növényi felvétel során hasznosulnak. A mezőgazdasági hasznosítás tehát a szennyvíz tisztítási folyamata, mely egy produktív termelőfolyamat, a lebontási folyamatokhoz a megújuló energiaforrások (napenergia, talajban élő szervezetek) szolgáltatják a szükséges energiát, és egyben megtörténik a biomassza anyagainak visszajuttatása a természetes anyagforgalomba.

A szennyvízhasznosítás megoszlási aránya az édesvízhiányos országokban (5. ábra) Málta kivételével mindenhol a mezőgazdasági felhasználás irányába tolódik el. A hasznosításnak ez a módja nem csupán a fejlődő, hanem a fejlett országokban is jellemzően megjelenik.



5. ábra A szennyvíz újrahasznosításának aránya az édesvízhiányos országokban

Napjainkban az egyik legnagyobb szennyvíz újrahasznosító ország Izrael. **(6. ábra)** A keletkező szennyvíz 86%-át kezelik úgy, hogy az a mezőgazdaságban kerül hasznosításra és ezzel az agrárium teljes vízigényének 55%-át lefedik (Piac Profit).



6. ábra Izrael öntözővíz felhasználása

(forrás: http://www.water.gov.il/Hebrew/ProfessionalInfoAndData/2012/16_Israel_Water_Sector-Water_and_Agriculture.pdf)

Az újrahasznosított víz felhasználása a kaliforniai mezőgazdaságban is jelentősnek számít. A legutóbbi, 2009-ben elvégzett felmérés azonban megállapította, hogy a tisztított települési szennyvizet 670 ezer hektár területen hasznosították újra, de ebből összesen 245 ezer hektár (37%) volt csak a mezőgazdasági hasznosítás. A terület arányában kifejezve 23% volt a városi területek öntözésére felhasznált víz és további jelentős területet képvisel (19%) a felszín alatti szivárgással tározómedencében összegyűjtött vizek mezőgazdasági öntözővízként történő felhasználása. Bár Kaliforniában a mezőgazdaság már több mint 100 éve az újrahasznosított víz legnagyobb

felhasználója, ez a jelenlegi a teljes mezőgazdasági vízfelhasználásnak kevesebb, mint 1% -át teszi ki (Cooley at al. 2015)

2.1. A SZENNYVÍZ MEZŐGAZDASÁGI HASZNOSÍTÁSÁT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

A szennyvíz mezőgazdasági hasznosítása során ebben a komplex talaj-növény ökológiai rendszerben a talaj és szennyvíz kölcsönhatását az alábbi számos tényező befolyásolja:

- a szennyvíz eredete és minősége,
- természeti adottságok:
 - a talaj, talajtani tényezők,
 - a domborzati- és lejtésviszonyok,
 - a belvíz-veszélyeztetettség,
 - a talajvízszint mélysége,
 - mikro-klimatikai viszonyok,
- a fajlagos szennyvízmenyiség,
- és a termesztett növény.

E tényezők adják az alapját a vonatkozó rendeleteknek, előírásoknak is, így például közzismert az 50/2001 (IV. 3.) Korm. Rendelet, amely a szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának és kezelésének szabályait írja elő.

Kérdésként vethető fel, hogy a 16 évvel ezelőtt meghatározott korlátozások a rendelet mellékletében felsorolt káros-anyag koncentrációk meghatározására vonatkozóan, a rendelet kiadása óta eltelt időben, a klímaváltozásra és a termesztett növényre is figyelemmel, reprezentatív módon történtek-e kutatások és azok eredményei milyen változtatásokat igényelhetnek.

2.1.1. A szennyvíz eredete és minősége

Szennyvízöntözésre alkalmasak a települési szennyvizek, melyek különösen a bennük előforduló patogén kórokozók miatt igényelnek különösen közegészségügyi szempontból szigorú előírásokat és azok betartását.

Az ipari szennyvizek közül mezőgazdasági hasznosításra csak azok alkalmasak, melyek főként természetes eredetű szennyezőanyagokat és sok szerves anyagot tartalmaznak, toxikus anyag koncentrációjuk nincs, vagy csak a megengedhető határérték alatt van. (Ezeket részletesen ismerteti a fentebb említett kormányrendelet.)

A hazai szabályozásban a hasznosíthatóságot higiénés szempontok szerint csoportosítják (Vermes, 1997):

- Korlátlanul hasznosíthatók azok a szennyvizek, melyek megengedett határérték felett nem tartalmaznak mérgező, káros anyagokat, sugárzó anyagot, valamint a háztartási szennyvizektől elkülönítve kerülnek elvezetésre. Továbbá az olyan ipari gyártási folyamatból származó

szennyvizek, melyeknél nem kell fekális szennyezéssel számolni (pl. gyümölcs- és zöldségkonzerv-gyártás, cukorgyártás szennyvize).

- Korlátozással hasznosíthatók a települési szennyvizek, továbbá az olyan ipari szennyvizek, amelyeknél kórokozó mikroorganizmusok jelenlétével számolni kell (pl. tejüzemi, húsüzemi szennyvizek), de nem tartalmaznak a megengedett értékhatárt meghaladó mennyiségben mérgező vagy sugárzó anyagot.
- Nem hasznosíthatók azok a szennyvizek, amelyekben akár csak egy jellemző is meghaladja a határértéket a káros, mérgező és sugárzó anyagokra vonatkozóan, illetve azok, amelyek fertőző betegeket ellátó intézményekből vagy fertőző állati termékeket is feldolgozó üzemekből különállóan kerülnek elvezetésre.

A 2. táblázat az USA Környezetvédelmi Hivatala (EPA) által kiadott minőségi követelményeket (Borosné, 2009) foglalja össze az öntözéses szennyvízhasznosítás kritériumaként.

Paraméter	A paraméter jelentősége a szennyvíztisztítás szempontjából	Szokásos értékek a szennyvíz biológiai tisztítása után	Elérendő hasznosíthatósági érték
kiszűrhető anyagok	összefügghet mikrobiális szennyezéssel	5-50 mgSS/l*	<5-30 mgSS/l
zavarosság	eldugulás, lerakódás veszély, a fertőtlenítés gátlása (pl. UV fertőtlenítésnél)	1-30 NTU**	<0,1-30 NTU
BOI ₅	szerves szubsztrátum a mikroorganizmusoknak	10-30 mg/l	<10-45 mg/l
KOI	csővezetékben eltömődés és újracsírásdás következhet be	50-150 mg/l	<20-90 mg/l
TOC	csővezetékben eltömődés és újracsírásdás következhet be	5-20 mg/l	<1-10 mg/l
Összes koliform baktérium	Fertőzésveszély	<10 ⁷ cfu/100 ml***	<1-200 cfu/100 ml
Fekálkoliform baktériumok	Fertőzésveszély	1-10 ⁶ cfu/100 ml	1-10 ³ cfu/100 ml
Bélféregpete	Fertőzésveszély	<1-10/l	0,1-5/l
Vírusok	Fertőzésveszély	<1-100/l	1-50/l
Nehézfémek	toxikusak a növényekre (pl. Cd, Zn, Hg, Ni, stb.)		<0,001 mgHg/l <0,01 mgCd/l <0,1-0,02 mgNi/l
szervetlen anyagok	növénytermesztésben az 1 mg/l-nél nagyobb só és különösen a bór-tartalom hátrányos		<450 mgTDS/l****
Maradék klórvegyületek	0,05 mg/l-nél nagyobb klórtartalom az egyes haszonnövényekre káros		<0,5-1 mgCl/l
Nitrogén	öntözéssel bevitt tápanyag	10-30 mgN/l	<1-30 mgN/l
Foszfor	hozzájárul az algásodáshoz, eltömődéshez	0,1-30 mgP/l	<1-20 mgP/l

Megjegyzés.: *SS -lebegőanyag
 **NTU – zavarosság
 *** cfu – telepképző egység
 ****TDS-összes oldott anyag

2. táblázat: Az öntözéses szennyvízhasznosítás kritikus paraméterei és határértékei (EPA, 2004)
 (forrás: Borosné, 2009)

2.1.2. Természeti adottságok

Hazánkban jelenleg a 40/2008 (II.26.) Korm. rendelet (50/2001 (IV. 3.) Korm. rend. módosítása) határozza meg a szennyvizek és szennyvíziszapok felhasználásának és kezelésének szabályait. Lényeges eleme, hogy talajtani vizsgálatához köti az engedélyezési eljárást, melyhez *közegészségügyi, vízügyi, állategészségügyi és környezetvédelmi szakhatósági szakvéleményt és önkormányzati hozzájárulást* is megkövetel. A talajtani vizsgálatokhoz és az engedélyezéshez szükséges határértékeket a 10/2000 (VI.2.) KöM-EüM-FVM-KHVM együttes rendelete, illetve annak módosítása, a 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM adja meg. A szabályozás kiterjed a védősávok előírására és a vizsgálat rendjére is. E tekintetben is felvetődik a kérdés, hogy a fenti korlátozások a rendelkezésben felsorolt káros-anyag koncentrációk meghatározására vonatkozóan, a rendelet kiadása után eltelt idő óta a klímaváltozásra és a természetes növényekre is figyelemmel, reprezentatív módon történtek-e kutatások és azok eredményei milyen változtatásokat igényelhetnek.

A szennyvíz komplex elhelyezése, hasznosítása során az ökológiai rendszer öntisztuló képességét használjuk ki. Ahhoz, hogy ez a folyamat végbemenjen meghatározott minőségű talajra, talajrétegre és időre van szükség, mert ennek hiányában a talajvíz kórokozó mikroorganizmusokkal és még bomló szerves anyaggal szennyeződik. A talajok egyaránt képesek fizikai szűrésre, biológiai átalakításra és kémiai folyamatokra, természetesen egy bizonyos terhelési szintig. Az öntisztulási folyamat végtermékei a különböző szervesanyagok és a humusz.

A talaj szempontjából a szennyvizek öntözésre való alkalmasságát toxikus anyagtartalma és összes oldott só koncentrációja határozza meg. Utóbbi azért fontos, mert a talaj sótartalmának növekedése szikesedéshez vezethet.

A szennyvízöntözéshez a közepkötött és a könnyebb vályogtalajok a legmegfelelőbbek (Tamás et Blaskó, 2014). Ezek viszonylag nagy vízmennyiségek befogadására képesek és adszorbeáló képességük is megfelelő. A jobb minőségű homoktalajok is alkalmasak, nagy tömegű szennyvíz szűrését teszik lehetővé, de adszorpciós képességük kicsi, ezért tisztítóképességük hatékonysága is kisebb. Az EU víz újrahasznosítási útmutatója szerint is a szennyvíz hasznosítására legkedvezőbbek a homokos és a homokos-vályog talajok.

A belvíz által erősen, illetve közepesen veszélyeztetett területeken nem célszerű a tisztított szennyvíz öntözési célú felhasználása (Tóth, 2016).

2.1.3. A fajlagos szennyvízmennyiség

A tisztított szennyvíz a növények növekedésének értékes forrása, megfelelő összetételben tartalmaz vizet, tápanyagot, szerves anyagokat ezért hasznosíthatóságának megállapításakor fontos követelmény annak vizsgálata, hogyan befolyásolja az adott terület tápanyagforgalmi és vízháztartási viszonyait. Az éves fajlagos szennyvízmennyiség maximális értékének megállapításánál a következő főbb szempontokat kell figyelembe venni:

- a területre jutó és onnan távozó víz egyensúlya, többlet vízmennyiség elvezetésének megoldása,
- a szennyvízzel kijuttatott sókból ne halmozódjon fel káros mennyiség a gyökérzónában,
- a szerves anyag - terhelés ne haladja meg a terület biológiai lebontó képességét,
- a területre kivitt növényi tápanyagok és a növény által felvett mennyiség egyensúlyban legyen,
- a kikerülő toxikus anyagok ne haladják meg a megengedhető terhelési határértéket.

2.1.4. A termesztett növény

A tisztított, előkezelt szennyvíz folyadékfázisának mezőgazdaságban történő öntözéssel újrahasznosítására az alábbi lehetőségek adódnak:

- nádas, gyepes területen,
- erdős (pl. nyárfa ültetvény), valamint természetes vegetációjú területeken,
- speciális faültetvényeken (pl. energiaültetvény),
- szántóföldi művelés alatt álló területeken különböző öntözési módszerekkel,
- szőlőben, gyümölcsösben.

A faültetvényes – nyár, fűz – szennyvíztisztító és – elhelyező telepek a tapasztalatok szerint a legalkalmasabbak a szennyvíz gazdaságos és környezetkímélő kezelésére. Az energiaültetvényeken való hasznosítás elsősorban a biomassza termelést szolgálja a faültetvényre – pl. császárfűz, husángfűz, energiafűz, stb. – kijuttatott víz – és növényi tápanyag ellátással.

A megfelelő minőségben előkészített szennyvíz elhelyezése és talajban történő tisztulása mellett az évelő és egyéves szántóföldi kultúrák víz – és részben tápanyag – ellátása is megvalósítható. A termesztett növénykultúra: pl. kukorica, cukorrépa, napraforgó, vetőmag lehet. Ebben az esetben az öntözési időnyen kívüli szennyvíz fogadását, időszakos tárolását is meg kell oldani. Szántóföldi hasznosítás mellett figyelni kell továbbá arra is, hogy a terület egy részén állandó vegetáció, azaz faültetvény is legyen azokra az időszakokra, mikor a vetésváltás nem teszi lehetővé a szántóföldi elhelyezést.

3. KONKLÚZIÓ

Figyelembe véve a nemzetközi és hazai elvárásokat és az azok mellett szóló érveket a tisztított szennyvíz jövőbeni felhasználásáról, *a társadalmi, gazdasági és környezetvédelmi szempontokat mérlegelve kell dönten*i.

A folyamat legérzékenyebb pontja a társadalmi elfogadtatás, mivel a technológiai, műszaki megvalósításhoz már rendelkezésre állnak a legfejlettebb rendszerek. Ehhez első lépésként célszerű lenne az újrahasznosításra szánt kellően tisztított vizet „új víz”-ként bevezetni a fogalmi meghatározások közé. Le kell határolni az érintettek körét, és azokat már a tervezés korai szakaszába be kell vonni, egyértelműen meghatározva a feladatokat és a felelősségeket.

Az új víz használata nem nélkülözheti a további kutatások és kockázatértékelés folyamatát. Egyértelműen meg kell határozni az EU előírásokkal összhangban a használat céljától függő határértékeket és előírásokat. Ki kell alakítani az újrahasznosítási rendszer megbízható működését szabályozó és azt biztosító előírásokat. A szabályozás során egyértelműen meg kell határozni, hogy az érintett közigazgatási intézményekhez milyen feladat és hatáskör tartozik. A szabályozást úgy kell kialakítani, hogy az államigazgatási szervezetek között összhang legyen. Az újrahasznosítást végzők számára biztosítani kell mindazokat az információkat, amelyek ahhoz szükségesek, hogy a velük szemben támasztott követelményeknek, előírásoknak meg tudjanak felelni. Meg

kell egyértelműen határozni a vizsgált hazai minőségi paramétereket és az azokhoz tartozó határértékeket, melyeket a felhasználás függvényében célszerű kategorizálni. A társadalmi elfogadás fontos feltétele a tájékoztatás, így a mérési eredményeknek hozzáférhetőnek kell lenniük.

Mindezen feltételek teljesülése esetén a kellően tisztított szennyvíz újra használatával:

- hozzájárulunk a környezeti célkitűzések megvalósításához, (népesség megtartás, iparfejlesztés, szociális kérdések, közfoglalkoztatás stb.)
- stabilizálhatjuk vízkészleteinket a víz helyben tartásával,
- aszály és vízhiány által veszélyeztetett területek vízutánpótlása megoldható,
- mezőgazdasági, ipari, valamint települési/tájképi célú hasznosításra nyílik lehetőség.

A biológiailag tisztított szennyvíz tápanyag tartalmának művi úton történő csökkentéséhez jelentős mennyiségű vegyszerre, illetve technológia kiépítésére van szükség, mellyel elérhetjük a felszíni víz befogadóra előírt követelményeket. Amennyiben a talajt, mint természetes közeget tekintjük a szennyvíz utótisztítási lépcsőjének, jelentősen csökkenthetjük a szennyvízben előforduló tápanyagok kivonására használt vegyszert és költségét, továbbá a tápanyagokat hasznosíthatjuk pl. gyenge termőképességű talajokon nagyobb hozamú energia (fás- és lágyszárú) ültetvények létesítésére. A termelt biomassza pedig az energiaellátásban jelenthet pozitív hozadékat.

A települési szennyvíz a kellő mértékben kialakított biológiai fokozat után folyamatosan és megbízható (előre tervezhető) mennyiségben áll rendelkezésre öntözővízként – ingyenesen –, kis koncentrációban növényi tápelemeket (N, P, K) tartalmazva, amelyek hasznosulni tudnak akár szántóföldi, akár fás, vagy energiaültetvényes terület öntözése révén. Ezzel a nagyobb szennyvíztisztítók üzemeltetési költségei csökkenhetnek, mivel a harmadik tisztítási fokozat (foszfor eltávolítás, nitrifikáció és denitrifikáció) ezáltal szükségtelenné válhat.

A tisztított szennyvíz talajjavításra alkalmazható, ezzel csökkentve a műtrágyahasználatot, visszaállítva a hosszú időn keresztül természetben tartott ültetvények talajminőségét, és ez által alkalmassá válhat gabonatermesztésre is.

A vízhiányos, vagy túlzott vízkitermelés által veszélyeztetett területeken, ahol kevés öntözővíz található, ill. a felszín alatti víz csak részben hasznosítható, ott a tisztított szennyvízzel, vagy azzal kiegészített öntözés a vízkészletek megóvását, illetve a helyben tartott víz általi utánpótlását biztosítja. A Kárpát-medence édesvízkincsének megőrzése (kis vízkörforgásban tartása) szempontjából nagyon fontos, hogy a jövőben a használt vizek mind nagyobb részét helyben tartsuk.

A kellő mértékben tisztított szennyvíz – jelenti, mindig a *hasznosítás szempontjából megkövetelt minőséget* – újrahasznosítása az alábbi környezeti, gazdasági és társadalmi előnyökkel jár:

Környezeti előnyök:

- vízkészletek racionális allokációja és megőrzése, különösen azokon a helyeken, ahol vízhiány van vagy a jövőben a klímaváltozás, népességváltozás hatására igénynövekedés várható,
- csökkenti a befogadó közvetlen szennyvízbevezetésből származó tápanyagterhelését, és lehetőség nyílik a tápanyagok újrahasznosítására,
- a tisztításnál felhasznált vegyszerek mennyiségének csökkenésével csökken a környezetterhelés,
- a vízszolgáltatás energiaigényeinek csökkenésével enyhíthető az üvegházhatású gázok kibocsátása,
- vízháztartási viszonyok javítása,
- műtrágya felhasználás csökkentése,
- vizes élőhelyek állapotjavításának, megőrzésének elősegítése,
- hozzájárulhat a felszín alatti vizek jó mennyiségi állapotának eléréséhez,
- a felszín alatti víztárolás minimalizálja a párolgást, alacsony a másodlagos szennyezés (állatok), nincs algásodás (Tóth, 2016).

Gazdasági előnyök:

- gyenge termőképességű talajok hasznosítása,
- minőségi alapanyagok biztonságos előállítása (Ligetvári, 2017).

Társadalmi előnyök:

- népesség-megtartás,
- reális közfoglalkoztatási feladatok,
- a vállalkozóvá válás folyamatának megteremtése (Ligetvári, 2017).

A víz újrahasznosítás hatására csökken a pontoszerű szennyező-források száma, javulhat a vízfolyások állapota, megőrizhetők a legjobb minőségű készletek, ezáltal a jó ökológiai állapot elérésének intézkedési költségei csökkennek.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A vízellátásban globálisan felmerülő problémák, a népesség növekedése, az urbanizáció, az éghajlatváltozás és a készletek pazarló felhasználása egyre inkább sürgetik azoknak a technológiáknak a kidolgozását és alkalmazását, melyekkel mérsékelhető a használati víz kitermelésének mértéke. Ezzel összefüggésben a fenntartható vízgazdálkodás a keletkezett szennyvíz minél nagyobb arányú újrahasznosítását helyezi előtérbe, mely során olyan szennyvízgazdálkodási folyamat valósul meg, amely védi és segíti megőrizni az emberi egészséget, nem károsítja a környezetet, nem meríti ki a természeti erőforrásokat, megfelelő műszaki és intézményi háttérrel rendelkezik, gazdaságilag életképes és társadalmilag elfogadott.

A tisztított szennyvíz folyadékfázisa az édesvízhiánnyal küszködő országok számára jelenthet lehetőséget édesvízkészleteik látszólagos bővítésére. A fejlett, környezetkímélő politikát követő országok számára is kedvező

alternatívát biztosít, figyelembe véve, hogy a legnagyobb vízfelhasználó a mezőgazdaság, így pl. az öntözés területén a kitermelt és felhasznált frissvíz mennyisége hatékonyan csökkenthető. Jelenleg ugyan egészségügyi szempontból társadalmilag elfogadottabb a kevésbé kockázatosnak ítélt energetikai célú növények termesztéséhez történő felhasználás, ami a jövőben megfelelő szabályozással azonban tovább fejleszthető és sokoldalúbbá tehető. A klímaváltozás ugyanis újabb kihívás elé állítja a vízgazdálkodást ebben is fontos szerepet adva a szennyvíz újrahasznosításának, melyen keresztül az aszály hatásai mérsékelhetők, a víz helyben tartásával a vízkészletek utánpótlása megoldható. Ez a jövőben a talaj, mint természetes, nagy hatékonysággal rendelkező tisztító közeg nagyobb arányú kihasználást igényli.

A modern szennyvízgazdálkodás és szennyvíztisztítás három legfontosabb funkciója a közegészség védelme, a növényi tápanyagok visszaforgatása és a környezetleromlás elleni védekezés, melyek kielégítéséhez ma már magas színvonalú technológia szükséges. *Ez fontos elsősorban azért, mivel a társadalom ma már nem nélkülözheti a felhasznált víz visszaforgatását, de a víz minőségének fenntartásáért viszont a társadalomra hárul a felelősség.*

FELHASZNÁLT SZAKIRODALOM

1. Aszálystratégia - Az aszály kezelésének hosszú távú koncepciójáról
<http://2010-2014.kormany.hu/download/7/0a/90000/Aszalystrategia.pdf> letöltve 2017. május 30.
2. Bihari, Z. (2014): Magyarország jelenlegi és várható csapadékvizszoynyai, különös tekintettel a szélsőségekre c. előadás „A víz hiánya és többlete, mint potenciális veszélyforrás”, nemzetközi tudományos-szakmai konferencia 2014. november 5-6., Budapest
3. Boros, Tné (2002):
Az édesvíz fenntartható használata
Környezetvédelmi füzetek Budapest
Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem BME-OMIKK Bp.
4. Boros, Tné (2004): A szennyvíz újrahasznosítás célú kezelési módszerei, hasznosítási programok és eredmények világviszonylatú áttekintése Műszaki Információk Környezetvédelem 2004/19-20 BME –OMIKK, Bp.
5. Boros, Tné (2009): Települési szennyvíz előkészítése öntözéses földművelési hasznosításra, ELGOSCAR Környezetvédelem 2009/9-10
6. COM (2015) 614
7. H. Cooley - K. Donnelly- R. Phurisamban -M. Subramanian: Impacts of California's Ongoing Drought, Agriculture ISBN-13: 978-1-893790-66-7, 2015 August Pacific Institute
8. Dulovics, D.né et Dulovics, D. (2008):
A klímaváltozás hatása a települési vízgazdálkodás egyes elemeire, MaSzeSz HÍRCSATORNA, 2008/9-10.
9. Dulovics, Dné (2017): Megjelenés előtt „A keletkezés helyén hasznosító, nem ivó- (használati-) vízellátó rendszerek” 2. Rész: Tisztított szürkevíz hasznosító rendszerek” című európai-magyar szabvány. MaSzeSz HÍRCSATORNA 2017. 5. szám
10. Európai Bizottság sajtóközleménye.
Letöltve 2016.04.05-én: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-16-827_hu.htm
11. FAO 2007: Coping with water scarcity.
Letöltve 2016.04.05-én a FAO weboldaláról: <http://www.fao.org/nr/water/docs/escarcity.pdf>
12. Gayer, J. - Ligetvári, F. (2015): Települési vízgazdálkodás, csapadékvíz elhelyezés, AQUAPROFIT, Budapest
13. IPCC 5. Helyzetértékelő jelentés – Climate Change 2013 The Physical Science Basis
14. Juhász, E.: Klímaváltozás és a vízi közművek, MaSzeSz HÍRCSATORNA 2007/07-08
15. Juhasz, E., Major, V., (2016): Sanitation in Hungary, Hidrológiai Közöny, 96. évf. 3. szám)

16. Khan, S. (2013): Drinking water through recycling The benefits and costs of supplying direct to the distribution system Australian Water Recycling Centre of Excellence Report of a study by the Australian Academy of Technological Sciences and Engineering (ATSE)
17. Kolossváry, G. (2017): Körforgásos gazdaság- tisztított szennyvíz öntözési célú felhasználása" MaSzeSz XVIII., Konferencia előadás, Lajosmizse
18. Ligetvári, F. (2017): A részlegesen tisztított szennyvíz közcélú hasznosítása MaSzeSz XVIII. Konferencia Lajosmizse, előadás
19. Öllös, G. (2012): Környezetvédelem Új Levédia Kft.
20. Öllös, I. (2017): Körforgásos gazdaság modellje, MaSzeSz Lajosmizsei Konferencia Ismertető.
21. Összefoglaló Magyarország éghajlatának várható alakulásáról Készült az Országos Meteorológiai Szolgálat és az ELTE Meteorológiai Tanszék regionális klímamodell-eredményeinek együttes elemzése alapján (2010) <<http://www.met.hu>>, (letöltés:2015.11.14.)
22. Padra, I. (2017): Fenntartható körforgás a természetben és a gazdaságban. Szennyvíziszappal az elérhető klímáért. MaSzeSz XVIII. Konferencia, Lajosmizse
23. Piac Profit on line <http://www.piacprofit.hu/klimablog/izrael-tanult-a-vizhianybol/>
24. Schultz, Gy. (2005): Fenntartható vízgazdálkodás, - a víz újrahasznosítása, BME OMIKK Környezetvédelem 2005/9-10.
25. Tamás, J. – Blaskó, L.: Environmental management, Debreceni Egyetem a TÁMOP 4.1.2.pályázat, http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0032_kornyezettechnologia/ch09s02.htm, 2008I
26. Tóth, T.: Intézkedési javaslatok - Tisztított szennyvíz újrahasznosítás Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében, Országos Vízügyi Főigazgatóság, 2016
27. Veolia Water: The world leader in water services and water treatment) <http://www.veoliawater.com>. letöltve 2012. március
28. Vermes L.: Vízgazdálkodás, Szaktudás Kiadó Ház, 1997
29. World Water Development Report 2016. Letöltve 2016.04.05-én: <http://www.unwater.org/publications/publications-detail/en/c/396246>