Szennyvíz – szennyvíziszap hasznosítás

Tartalomjegyzék

1. Víz 3

1.1. Vízellátás, csatornázás 5

1.1.1. Példák az ókori víz ellátó és csatornarendszerekre /1 hivatkozás/ 6

2. Felhasznált vízből szennyvíz 9

2.1. A szennyvíz tisztítás története. 9

3. Vízellátás, csatornázottság szennyvíztisztítás Magyarországon. 12

4. Szennyvíziszap hasznosítás elhelyezés. 16

4.1. Valójában mi is a szennyvíziszap ? 19

4.1.1. Mi van a szennyvíziszapban 20

4.1.2. A szennyvíziszap ártalmatlanítási és hasznosítási lehetőségei. 25

4.2. A szennyvíziszap mezőgazdasági hasznosítása 27

4.2.1. A nyers iszap talajba injektálása. 30

4.2.2. A szennyvíziszap víztelenítéséről 32

4.2.3. A víztelenített iszap mezőgazdasági felhasználása. 35

4.3. Szennyvíziszap komposztálás 38

4.3.1. A szennyvíziszap komposztálási folyamatai 41

4.4. Biogáz előállítás szennyvíziszapból 48

4.4.1. A keletkező biogáz hasznosítása 53

4.5. Szennyvíziszap égetés. 55

4.5.1. Égetési lehetőségek 55

4.5.2. Szennyvíziszap égetésével kapcsolatos vélemények és célkitűzések. (Az égetés helye a szennyvíziszap hasznosításában.) 57

5. A szennyvízkezelés és a körforgásos gazdaság 67

5.1. A fenntartható fejlődés elméletről 69

5.2. A körforgásos rendszerek – fenntartható gazdaság 70

5.3. A szennyvíztisztítás ma és körforgásos gazdaság megvalósítási igénye. 72

5.3.1. Vízgazdálkodásunk 72

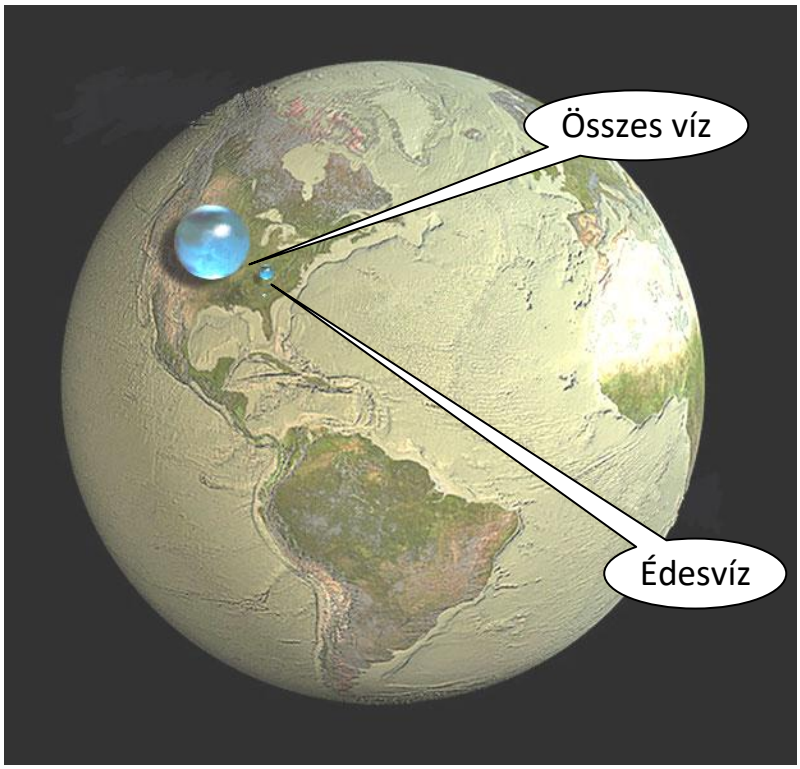
5.3.2. Ivóvízből szennyvíz, majd tisztítás és iszap 73

6. Irodalomjegyzék 80

1.Víz

„Se ízed nincs, se színed, se zamatod, nem lehet meghatározni téged, megízlelnek, anélkül hogy megismernének. Nem szükséges vagy az életben: maga az élet vagy”

Antoine de Saint-Exupéry



1. ábra: A Föld, az összes víz és az édes víz tömegének mennyisége

A föld felszínének ugyan kétharmadát víz borítja, de ez a térfogatot illetően - 1,32 milliárd km^3 – 0,14%-ot jelent. (Az összes víz tömege pedig a föld tömegének mindössze 0,03%-a) Az összes víznek mindössze 2,8 % - a édesvíz, amely a szárazföldi élet fenntartásának feltétele. A sós tengervíz-természetes állapotában-erre alkalmatlan.[1]

Az összes édesvíznek 77,7%-a a sarkok jégtakarójában illetve a gleccserekben található. A szárazföldi élet fenntartásához tehát a rendelkezésre álló – valójában elméletileg igénybe vehető víz az édesvíz készletnek mindössze 22,3 %-a (Ez a teljes vízkészletnek mindössze 0,62%-a)

A föld vízkészletének megoszlását (vízfajta szerint) az 1. táblázat tartalmazza. A táblázat adatainak ismeretében már állíthatjuk, hogy a vízzel való takarékosság, és a felszíni valamint a felszín alatti vizeink minőségének megóvása a fejlődés,

[1] Természetesen lehetséges ennek sótalanítása,néhány helyen élnek is ezzel a lehetőséggel, de igen jelentős energia felhasználással jár.

de talán azt is mondhatjuk a szárazföldi élet fennmaradásának egyik alapvető feltétele.

A föld lakosságának exponenciális növekedése, az ezzel egy időben zajló gazdasági növekedés, és az életminőség javulása jelentősen növeli a felhasználható édesvíz iránti igényt. Emellett a gazdasági növekedésnek van egy egyáltalán nem kívánatos, és nem is elkerülhetetlen mellékhatása, a környezet és ezen belül a vízszennyezés. [2]

1. táblázat: A föld vízkészlete és megoszlása

Vízfajták	Összes vízmennyiség		Édesvíz %-ában
	ezer km^3	%	
Óceánok, tengerek	**1 320 104**	**97,16%**	
Sarki jég, gleccserek	30 000	2,21%	77,71%
- felszíni vizek	126	0,01%	0,33%
- felszín alatti vizek	8 400	0,62%	21,76%
- talajnedvesség	67	0,00%	0,17%
Légköri vizek	13	0,00%	0,03%
Édesvíz	**38 606**	**2,84%**	**100,00%**
Víz mindösszesen	**1 358 710**	**100,00%**	

Mindenki látott már ilyen vagy hasonló fényképet. Ez a szennyezés, ha azonnali ökológiai katasztrófát még nem okoz, akkor is biztos, hogy hozzájárul az ivóvíz szennyezetté válásához. Jelenleg közel egymilliárdra teszik a világon azoknak a létszámát, akik bizonyítottan szennyezett ivóvizet fogyasztanak, mivel nem tudnak megfelelő minőségű ivóvízhez jutni.

2. ábra Szennyezett folyószakasz

[2] A vízszennyezés alatt az emberi tevékenység hatására kialakuló olyan körülményeket értjük, amelyek közvetlenül befolyásolják a felszíni, illetve a felszín alatti vizek minőségét. Más megközelítésben a különböző veszélyes és egyéb anyagoknak a természetes vizek koncentrációját meghaladó értéke a vízszennyezés. Egy harmadik definíció szerint vízszennyezést okoz minden olyan anyag megjelenése a vízben, amely károsan befolyásolja a természetes víz emberi fogyasztásra alkalmasságát, illetve korlátozza vagy lehetetlenné teszi a vízi élet számára.

A föld vízkészlete állandó.[3] Az egyes vízfajták azonban arányaiban kismértékben változhatnak. Ez alól az édes és sós víz arányváltozása sem kivétel
Az élőlények által elfogyasztott vízzel illetve az egyéb emberi tevékenység vízfelhasználásával nem csökken a föld vízkészlete, mivel az hosszabb vagy rövidebb idő elteltével változatlan mennyiségben visszakerül az ökoszisztémába.
Jellemző tulajdonsága még a víznek a körforgás.

A **vízkörforgás**, vagy más néven **hidrológiai ciklus** a Föld hidroszférájában lévő víz folytonos és természetes körforgása, amelyet a napsugárzásból származó energia tart fenn. A ciklusban részt vesznek a felszíni és felszín alatti vizek, valamint a légkör és a föld víztartalma. A körforgás során a víz gáznemű, folyékony és szilárd halmazállapotban is előfordul./Wikipédia/

3. ábra A víz körforgása

A gáznemű állapotban lévő víz „megszabadul" a folyadékállapotban benne lévő szennyező (oldott) anyagoktól. Így válik lehetővé, hogy a sós vizű tenger felületéről elpárolgott víz is édes vizű esőként hulljon vissza.

1.1. Vízellátás, csatornázás

A történelem kezdetén az emberek – a többi élőlényhez hasonlóan – vízszükségletüket kizárólag a felszíni vizekből (folyók, patakok, tavak, források) tudták biztosítani. Ezért szinte minden esetben vizek mellé települtek. (Nagy folyam menti birodalmak). A későbbiekben ugyan rájöttek, hogy a felszín alatt – elérhető mélységben - a föld legtöbb helyén lehet vizet találni, (kutak) tehát meg lehet teremteni az élet alapvető feltételét. Ennek ellenére nagyobb települések még ma is valamilyen jelentősebb felszíni víz közelében találhatók.

[3] Elvileg ugyan előfordulhatna egészen speciális esetben, hogy a szabad, vagy felszabaduló hidrogén vizzé való elégése révén nő a vízkészlet, ez a reakció azonban természet környezetben valószínűtlen. Speciális esetben előfordulhat ellentétes reakció is. (Vízbontás)

A szárazabb (kevésbé csapadékos) vidékeken a mezőgazdasági termelés megkövetelte az öntözést, a települések növekedése (városok kialakulása) pedig azt, hogy a vizet valamilyen módon a lakó és a középületekhez vigyék. E szükségszerűség hatására már jóval az időszámításunk kezdete előtt számos helyen igen komoly vízellátó rendszerek épültek, és ezekhez szennyvízelvezető rendszereket is alakítottak ki.

1.1.1. Példák az ókori vízellátó és csatornarendszerekre /1 hivatkozás/ ?

„Az ókori nagy birodalmak történelme, építészete általában ismert, annál kevésbé ismert e birodalmak kapcsolata a vízzel, vízgazdálkodással. Pedig vízgazdálkodás nélkül ezek az ókori birodalmak sem prosperáltak volna. Nagyságuk megalapozója direkt, vagy indirekt formában, de a „víz” volt.
Mezopotámiában *Az öntözéses gazdálkodás elterjedése kiterjesztette a vízépítési, vízgazdálkodási tevékenységet is. Új feladatként jelentkezett a vízellátás, csatornázás megoldása.*
Mezopotámia vízgazdálkodási törvényeinek megalkotása I.e. 1800-ban Hammurábi nevéhez fűződik. Hammurábi törvénykönyve törvényeket tartalmaz a csatornák védelmére, az öntözéses gazdálkodás megalapozására. E törvények hatására a Tigrissel párhuzamosan öntöző főcsatornák épültek mindkét oldalon, kőalapra épült duzzasztógátakkal.
Egyiptomban *i.e. a 4. évezred elején Menes fáraó indítja el a nagy vízi építkezéseket. I.e. 3000-ben épült meg az első ismert nagy duzzasztógát Helwannál.*
A Nílus árhulláma a felső szakaszon nagyobb, mint 11 m, lefelé 8 m-re, majd ez alá csökken. A Nílus vize köbméterenként 1,6 kg termékeny iszapot hoz és rak le. 100 évenként 12 cm-rel magasodik a meder és a felszín is.

4. Ábra: Vízemelő kerék és aqueduct /Nória/

A kb. i.e. 1300 körül már működő, 1800-ban felújított József csatorna, mely az öntözővíz elosztását és tárolását biztosította, 430 km hosszan követi a Nílus völgyét. A csatorna és a Nílus közötti rész Egyiptom legtermékenyebb területe. Felső Egyiptomban Sint-nél ágazik ki a Nílusból és Kairótól 60 km-re a Möris tározóba torkollott. Ebből a csatornából indultak ki az öntöző-csatornák, a lecsapoló-csatornák pedig a Nílusba torkolltak.

Kínában *a nagy vízépítő császár i.e. 4300 körül Nagy Yü császár volt. Gátakkal szabályozta a Hoang-ho-t, így védekezett az árvizek ellen. Az árvízi hozamot pedig öntözőcsatornákkal osztotta szét azokra a területekre, ahol vízhiány mutatkozott.*

Szíria, Palesztina, Arábia *öntözőrendszerei tárolói és vízvezetékei ismertek és híresek. Mesterséges bővítéssel látták el a Salamon-tavakat, melyek víztárolásra szolgáltak, Damaszkusz vízvezetékei a város minden részét megfelelő minőségű ivóvízzel látták el. A közkutakat mindenki használhatta, az idegen kereskedők vízhasználatát a vámmal együtt megfizettették.*

6. Ábra: Aqueduct Hampi (India)

Sziám, Burma, Thaiföld *vízgazdálkodásának más jellemzői voltak. Miután a mezőgazdaság számára elegendő víz állt rendelkezésre, a vízgazdálkodási tevékenység az ún. templom-városok vízellátását, csatornázását szolgálták. Más távol keleti birodalmakhoz és királyságokhoz hasonlóan itt is a víz kényelmi szempontokat szolgált. Csatornarendszereket építettek ki a belső közlekedési útvonalak biztosításához (pl. Thaiföldön ma is működik a főváros és a nyári rezidencia közötti hajóút), de a templomvárosok szökőkútjai, ivókútjai, rituális fürdői a vízellátás meghatározó feladataivá váltak.*

7. ábra: Machu Picchu öntözött terrászai

Az inkák, aztékok, toltékok, mayák földjén *egyformán találkozunk a virágzó öntözéses kultúrával (Machu Picchu, Cuzco), forrásokra épülő ivóvíztározókkal (Tulum, Chichen Itza).*

A görög városállamok *vízgazdálkodásában eleinte az öntözés nem játszott szerepet. Később honosítottak meg olyan kultúrákat, melyekhez vízutánpótlás kellett, és ezt öntözéssel biztosították. Ugyanakkor jelentős volt a vízellátás és csatornázás szerepe.*

Athén ekkor 200 ezer lakossal rendelkezett, akiket 18 vízmű és azok vezetékei szolgáltak ki. Üzemeltetésük, karbantartásuk fontos feladatot jelentett. Az athéni

vízmű-szolgáltatást i.e. 490-ben Themistokles rendelte el. A vízbeszerzés két úton történt. A város közelében lévő bővizű források vizét rejtett vezetékeken hozták be a városba, ill. ún. csápos kutakkal termelték ki a talajvizet. Vízellátás és szennyvízelvezetés volt Megara, Theba, Olympia, Pergamon, Syracusa, Alexandria városaiban is.

***Róma** vízgazdálkodása már Pannóniára is hatással volt, ezt már mi magyarok is közvetlenül ismerjük. A Dunántúlon völgyzárógátak maradványait, Budán fürdőket, aquaductokat, csatornákat találunk, és szinte minden római városházának vízvezetékrendszerét megismerhetjük.*

Róma vízvezetékei ismertek és híresek. A forrásfoglalások, vezetékek, völgyhidak, közkutak és fürdők a korábbiakhoz képest fejlettebb technikákat igényeltek. A város vízvezetékeinek hossza 404,6 km volt. A vizet tisztítani és tárolni kellett, ezért derítő és tároló medencéket alakítottak ki. A legnagyobb medence 51,5 x 29,8 m volt. Ezekből a medencékből ólomcsövek segítségével jutott el a víz 247 db kiegyenlítő medencébe.

8. ábra Római aqueduct

A Róma környéki vízvezetékek közül legismertebbek: az Aqua Marcia, a Tipuka és a Júlia vezetékek. Leghosszabb az Aqua Marcia, mely 91,6 km-ről hozta a vizet, mely hosszon egy 11 km-es aqueduct is található. Az üzemeltetés egy 700 főnyi személyzet kezében volt. A rómaiaknak vízdíjat kellett fizetniük, nem is keveset. Az egész Római Vízmű teljesítménye napi 800 ezer m^3 volt, azaz 1 főre vetítve 1000 l napi vízfogyasztást jelentett. Ebben benne volt a kertek, parkok öntözése, a közkutak, szökőkutak működtetése, az utcák tisztítása és a csatornák öblítése is."

A szennyvíztisztítás megjelenése már az olyan ősi kultúráknál, mint az egyiptomi, valamint a római megfigyelhető.

„Az ősi Rómában a város egy részét csatornázták a szennyvíz összegyűjtésére, míg a város más részein emésztőgödrökben gyűjtötték össze a folyékony hulladékot. Az utóbbiak anyagát megpróbálták a mezőgazdaságban

újrahasznosítani, míg a szennyvízcsatornán összegyűjtött folyékony hulladék a Tiberisen keresztül a tengerbe került." /8. hivatkozás/

Valójában azonban az ókori vízvezetékek által szolgáltatott vízből származó szennyvizek többsége közvetlenül a felszíni vizekbe került.

2. Felhasznált vízből szennyvíz

Ha a vizet bármilyen célra felhasználjuk, az - előbb vagy utóbb – visszakerül a természetbe, csakhogy ez már nem ugyanaz a víz, mint amit felhasználtunk. Elkerülhetetlen, hogy abban oldott, szuszpendált, vagy emulgeált állapotban idegen anyagok is legyenek.[4] Az természetbe visszakerülő víz tehát mindenképpen valamilyen mértékben szennyezett, tehát szennyvíz.
Ahol csatorna nincs ott ez a szennyvíz – alapesetben - a talajra kerül. Ez mindaddig nem okoz problémát, amíg egyedi esetekről van szó. (Egy tanyán, ahol ásott kútból nyerik a vizet, és a „szennyvizet" kiöntik az udvarra, abból nem fog semmi baj származni. Más körülmények azonban már okozhatnak komoly problémákat. Ebből most csak kettőt említünk.

A.) A középkorban létrejövő csatornázatlan „nagyvárosokban" az utcára kiöntött szennyvizek számos járvány okozói voltak.

- A falvakban, kezdetben itthon is elsősorban a vezetékes (egészséges) ivóvíz biztosítására törekedtek. Az esetek többségében ezt a csatornázás csak késéssel követte, illetve néhol még ma sem biztosított. A vezetékes víz megjelenésével megjelenik a szennyvíz is. Ezt a szennyvizet nem egyszer a már használaton kívülre került kutakba vezették. Következmény: a korábban egészséges felszín alatti vizekből származó ivóvíz, fogyasztásra alkalmatlanná vált.

2.1. A szennyvíz tisztítás története.

Az életvitel változásával a lakosság egyre inkább koncentrálódott. Az urbanizáció feltétele volt a vízellátás biztosítása (vízvezeték rendszerek kiépítése) ennek következtébe megjelent a „szennyvíz", amelytől valami módon meg kellett szabadulni. Mivel a városok többsége valamilyen felszíni vízhez közel települt, kézenfekvő volt, hogy a szennyvizet is ide vezessék vissza. Az élő

[4] Kivétel az az eset, ha a felhasznált víz, vagy annak egy része vízpára formában kerül vissza a természetbe. Ezt azonban inkább tisztításnak kell felfogni. (desztilláció) Jellemző eset pl. főzéskor a légkörbe távozó vízgőz.

víz ökoszisztémája képes megbirkózni a szennyező anyagokkal, (öntisztulási mechanizmus) amennyiben azok még elviselhető koncentrációban vannak jelen. A koncentráció növekedésével azonban egyre több helyen bizonyosodott be, hogy a felszíni víz ezt a terhelést már nem volt képes kompenzálni.

Az 1 700 - as évek második felétől kezdve az iparosodás felfokozódott (ipari forradalom). Az egyre másra létesülő ipari üzemek megjelentek vízigényükkel, és az általuk kibocsájtott szennyvíz már új veszélyforrást jelentett. E szennyvízben már nem csak természetes-, hanem mérgező anyagok is voltak.
E szennyvizek tisztítás nélküli bevezetése a felszíni vízbe nem egyszer élővilágának teljes kipusztulását okozta.
Világossá vált, hogy az egyre nagyobb tömegben megjelenő mérgező anyagokat is tartalmazó szennyvizet – büntetlenül – nem lehet visszavezetni a felszíni vizekbe. Megszületett a **felismerés: a szennyvizet tisztítani kell.**

„A szennyvíztisztítás ugrásszerű fejlődése az elmúlt század második felében kezdődött. A szennyvíz elhelyezési problémája ugyan már a század közepén London csatornázását eredményezte, a szennyvíz befogadója ezt követően még évtizedekig a Temze maradt. A szennyvíz veszélyességét a különböző járványok terjedése vonatkozásában is hamarosan felismerték, amikor Robert Koch 1876-ban izolálta a bélfene, a tuberkulózis és a kolera baktériumait, és bebizonyította, hogy a fertőzés a vízzel terjed.
Az Egyesült Államok 19. század végén megindult rohamos iparosítása is hamarosan a nagyvárosok környezetében lévő befogadók rendkívüli mértékű elszennyeződését eredményezte. Ez is szükségessé tette valamilyen szennyvíztisztítási lehetőség kifejlesztését. Az első kísérletek a talajon történő szennyvízszűréshez kapcsolódtak az 1870-es évek során. Ebből előbb a durvább talajszűrés, majd később a csepegtetőtesthez hasonló töltet-rendszerek fejlődtek ki. Az utóbbi szennyvíztisztítási módszer tökéletesítése Angliához kötődik, ahol az éghajlati viszonyok lehetővé tették annak az egész évben folyamatosan történő működtetését.

Természetesen ezt megelőzően, ahogy már említésre került, az 1800-as évek második felében a nagyvárosok csatornázásának a megoldása volt az emberiség alapvető feladata. Ezzel ugyan a szennyvíz szennyező anyag koncentrációjának csökkentését a folyókra bízták, vagy a folyók befogadóira, a tengerekre, de a nagyvárosok közegészségügyi helyzete lényegesen javult. A nagy járványok a század végére tulajdonképpen megszűntek. A szennyvíz befogadókba történő közvetlen bevezetése ebben az időszakban magával hozta azoknak a túlterhelését, amit azután nagyon gyorsan meg kellett szüntetni.

Mivel a világon, de különösen a fejlettebb államokban, a nagyvárosok mindenhol folyóra települtek, a folyók szennyezése vagy túlterhelése évtizedeken belül bekövetkezett. Talán érdemes megjegyezni, hogy az első igazán nagyméretű városi szennyvíztisztító rendszer kiépítése 1842-ben, Hamburgban kezdődött. A többi nagyváros mintegy 25 év késéssel követte Hamburg példáját. Ma a lakások bekötése a csatornahálózatba a fejlett országokban általában 90 % körüli, a fejletlenebb országokban ez az érték sokkal kisebb.
Érdekes talán megjegyezni, hogy Magyarországon a 2000-es év fordulóján ez az érték csak 50 % körül volt, bár a közel másfél évtizedes fejlesztés eredményeként ennek 2016-ra 81,5 %-ra -osra történt meg a növelése. Az ellátottság növekedése a bekötések számának növelésével még tovább biztosítható.

Mint a korábban említett csatornázás általános kiépítéséből várható volt, a lakossági és ipari szennyezések igen rövid időn belül elszennyezték a folyókat. Ezek ugyanakkor a sűrűbben lakott térségekben szükségszerűen ivóvízkészlet forrását is jelentik a lakosság számára. Nagyon sok nagyváros ivóvíz-ellátása a rajta keresztül folyó vízfolyás parti szűréssel történő megtisztításával illetőleg annak a lakosság részére történő elosztásával történik. Mivel a folyók szennyezése az ivóvízkészlet, vagy nyersvíz szennyezését is jelentette, egyre fokozódó tisztítást kellett az ivóvíz ellátás céljára alkalmazni, ami fokozódó költséget jelentett. A vízfolyások minőségének a sürgős szabályozása ezért is vált hamarosan állami, hatósági feladattá." /8. Hivatkozás/

A technika fejlődésével párhuzamosan természetesen a szennyvíztisztítás technológiája is fejlődött. A kezdeti mechanikai szűrés kiegészült biológiai folyamatokkal, és irányított kémiai reakciókkal is. Ennek hatására a befogadókba visszatáplált tisztított szennyvíz – „újvíz" – egyre kevesebb káros anyagot tartalmazott. A fejlett országokban (pl. Anglia Németország) a korszerűsítés hatására a korábban „szennycsatorna szintig" lerontott nagy folyók (Temze, Rajna) újra élő vizekké váltak.

9. ábra: Temze /fotó: Seregi Ildikó/

„ *A 19. század közepéig a Temzének gazdag élővilága volt, beleértve a homárt, az angolnát és a tengeri pisztrángot is. Az ipari forradalom hatására a vízszennyezés egy*

évszázadra halott folyóvá tette. A 20. század közepétől kezdődő környezetvédelmi intézkedések hatására újra megjelent a folyóban az élővilág"

Ma Európában és a világ egyéb gazdaságilag fejlett államában, a nagyobb városokban szinte mindenütt, de egyre inkább a kisebb településeken is:

- A szennyvizet csatornákon a településen létesült központi tisztító telepre viszik.
- A telepen fizikai, biológiai és kémiai műveletekkel eltávolítják a szennyvízből a benne oldott, szuszpendált, vagy emulgeált idegen anyagokat.
- A tisztított vizet vezetik vissza a befogadó [5]felszíni vízbe.

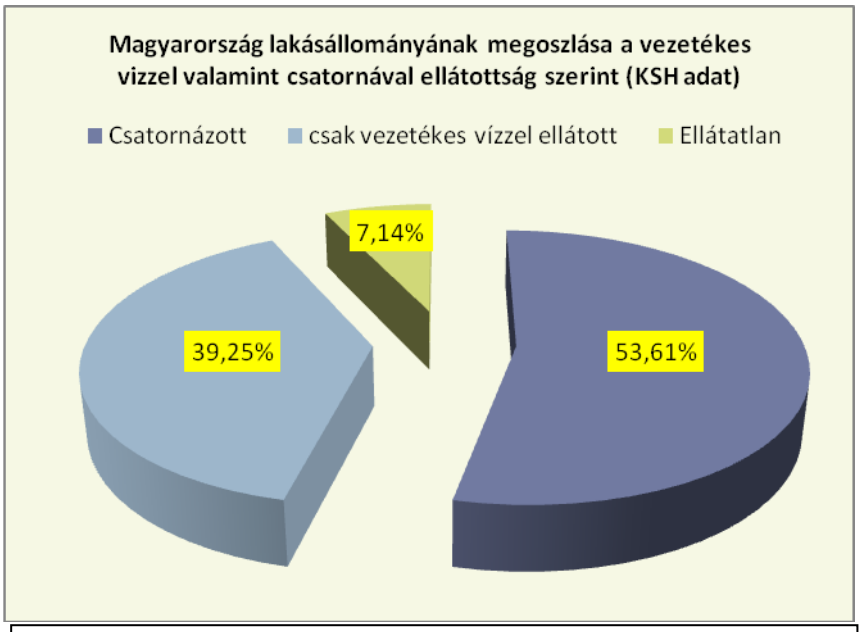
Az utóbbi időben van más törekvés is:

„Napjaink kérdése, hogy a szennyvizek tisztítása továbbra is központosítva, a lakókörzetektől kellő távolságban történ-jen-e, vagy a kisebb településeknél, lakáscsoportoknál akár a lakóházak között, vagy a lakóház mellett is biztosíthatja a kívánt mértékű szennyvíztisztítást és maradékának (elsősorban a tisztított víz) elhelyezését. A műszaki ismeretek, technikai fejlődés ma már az utóbbi eset igényeihez is biztosítják a szennyvíz tisztítását. A perdöntő kérdés a tisztított víz és maradék elhelyezési lehetősége, befogadó vízfolyás vagy elszivárogatásra alkalmas talaj megléte. A lakosságnál minimális mennyiségben keletkező iszap újrahasznosítása is az utóbbi függvénye (Randall, 2003).
A lakosság városokból történő jelenlegi kiáramlása mindenképpen a közvetlen környezethez illeszthető szennyvíztisztítás fejlesztését tenné szükségessé. Az ilyen körzetekben a tisztított víz újrafelhasználására egyre fokozódó igény jelentkezik. Ugyanitt a keletkező szennyvíziszap természetes, növény-, nád-ágyas stabilizálása, komposztálása is igen egyszerűen kialakítható, biztonságos megoldás (Kárpáti–Taxner, 2004). Míg a gazdag országok nagyvárosaiban a tisztított szennyvíz újrafelhasználása (WC-öblítés stb.), második vízkör kiépítése napjaink realitása, nálunk a decentralizált szennyvíztisztítás és tisztított víz újrafelhasználás EU szabályozása alapján a jogi és műszaki szabályozásának a megalkotása látszik a legsürgősebben megoldandó feladatnak." /9. Hivatkozás/

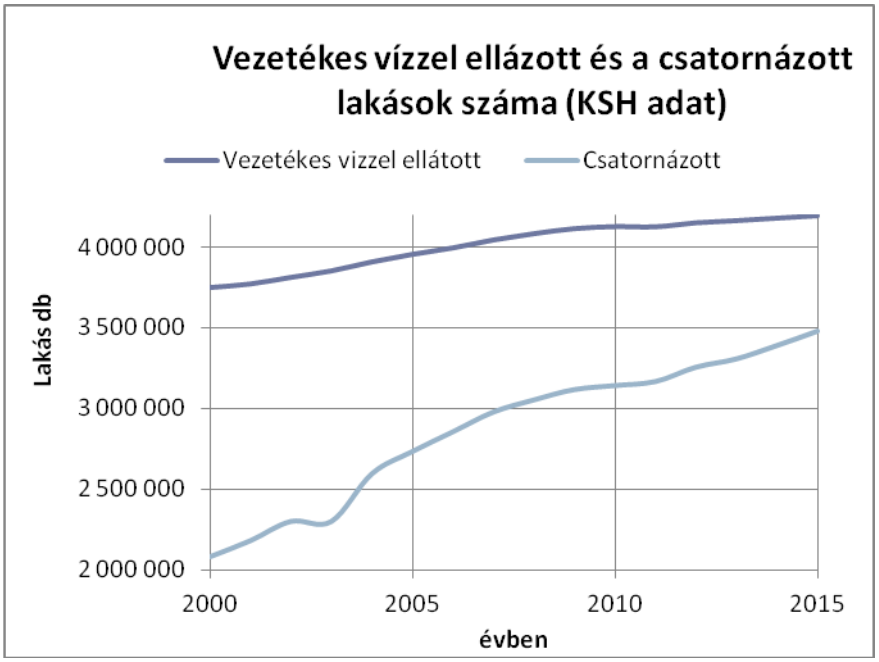
3. Vízellátás, csatornázottság szennyvíztisztítás Magyarországon.

Magyarország – kis késéssel ugyan – de követte azokat a tendenciákat, amelyek NYUGAT EURÓPÁBAN alakultak ki, mint a vezetékes vízzel való ellátásban, mint a csatornázottságban, mint pedig a szennyvíztisztításban. 2 000 –re az összes hazai lakás 92%-a már el volt látva vezetékes ivóvízzel. Ezzel szemben a csatornázottság mindössze 53,6%-os volt.

Ezekből az adatokból (10. ábra) az is következik, hogy a vezetékes vízzel ellátott lakások több mint fele (55,4%-a) 2 000- ben még nem volt a (szennyvíz) csatornahálózatba bekapcsolva. Ez aztán számos helyen – elsősorban a kisközségekben – problémákat okozott, mert igen sokszor elmaradt a megfelő derítő akna kiépítése. (Talaj és vízszennyezés)



10 ábra: Magyarország lakásállományának megoszlása



11. ábra a vezetékes vízzel és csatornával ellátott lakások számának alakulása 2000- 215 években

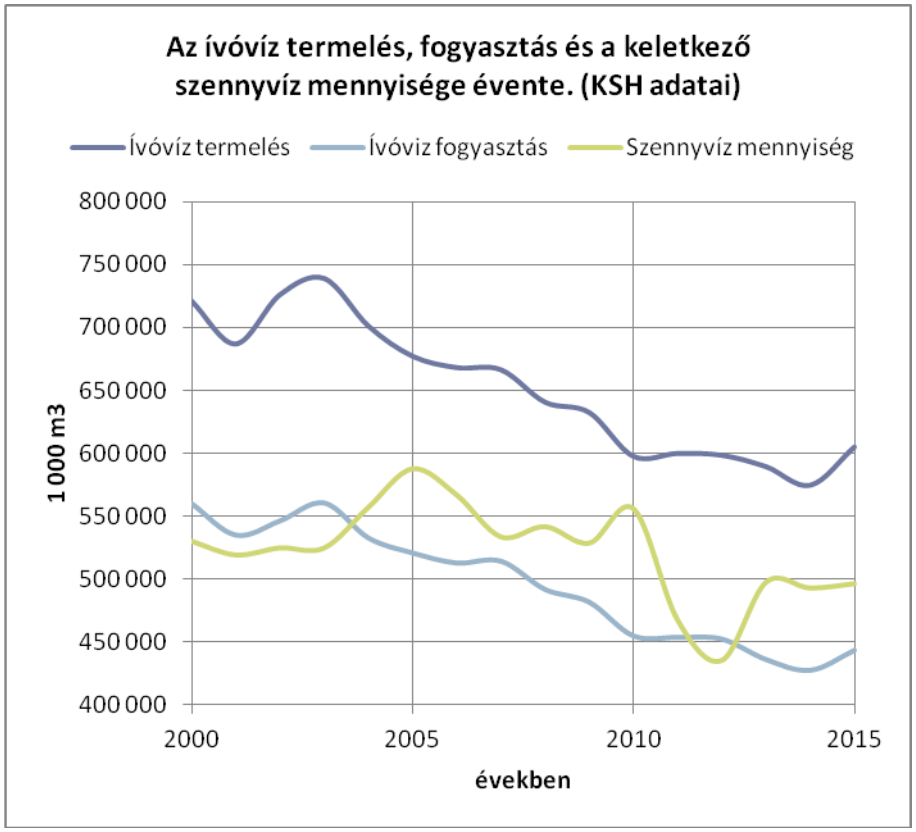
2 000 től kezdődően a korábbihoz viszonyítva sokkal ütemesebben folytatódott a csatornahálózat kiépítése. Ezzel együtt létesültek a szennyvíztisztító telepek is. A 11. ábrán látható, hogy a vizsgált időszakban a vezetékes vízzel ellátott lakások csatornázottsága sokkal jobb képet mutat. A korábbi 55,4%-ról közel 82%-ra nőtt.

Az is javított a

helyzeten, hogy időközben – még azokon a helyeken is ahol eddig nem épült csatorna – szervezettebbé (elérhetőbbé) vált a szennyvíztárolók és oldómedencék ürítése, és az így összegyűlt települési folyékony hulladéknak a tisztító telepekre való beszállítása, Ez a tendencia követhető a KSH adatszolgáltatásában is.

A csatornahálózat bővülésétől azt várnánk, hogy a szennyvíztisztító telepekre beérkező szennyvíz mennyisége növekszik. Ennek ellenkezője történt.

A 11 és 12 ábrán szemléltetett adatokat vizsgálva nem csak az olvasó, hanem mi is ellentmondást látunk. Nem könnyű elfogadni azt az állítást, hogy miközben a csatornahálózatba bekapcsolt lakások száma az időszakban 1,6 szeresére nőtt, addig az innen befolyó szennyvíz mennyisége gyakorlatilag nem változott.



12. ábra: Az ivóvíztermelés, fogyasztás, valamint a tisztítótelepekre befolyó szennyvíz mennyiség 2 000-2 015

Az egyértelmű, hogy az időszak alatt jelentősen csökkent a nem lakossági fogyasztók vízfelhasználása. Erre találhatunk magyarázatot az alkalmazott technológiák változásában, és valójában az időszak alatt csökkent e felhasználók száma is.

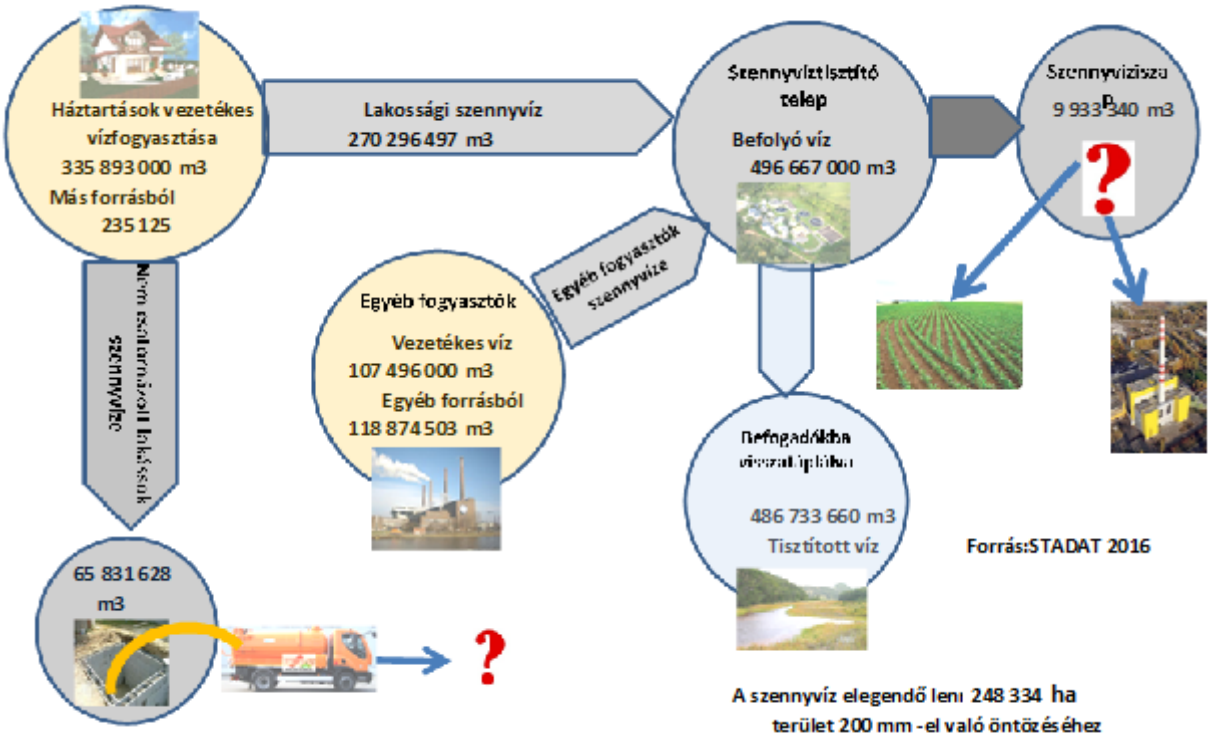
Azt viszont már nehezebb megmagyarázni, hogy miként lehetséges az, hogy miközben a vízvezeték hálózatba bekötött lakások száma 442 000 – el, nőtt. (ez minimálisan háromnegyed millió személyt jelent) eközben a vízfogyasztás 53 millió m^3 – el, csökkent.

Arra sincs támpontunk hogyan lehetséges az, hogy pl. 2010 –ben a befolyó szennyvíz mennyisége 91 millió m^3 – el meghaladta a szolgáltatott vízmennyiséget. Ez az összes szolgáltatott vízmennyiség 21% -át jelenti.

Műszaki szempontból ennek kétféle oka lehet az első a szennyvíz beszállítása, a második pedig az un. idegen víz és csapadék bejutása a szennyvízcsatornába. Ez elvileg lehetséges lenne, de akkor nem fordulhatna elő egy esetben sem, hogy a szennyvíz ne haladná meg az elfogyasztott vízmennyiséget. Ez így nem áll fenn.

Marad tehát az a feltételezés, hogy a közölt adatok tartalma időközben változott, illetve súlyos problémák vannak az adatszolgáltatással.

Jobb híján a KSH adatokból készítettünk el 2015 évre egy víz, szennyvíz és szennyvíziszap mérleget. (13. ábra)



13. ábra: Magyarországi „vízközművek” anyagáramai

Az ábráról látható, hogy a nyilvántartott befogadott szennyvíz mennyiség csak úgy hozható ki, ha feltételezzük, hogy mind a lakossági, mind az egyéb fogyasztók esetében az ivóvízen kívül jelentős mennyiségű szennyvíz keletkezik egyéb forrásból. A lakosság esetén a 235 000 m^3 még talán el is képzelhető. Az egyéb fogyasztóknál, viszont elképzelhetetlen, hogy 108 millió m3 vezetékes víz

igénybevétele mellett 118 millió m3 olyan szennyvíz folyjék be tőlük a tisztító telepre, amelynek a „vize” egyéb forrásból származik.

A csatornahálózatba be nem kapcsolt lakásoknál – átlagértékeket figyelembe véve – 66 millió m^3 szennyvíz keletkezik. Ennek a sorsa bizonytalan.

A befolyó szennyvíz mennyisége alapján – kiszámoltuk a tisztítás során várhatóan keletkező szennyvíziszapot.[5] Az iszap mennyisége év 10 millió m3-re tehető. A tisztított – és a befogadókba visszatáplált – víz mennyisége így 487 millió m^3 – re tehető. (Itt csak megjegyezzük, de későbbiekben visszatérünk rá, hogy ez 2,2 szerese annak a vízmennyiségnek amennyit 2015 – ben összesen öntözésre felhasználtak.)

A továbbiakban azzal foglalkozunk, hogy mi történjen, illetve mi történhet azzal a 10 millió tonnányi szennyvíziszappal, amely a tisztítás után a szennyvíztisztító telepen marad.

4. Szennyvíziszap hasznosítás elhelyezés.

A szennyvíziszap elhelyezésére és hasznosítására vonatkozóan 2014 ben „stratégia” készült, amely a tennivalókat 2023 – ig, határozza meg.[6] Mivel ezt a stratégiát az országgyűlés elfogadta, logikusnak tűnik, hogy a szennyvíziszap hasznosítási lehetőségeit e stratégia mentén kellene minősíteni. A helyzet azonban ennél bonyolultabb. A problémát elsősorban az okozza, hogy már a szennyvíziszap fogalmi meghatározásánál számos ellentmondással találkozunk

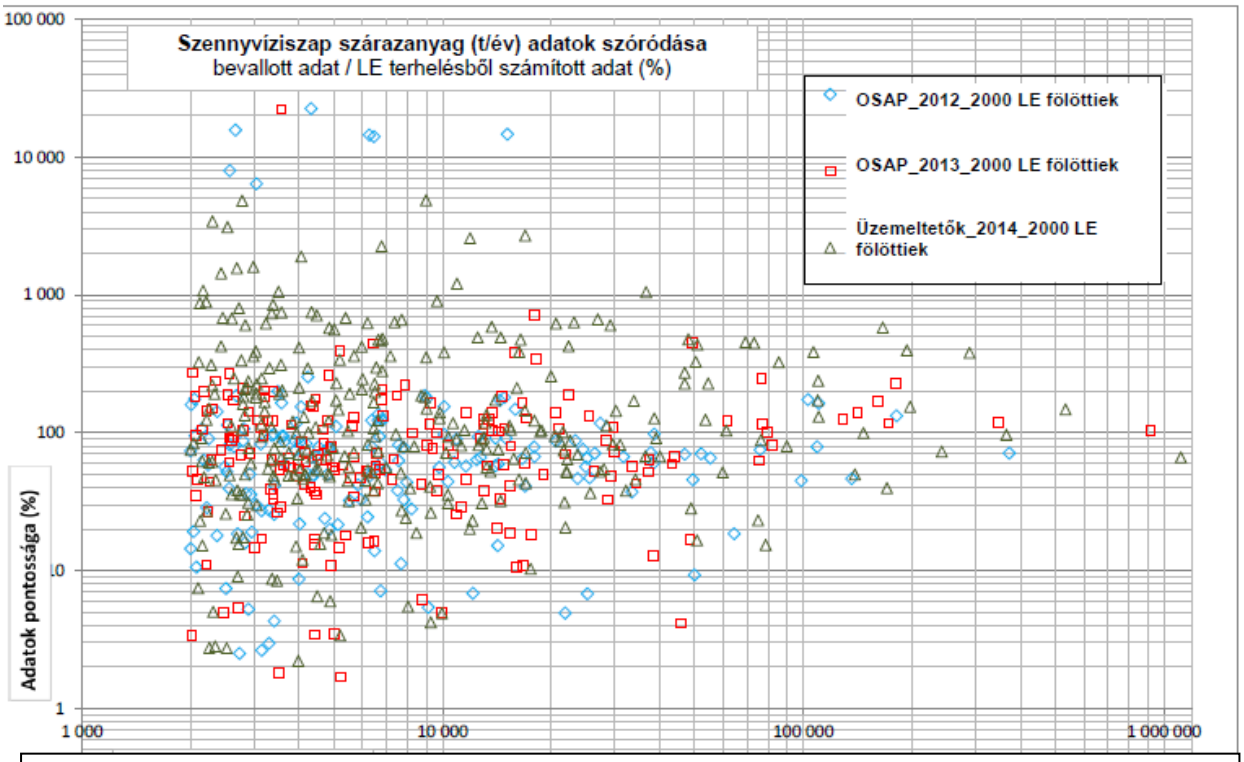
Megjegyezzük, hogy a **szennyvíziszappal kapcsolatos uniós jogszabályi rendszer is sok kívánni valót hagy maga után**, amint ezt elismerte az EU által finanszírozott szennyvíztelepi korszerűsítések vizsgálatáról szóló jelentésében az európai számvevőszék:

[5] A számításnál a szennyvíz szárazanyag tartalmát 0,05%-nak vettük, az iszapot fölös és eleveniszap keveréket feltételezve 2,5% szárazanyag tartalommal kalkuláltuk.

[6] Hazánkban nem vagyunk szűkében a stratégiáknak. A szennyvíziszap stratégia mellett, van hulladék stratégia (amelynek része a szennyvíziszap is, noha nem ugyanazt tartalmazza, mint a szennyvíziszap stratégia) aztán van vízstratégia és külön Duna régió stratégia, van a homokhátságra vonatkozó jó néhány kidolgozás, van energia stratégia és külön megújuló energia stratégia, környezetvédelmi stratégia. A felsoroltak mindegyikének valamilyen szinten része a víz, a szennyvíz, a szennyvíztisztítás, így a szennyvíziszap is. Az egyes stratégiákban azonban a tennivalók nem ugyanúgy vannak meghatározva, továbbá a hatályos jogszabályaink nem egyszer ellentmondanak a kitűzött stratégiai célnak. Így aztán a települési fejlesztési tervek készítői tetszőlegesen „szörfözhetnek” a stratégiák célkitűzései között. Minden célkitűzésre és ellenkezőjére is könnyen találnak stratégiai célt vagy jogszabályt.

„A 2014-es értékelés következtetése szerint a szennyvíziszapról szóló irány-elv <u>relevanciája jelenlegi formájában kétséges.</u> Az eltelt közel 30 év alatt sem történt meg az irányelvben foglalt előírások és követelmények felülvizsgálata és aktualizálása." (24. Hivatkozás)

Az Európai Számvevőszék megállapítása hazánkban is megállja a helyét. **<u>Egyáltalán nem rendelkezünk megbízható szennyvíziszap kataszterrel</u>**. Már a szennyvíziszap stratégia készítői is elismerték, hogy a tisztítótelepek által szolgáltatott adatok megbízhatatlanok.
„A telepeken keletkező éves iszaptömegre vonatkozó adatszolgáltatások és adatbázisok ellentmondásokkal és pontatlanságokkal terheltek.



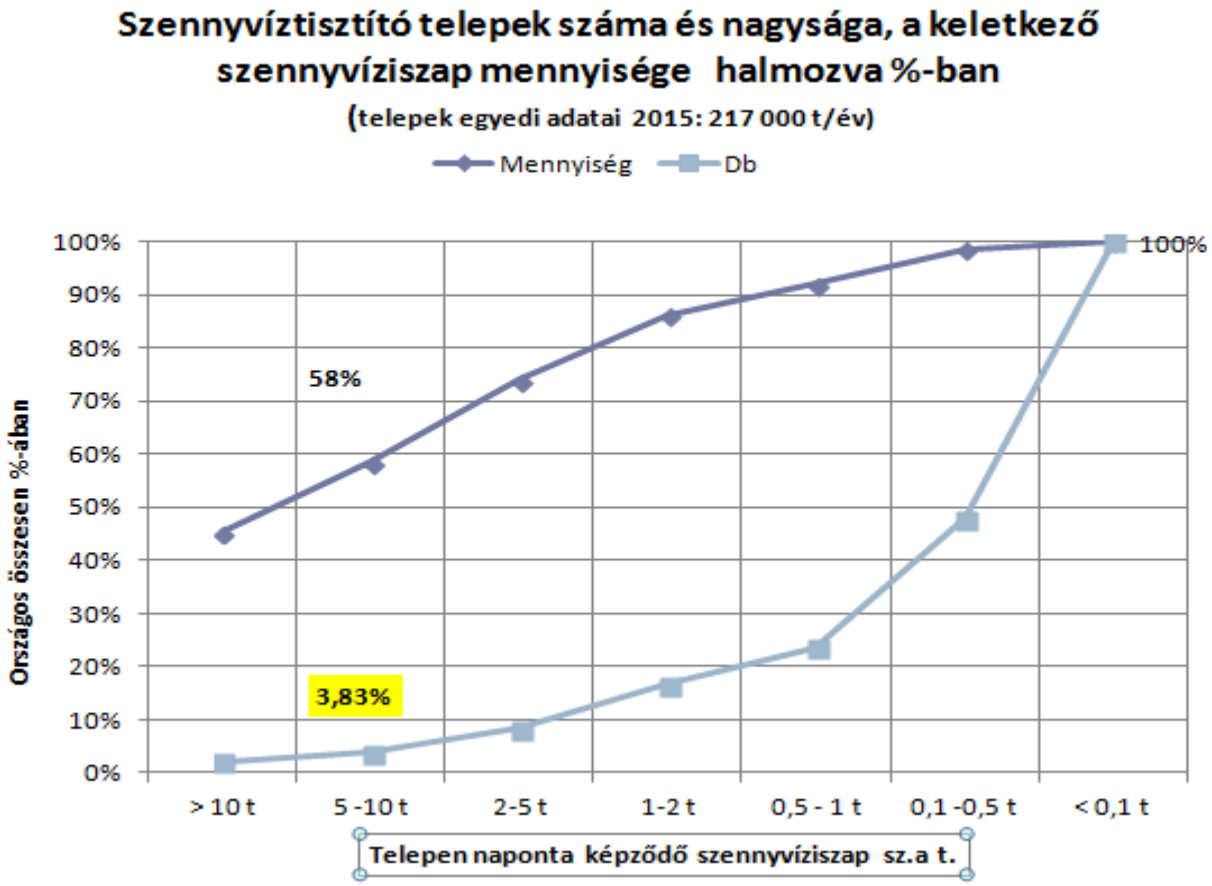
14. ábra: A szennyvíziszapok szárazanyag tartalmának szóródása. (Átvéve a szennyvíziszap stratégiából)

Az adatok szórásának vizsgálatakor ezt a fajlagos értéket vettük 100%-nak. Ettől az értéktől számos okból keletkezhet eltérés, pl. az egyesített rendszereknél a felszínről bemosódó szervetlen szennyezések nagymértékben növelhetik a keletkező iszap száraz-anyag tömeget, az anaerob iszapkezelés számottevően csökkenti az iszap szárazanyag szerves hányadának tömegét, stb. Ezek figyelembe vétele érdekében, korrektnek fogadtunk el minden olyan szolgáltatói-, vagy nyilvántartási adatot, amely a számított érték 50% és 200%-a közé esik. A többi adat korrekcióra szorult. Jellemző a helyzetre, hogy egyes adatoknak az elméleti értékhez viszonyított nagy szórása miatt az előző ábrán az adat-felhőt ***logaritmus léptékben***

kellett ábrázolni, mert néhány kirívó esetben két nagyság-rendű eltérések ***(100-200 szoros értékek) is adódtak****!"*

Egyáltalán nem tartjuk megnyugtatónak, hogy a fejlesztési célokat is meghatározó stratégia ilyen megbízhatóságú induló adatokra alapozódik.

Ma Magyarországon 700 szennyvíztisztító telepen folyik a mintegy 600 millió m^3 települési szennyvíz befogadása, és tisztítása[7]. A tisztítás során elméletileg 210 -230 000 t szennyvíziszap keletkezik,



15. ábra: A szennyvíztelepek megoszlása a naponta keletkező iszap mennyisége szerint

(szárazanyagban számolva) Ez évente 1,1 -1,4 millió tonna víztelenített (20% szárazanyag tartalmú) iszapot jelenthetne. A 15. ábrán látható, hogy az összes képződő iszap 58%-a a telepek 3,8%-án – 30 telepen keletkezik. A kisebb telepek egy részénél azonban még víztelenítő berendezés sincsen, így ott csak legfeljebb valamilyen nyers iszap keletkezhet, amelynek további sorsa ismeretlen.

A 30 nagy telepen viszont az iszapból (annak legnagyobb részéből) biogázt állítanak elő, így ott csak fermentációs maradvánnyal számolhatunk. Ennek

[7] Megjegyezzük, hogy ez tájékoztató adat. A KSH és szövetség által nyilvántartott adatok között ugyanis 100 millió m^3 eltérés van.

szárazanyag tartalma 30-35%-al kisebb, mint a fermentorokba bevitt szennyvíziszapé.
Valójában tehát a szennyvíziszap rendelkezésre álló mennyisége – még akkor is, ha ebbe a fermentációs maradványt is bevesszük – jóval kisebb annál, mint amennyivel a szennyvíziszap stratégia számol.

4.1. Valójában mi is a szennyvíziszap ?

A szakma mindeddig a szennyvíziszapot a szennyvíztisztítás hulladékának tartotta. Ezt következők szerint szokták meghatározni:
*„A **szennyvíziszap** a szennyvíztisztítás legnagyobb mennyiségben keletkező hulladéka, elhelyezése gond. Összetétele miatt hasznosítható energiaforrásként (biogáz előállítása), emellett a mezőgazdaságban trágyaként (engedéllyel); rekultivációra, vagy tüzelőanyagként. Hulladéklerakóban elhelyezése kevésbé előnyös." /**Wikipédia/***

Ez a meghatározás egyértelműen hulladéknak minősíti a szennyvíziszapot. Figyelemre méltó, hogy magába foglalja – ha nem is teljes körűen – a lehetséges hasznosítási módokat is.

Hulladék definíciója a hulladéktörvény szerint:
„hulladék: bármely anyag vagy tárgy, amelytől birtokosa megválik, megválni szándékozik vagy megválni köteles." /12:2012. évi CLXXXV. Törvény a hulladékról/

Eddig rendben is lenne, hiszen a kérdéses anyag birtokosa – nem kétséges – a szennyvíztisztító telep, hiszen a szennyvíztisztítás során ez keletkezik, és kénytelen ettől - az eredeti tömeg mintegy 2%-át kitevő számára haszontalan anyagtól valamilyen módon megszabadulni.

Mivel a szennyvíziszap folyamatosan – növekvő tömegben – keletkezik, speciális és mindenképpen környezeti kockázatot tartalmazó anyag, szükség volt az elhelyezését illetve hasznosítását részletesen szabályozni. Ezt tette és a 50/2001 (IV.3) Kormányrendelet/ 11. Hivatkozás/:
*„Iszap: a települési szennyvíz tisztítása során keletkező és az ehhez hasonló összetételű szennyvizeket kezelő egyéb szennyvíztisztító művekből, szennyvízkezelő berendezésekből származó iszap és a települési folyékony hulladék" (3**§a.)***
Látható, hogy ez a kormányrendelet is a szennyvíziszapot egyértelműen folyékony hulladékként definiálja.

A hozott – ma is hatályos – jogszabályok alapján a szakhatóságok eleget téve a kötelezettségüknek a szennyvíziszapot besorolták a megfelelő hulladék-kategóriába. A szennyvíziszapra vonatkozóan három hulladék besorolást is találunk:

„Szennyvizekből keletkezésük helyén származó iszap: EWC kód 0605
Települési szennyvíz tisztításából származó iszapok: EWC kód 190805
Hulladékok anaerob kezeléséből származó hulladékok: EWC kód 1906"

/14. Hivatkozás/

Látható, hogy a besorolás szerint még a – sok közleményben ártalmatlanításnak illetve hasznosításnak minősített anaerob kezelésből (anaerob rothasztásból) származó biogáz előállítás maradványa is egyértelműen hulladéknak minősül.

Az eddigiekből kiderül, hogy minden e témában született és hatályos jogszabály **a szennyvíziszapot és hasznosítása utáni maradványokat hulladéknak minősíti** elfogadva azt is, hogy ez beltartalmától függően a környezetre káros hatású is lehet.

Az eddigiekkel szemben a szennyvíziszap stratégia első bekezdése a következő:

„Magyarország az elmúlt években magas szinten igyekezett eleget tenni nem csak az Európai Uniós tagállami kötelezettségéből fakadó jogharmonizációs elvárásoknak, hanem annak a korszerű környezetvédelmi szempontrendszernek is, amely szerint a szennyvíziszap ***elsősorban nem hulladék, amelyet ártalmatlanítani kell, hanem hasznosítható másodlagos nyersanyag****, illetve megújuló energiaforrás."* /13 Szennyvíziszap stratégia/

Arról van tehát szó, hogy az idézett stratégia felfogásában ellentétes minden ma hatályos a témát érintő jogszabállyal. Ezek után nem lehet csodálkozni azon, hogy a témában megjelenő tanulmányok, közlemények szélsőségesek. Az egyik szélsőség szerint a szennyvíziszap a „mezőgazdaság aranya" (ez van többségben) a másik szélsőség pedig az, hogy a szennyvíziszap mezőgazdasági felhasználása életveszély. Nyilván a valóság valahol a kettő között van.

4.1.1. Mi van a szennyvíziszapban

<u>A szennyvíztisztítás célja</u>

A szennyvíztisztítás céljaként – a fellelhető definíciók többsége – azt határozza meg, hogy a szennyezőanyagokat a szennyvízből valamilyen módon olyan mértékbe eltávolítsa, hogy az így megtisztított víz már károsító hatás nélkül a befogadóba visszavezethető legyen. Erre néhány példa:

„A befogadó lebontó képességét meghaladó szennyezés szükséges mértékű visszatartása, szilárd formában elkülönítése (szennyvíziszap).”/Wikipédia/

„A szennyvíztisztításnak a feladata, hogy megfelelő minőségű tisztított szennyvizet bocsásson a befogadóba. Azzal annak a biocönozisát kedvező irányba alakítsa, vagy stabilizálja. A vízi életet, a halászatot minden további problémától mentessé tegye. Az adott víztestekben ne okozzon sem oxigénhiányt, sem eutrofizációt (foszfor, vagy nitrogén túlterhelést). Ne juttasson be a víztestekbe olyan kritikus szerves anyagokat sem, melyeket a vízi szervezetek akkumulálhatnak, felhalmozhatnak, s ma még ismeretlen, csak hosszabb idő után jelentkező károkat okozhatnak” (Benedek- Valló, 1982; Benedek, 1990). /16. Hivatkozás/

Tartalmilag ilyen és ehhez nagyon hasonló feladat meghatározást nagyon sok szerzőnél megtalálunk. Mondhatjuk, hogy a szerzők döntő többsége – annál is inkább, mivel a meglévő szennyvíztisztító telepek majd mindegyike ilyen – ***csak a tisztított víz befogadóba való visszavezetését tudja elképzelni.*** Ebből következik, hogy feladatként a tisztított víz paramétereit (követelmény) a befogadó öntisztuló képességének függvényébe kell meghatározni. Ha ez nem biztosított, úgy a befogadó el fog szennyeződni.

Mindenki által ismert, hogy a talaj többszörös mennyiségű szennyezőanyagot képes ártalmatlanítani, mint az élővíz. Ezért is jelölik meg a szennyvíztisztítás hulladékának elhelyezési lehetőségeként a talajt.

Ezek után kérdezhetjük azt is, hogy nem lenne e egyszerűbb és főleg olcsóbb, ha egy alacsonyabb tisztítási fokozatú szennyvizet, (ami elsősorban fertőtlenítés) öntöző vízként azonnal a talajra vinnénk?

Ez a lehetőség – bár perifériku**sa**n – de megjelenik **Kárpáti Árpá**d által megfogalmazott tisztítási cél meghatározásban.

„A közcsatornával gyűjtött szennyvizeket általában a szennyvíztisztítóban történő kezelést követően a legközelebbi befogadóba, patakba, folyóba, tóba bocsátják. A szennyvíztisztító feladata, hogy a befogadókat védje a szennyezések hatásától. Kisebb szennyvíztisztítók esetén, ahol nincs befogadója a tisztított szennyvíznek azt valamilyen módon a környező talajba helyezik. Kedvező esetben ez olyan tisztított víz újrahasznosítás lehet, amire a jövő drasztikusabb klímaváltozása esetén komoly szükség lehet a Kárpát medencében.” /15. hivatkozás/

A szennyvíz tisztítás célját ma – mondhatjuk kivétel nélkül - abban látják, hogy a „befogadóba” visszatáplált víz ne okozzon abban károsodást. Így fogalmaznak az Európai Unió dokumentumai is:

Települési szennyvíztisztító telep:
„olyan tisztítási eljárások sorozatát biztosító infrastruktúra, amelynek az a célja, hogy a befogadó vizekbe történő kibocsátást megelőzően a beérkező települési agglomerációs szennyvíz szennyezettségét megfelelő szintre csökkentse.”/17. Hivatkozás/

Az egyes szennyvíztisztító telepeken különböző technológiákat alkalmaznak[8] ugyan, de a végeredmény mindegyiknél az, hogy a telepre befolyó 0,04-0,06% szárazanyagot tartalmazó szennyvízből fizikai, kémiai és biológiai eljárásokkal ennek minél nagyobb hányadát leválasszák**. A folyamat végén visszamarad a 2 – 3,5% szárazanyag tartalmú szennyvíziszapnak nevezett szubsztrátum, amely a szennyvízhez viszonyítva 60 – 70 szer koncentráltabban tartalmazza mindazt, ami a szennyvízben eredetileg benne volt.** Megjegyezzük, hogy a szennyvízben az eredetileg oldott állapotban lévő anyagok jelentős része az iszapban már vízben oldhatatlan vegyületekké alakult át.

A szennyvíziszapok összetétele általánosságban a **2. táblázat** szerint jellemezhetők

2. táblázat	**A szennyvíziszapok általános összetétele**	
Hasznosítható anyagok	*Iszapvíz*	szabad vagy könnyen eltávolítható iszapvíz (70%)
		kapilláris víz (20 %)
		pehelyrészecske nedvesség tartalma (2 %)
		sejtben kémiailag kötött víz (8 %)
	Aprított, őrölt ásványi részecskék	finom és durva homok
		egyéb szemcsés anyagok
	Szerves anyagok	széntartalmú maradék anyagok
	Tápanyagok	N
		P
		K
	Nyomelemek	fémes elemek, szerves vegyi anyagok
Hasznosítást gátló (kockázati tényezőt növelő) anyagok	*Mérgező anyagok*	nehézfémek (Cd, Cr,Cu, , Hg, Ni, Pb, Zr)
		egyéb toxikus anyagok (As, Mo, Se, stb..)
	Patogének	baktériumok
		vírusok
		paraziták
		gombák
	Antropogén anyagok	gyógyszer maradványok, kozmetikumok, stb…

[8] E technológiák ismertetése nem témája e dolgozatnak, mivel ez a sorozat más helyén már megtörtént.

Forrás: Dr. Juhász Endre 2015.10.15 NKE.előadás

Mivel a szennyvíziszapban sokféle összetevő van, amelyeknek környezetre gyakorolt hatása ellentétes, annak hasznosítási lehetőségét nem lenne helyes egyik vagy másik összetevő kiemelése alapján szorgalmazni, vagy elvetni. Az egyes szennyvíziszapok összetételében nagyon nagyok lehetnek a különbségek, sőt ugyanazon tisztítóból származó iszap időszakosan eltérhet. A szennyvíziszap mezőgazdasági felhasználhatóságának elbírálásakor a nehézfémek és egyéb mérgező elemek vizsgálata ma már – ha nem is kellő sűrűséggel – de általános. Kevesebb figyelmet kapnak azonban a patogén szervezetek és különösen azok szaporító anyagai, noha erre a témával foglalkozó szerzők többsége felhívja a figyelmet:

A települési szerves hulladékban megtalálható patogén kórokozók; a vírusok és a paraziták (bélférgek és protozoák). Az előbbi kategóriákon belül a különböző szervezetek százai találhatók meg a települési szennyvízben. A szennyvíziszapban mindazok a kórokozók megtalálhatók, mint ami a szennyvízben és ez potenciális veszélyként jelentkezik a szennyvíziszap felhasználása során. A szennyvíziszap hasznosításánál mindig számolni kell a ***Szalmonellával.***

„A szennyvíziszap több komponensű anyag. A szárazanyag nagy része szerves anyag (50-60%).

A szennyvíziszapban megtalálhatók: szerves szennyező anyagok, nehezen lebomló szerves szennyező anyagok, mikrobiológiai szennyezők, fertőző anyagok, szervetlen szennyező anyagok. Ezeket megfelelő tisztítási/ártalmatlanítási eljárásoknak kell alávetni, hogy a szennyvíziszap felhasználása ne okozzon ökológiai katasztrófát.

A makro elemek (N, P, K) 0,2-1,5%-ban találhatók benne. Ezek az anyagok jól hasznosíthatók a tápanyag-gazdálkodásban. A talajerő-gazdálkodási hasznosítás gátja a nehézfémek és poliklórozott szénhidrogének." /17. Hivatkozás/

A szennyvíziszapban lévő szabad víz, a növényi tápanyagok valamint a növények számára szükséges esszenciális nyomelemek – annak mezőgazdasági célú felhasználása esetén nyilvánvalóan értéket jelentenek. A mérgező anyagok (nehézfémek és egyéb toxikus anyagok), a patogének valamint az antropogén anyagok viszont mindenképpen kockázati tényezőt jelentenek. Noha a hazai törekvés – lásd az elfogadott „szennyvíziszap stratégiát" – preferálja a szennyvíziszap mezőgazdasági felhasználását, a hatályos 50/2001 (IV.03) Kormányrendelet /11. hivatkozás/ tételesen meghatározza, hogy milyen feltételeknek kell megfelelni a mezőgazdasági célra felhasználható

szennyvíziszapnak. Megjegyezzük, hogy elkészült eredeti stratégia e feltételek liberalizálását tartja szükségesnek.

A hazai szennyvíziszapok többsége – összetétele alapján – megfelel a hivatkozott rendeletben meghatározott feltételeknek. A benne lévő nehézfémek határértéken belül vannak.(Példaként lásd a **3. táblázatot**)

A szennyvíziszapok – változó mennyiségben ugyan – de mindig tartalmaznak a növények számára hasznos makró tápanyagokat is. Ezeket az értékeket a példában, szereplő vizsgálatban a **4. táblázat** tartalmazza

3. táblázat: Az egri szennyvíziszap vizsgálati eredményei 2016

Az elem megnevezése	Mért érték	Határérték
	mg/száraz a. kg	
Összes arzén	5,04	**75,00**
Összes réz	211,20	**1 000,00**
Összes cink	654,10	**2 500,00**
Összes kadmium	0,48	**10,00**
Összes ólom	22,79	**750,00**
Összes nikkel	12,60	**200,00**
Összes króm	20,92	**1 000,00**
Összes higany	1,50	**10,00**
Összes szelén	2,34	**100,00**
Összes kobalt	1,87	**50,00**
Összes molibdén	5,79	**20,00**

Ezek kétségtelenül értékesek lehetnek a mezőgazdasági termelés számára. Szükséges azonban megjegyezni, hogy ez a vizsgálat salétromsavas oldással készült, tehát nem feltétlenül oldhatók vízben, így semmiképpen nem jelet a növények számára azonnal felvehető tápanyag mennyiséget.

4. táblázat: Az egri szennyvíziszap vizsgálati eredményei 2016

Az elem	Mért érték	
	mg/száraz a. kg	Sz.a %-ában
Összes Nitrogén	1 290,00	**0,13%**
Összes Foszfor	12 923,80	**1,29%**
Kálium	5 585,00	**0,56%**
Kalcium	164 536,00	**16,45%**

A szennyvíziszapban található nehézfémek és egyéb vizsgált káros anyagok mellett egyre többen hívják fel a figyelmet a nem vagy csak esetenként vizsgált gyógyszer és hormon maradványok által okozott potenciális veszélyre.

Mindezekkel együtt az eddig megjelent – a szennyvíziszap felhasználhatóságával foglalkozó – tanulmányok nagyobb hányada szerint a szennyvíziszap talajerő visszapótlásra alkalmas anyag, amely részben pótolhatja az állatállomány jelentős csökkenése miatti istállótrágya hiányát.

Ennek következtében (az eredeti) szennyvíziszap stratégia is a szennyvíziszap, illetve szennyvíziszapból készített termékek (komposztok, termésnövelő

anyagok) mezőgazdasági felhasználását szorgalmazta. (1,5 – 2 millió ha – ban jelölte meg az erre alkalmas szántóterületet. **Megjegyezzük, hogy Európa egyes országaiban kategórikusan tiltott a szennyvíziszap mezőgazdasági felhasználása. Azt is hozzá kell tenni, hogy a mezőgazdasági termelők többsége idegenkedik a szennyvíziszap felhasználásától.**

4.1.2. A szennyvíziszap ártalmatlanítási és hasznosítási lehetőségei.

Napjainkban – 2017. május – a korábban készült szennyvíziszap stratégia újbóli áttekintése folyik. Ebben a törekvésben már sokkal differenciáltabban jelennek meg a szennyvíziszap hasznosításának lehetséges és ajánlott módszerei:

> *„Álláspontunk szerint a mezőgazdasági felhasználás stagnálását előirányzó II. szcenárió feltételezése reális, mivel a mezőgazdaságban hasznosított mennyiség növelésére nem látunk esélyt, tehát az égetési célú hasznosítás lehetőségeinek kiépítése, bővítése szükségessé válik. Az FM álláspontja szerint bővülésre lehetőség a mezőgazdasági hasznosítás területén nincs mód, ezért nem értenek egyet a mezőgazdaságban hasznosított szennyvíziszap mennyiség növelésével, javasolják az arányt az energetikai hasznosítás irányába eltolni. A termék- komposzt felhasználás aránya a jelenlegihez képest növelhető, így a II. szcenárió több szempontból is megfelelő.*
> *Az égetési célú hasznosítás lehetőségeinek megteremtéséhez együttműködési megállapodások elősegítése szükséges az energia szektor szereplőivel, továbbá a 2021. utáni időszakban forrásigényt jelentenek a beruházások.*”

Ennek, az új felfogásnak valamint az EU körforgásos gazdaságról szóló állásfoglalásának tükrében (18. Hivatkozás) A szennyvíz és szennyvíziszap lehetséges hasznosítási módjai az alábbiak lehetnek:

A.) A **szennyvíziszap mezőgazdasági célú hasznosítása:**

a. Talajba történő injektálás
b. Mechanikai víztelenítés és stabilizálást követően közvetlen kijuttatás
c. Adalékanyaggal való keverés és ezt követő komposztálás, a komposzt „szerves trágyaként” való felhasználása

B.) A szennyvíziszap energetikai célú felhasználása

a. **Rothasztás** – a képződő biogáz energetikai felhasználása a fermentáció maradványát pedig:
   i. Mezőgazdasági célra hasznosítani
      1. Injektálással talajba juttatni
      2. Mechanikai úton vízteleníteni, stabilizálni, majd közvetlenül kijuttatni.
      3. Adalékanyaggal komposztálni és a komposztot szerves trágyaként használni.
   ii. Vízteleníteni, szárítani, majd megfelelő berendezésben elégetni, egyedül, (monoégetés) vagy más hulladékkal (RDF) keverve elégetni. (Az utóbbi esetben már felhasználható energia is keletkezik)

b. Szennyvíziszap égetés:
   i. Monoégetés: Ebben a formában kinyerhető nettó energia nem keletkezik, mivel az előzetes szárítás az égetésnél keletkező energiát felemészti viszont:
      1. Van lehetőség a hamuban jelenlévő foszfor visszanyerésére és annak mezőgazdasági felhasználására
   ii. A TSZH szerves maradványával való együttégetés.
      1. Mivel itt szárítani nem szükséges többlet energia mindenképpen keletkezik.
      2. A hamu –ártalmatlanítás utáni - mezőgazdasági felhasználhatósága (termésfokozó anyagként) valószínűsíthető.

C.) A részlegesen tisztított szennyvíz, öntözésre való felhasználása.

A lehetséges módszerek között értelemszerűen nem szerepel a lerakás, mert az nem felhasználás, és minimalizálni szükséges. Nem szerepeltettük az erőművekben és cementgyárakban való „együttégetést” sem. Ezek ugyanis „hulladék státuszban” lévő szennyvíziszapot egyáltalán nem fogadnak. Néhány % -ban a tüzelő anyagukhoz tudnak keverni „szennyvíziszap komposztot” (Ezt teszik néhol ma is.) A szennyvíziszapot előzetesen adalékanyaggal és jelentős egyéb ráfordítással (emisszióval) komposztálni, majd ezt elégetni, minden logikának ellentmond, és teljesen felesleges „pénzkidobás” és energia felhasználás. Szerintünk komposztálni csak annyi szennyvíziszapot szabad, amennyit a mezőgazdaság ténylegesen fel is használ.

A felsorolásban viszont megjelentettük a nagyon ritkán emlegetett részlegesen tisztított szennyvízzel való öntözést, mint felhasználási lehetőséget. Ezzel a lehetőséggel kevesen foglalkoznak,(1,2,3 hivatkozás) és még kevesebb – legalább is Magyarországon – ennek gyakorlati megvalósítása. A jövőben azonban a várható klímaváltozás miatt ennek jelentősége és szükségessége meg fog növekedni. Ezt tükrözi az EU körforgásos gazdaságról szóló állásfoglalása, amelynek lényeges eleme a víz visszanyerése is.

A szennyvíz és a szennyvíziszap, valamint az abból származó készítmények egyes felhasználási módjai hatásának elemzésénél annak összetétele mellett vizsgálni kell a koncentrációt is.

Minden, az emberek által elfogyasztott, vagy felhasznált anyagot (és energiát) a környezetünkből vesszük el. A felhasználási ciklus végén – hosszabb, rövidebb idő elteltével – az oda is kerül vissza. A problémát (szennyezést, illetve károsítást) az okozza, hogy nem oda, és nem olyan koncentrációban adjuk vissza a természetnek az elhasznált anyagokat, mint ahonnan, és amilyen mennyiségbe elvettük. (Ha 1 kg sót feloldunk 1 m^3 vízben és azt kipermetezzük 1 ha területre ott semmilyen kár nem fog keletkezni. Ha azonban ezt az 1 kg sót 10 m^2 területen szétszórjuk azt a területet alkalmatlanná tettük mindenféle termelésre.) Ez igaz a szennyvíziszap-ra is.Tekintsük az **5. táblázatot**.

5. táblázat: Szennyvízből illetve iszap és iszapkészítményből 1 ha.- ra kivihető maximális mennyiség az 50/2001 korm. rendelet alapján

Megnevezés	Szárazanyag %	Koncentráltsági szorzó	10 t/év sz.a.-t feltételezve 1. ha ra kivihető t/év
Szennyvíz	0,05%	1	20 000,00
Nyers (fölös/eleven) szennyvíziszap	3,50%	70	285,71
Víztelenített szennyvíziszap	20,00%	400	50,00
Szennyvíziszap komposzt	75,00%	1 500	13,33
Szárított szennyvíziszap	95,00%	1 900	10,53

Szennyvízből – a határértékig – kiöntözhetnénk akár 20 000 m^3 – t egy hektárra (2 000 mm csapadéknak megfelelő) a határérték túllépése nélkül.
Ezek után tekintsük az egyes lehetséges hasznosítási módokat.

4.2. A szennyvíziszap mezőgazdasági hasznosítása.

A szennyvíziszap mezőgazdasági területen való felhasználásának szabályait az 50/2001. (IV. 3.) Korm. rendelet határozza meg. A rendelet rögzíti a szennyvíz, szennyvíziszap, és szennyvíziszap készítmények felhasználásának alapvető elveit az alábbiak szerint.

„A rendelet szabályozza a szennyvízelvezető művel összegyűjtött és szennyvíztisztító műben tisztított szennyvíz, illetve iszap és kezelt iszap, ideértve a szennyvíziszap komposzt mezőgazdasági területre történő kijuttatását, illetve felhasználásának szakmai feltételeit, ideértve a gyűjtött és kezelt települési folyékony hulladékok mezőgazdasági felhasználásának feltételeit is.

A szennyvíz, szennyvíziszap és szennyvíziszap komposzt mezőgazdasági felhasználása engedélyhez kötött tevékenység*, amit a talajvédelmi hatáskörében eljáró megyei kormányhivatal talajvédelmi feladatkörében eljáró megyeszékhely szerinti járási hivatala (a továbbiakban: talajvédelmi hatóság) engedélyez.*

A szennyvíz, szennyvíziszap és szennyvíziszap komposzt mezőgazdasági felhasználása adott mezőgazdasági területre ***legfeljebb ötéves időtartamra engedélyezhető.***

A talajvédelmi hatóság határozatában csak a földhasználó hozzájárulásával felhasználásra tervezett területre engedélyezi a szennyvíz, szennyvíziszap vagy szennyvíziszap komposzt kijuttatását, és egyidejűleg előírja annak feltételeit. ***Ha a föld használója és a tulajdonosa nem azonos, akkor a földtulajdonos hozzájárulása is szükséges****."*

Az összes szennyvíz, szennyvíziszap és szennyvíziszap-készítmény (kivéve azokat, amelyeket már előzetesen termékké minősítettek. Az ebből készült termék előállítási, kezelési technológiáját, illetve felhasználhatóságának mikéntjét maga a termékről kiállított dokumentum tartalmazza.) szabályai, mezőgazdasági felhasználása tehát az adott területre szóló engedélyhez kötött.
A rendelet azt is meghatározza, hogy:

- mely területekre nem szabad egyáltalán ezeket a hulladékokat kijuttatni,
- milyen növénykultúrák esetén tilos ezek használata,
- milyen talajtípusokon tiltott a használat,
- az engedély kiadásának feltétele az előzetes talajvizsgálat, és a rendelet a talajra vonatkozóan is tartalmaz egyes anyagokra (nehézfémekre) vonatkozó maximális értékeket.
- ha a talajvizsgálat szerint a talajban – a megadott elemek mennyisége meghaladta az előirtat tilos a további iszap felhasználás,

- a rendelet előírásokat tartalmaz arra is, hogy a felhasználni kívánt
- szennyvíziszapnak milyen paramétereknek kell megfelelni, ahhoz hogy az „felhasználhatónak” minősüljön, (ez természetesen feltételezi a keletkező iszap folyamatos vizsgálatát),
- a fentieken túl a környezetvédelmi hatóság – a vizsgálatok alapján - az engedélyben megadja, hogy a területre mit vihet ki a területre (nyers, vagy víztelenített iszap, szennyvíziszap komposzt, szennyvíz) és abból évente mennyit használhat fel. Továbbá azt is előírja, hogy a földhasználó a kijuttatást követően milyen további műveleteket köteles elvégezni,

A **6. táblázatban** összegeztük a rendelet által meghatározott határértékeket az ott feltüntetett nehézfémekre és egyéb mérgező anyagokra, a szennyvíz, a az engedély tartalmazza azt is, hogy mikor köteles a földhasználó az

6 táblázat: Az 50/2001 rendeletben megadott határértékek és ennek alapján felhasználható mennyiségek

A nehézfém vegyjele	50/2001 rendelet szerinti megengedett káros anyag arányok.					Határértékek és az éves maximum alapján évente felhasználható		
	Talajban	Szennyvíz iszap	szennyvíz komposzt	Szennyvíz mg/l	Évente kivihető kg/ha	Szennyvíz iszap	Sz.iszap komposzt	Öntözés m3/ha
	mg/szárazanyag kg					t/év		
As	15	75	25	0,20	**0,50**	7	20	2 500
Cd	1	10	5	0,02	**0,15**	15	30	7 500
Co	30	50	50	0,05	**0,50**	10	10	10 000
Cr	75	1 000	350	2,50	**10,00**	10	29	4 000
Cu	75	1 000	750	2,00	**10,00**	10	13	5 000
Hg	1	10	5	0,01	**0,10**	10	20	10 000
Mo	7	20	10	0,02	**0,20**	10	20	10 000
Ni	40	200	100	1,00	**2,00**	10	20	2 000
Pb	100	750	400	1,00	**10,00**	13	25	10 000
Se	1	100	50		**1,00**	10	20	
Zn	200	2 500	2 000	5,00	**30,00**	12	15	6 000

szennyvíziszap és a szennyvíziszapból készült komposztra vonatkozóan.

A táblázatban feltüntettük minden nehézfémre vonatkozóan azt a koncentrációt ameddig az adott hulladék még a mezőgazdaságban felhasználható. Megjelöltük azt a mennyiséget is, amennyi az adott káros anyagra vonatkozóan egy évben maximálisan kivihető 1 ha területre. (Ezt is a rendelet határozza meg.)

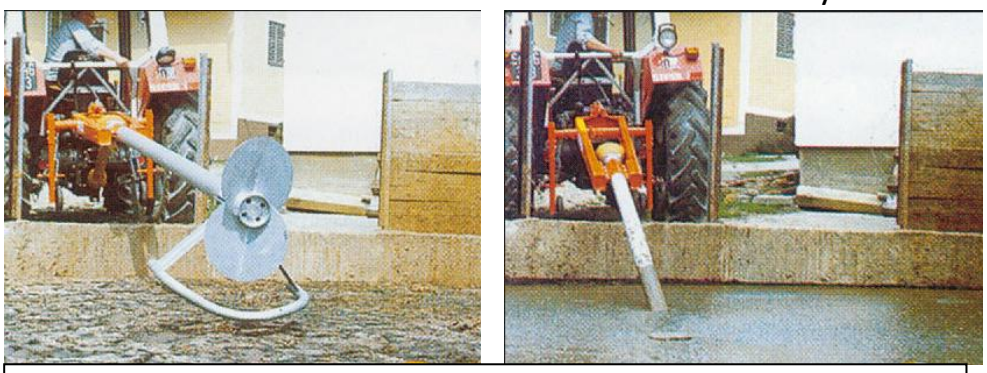
Szemléltetésképpen meghatároztuk, ha az adott anyagban (szennyvíziszap komposzt vagy szennyvíz) minden káros anyag pontosan a határértéknek megfelelő, akkor abból mennyi lenne felhasználható. Nyilvánvalónak gondoljuk,

hogy a hatóság az engedélyben a felhasználható mennyiséget az anyag tényleges összetételéből kiindulva a minimális értékben fogja megadni.[9]
Ezek után tekintsük át az egyes „iszapformák” mezőgazdasági hasznosítását és annak hatásait.

4.2.1. A nyers iszap talajba injektálása.

16. ábra: ideiglenes és végleges szennyvíziszap tároló

A talajba injektálni 5-6% szárazanyag tartalmú szuszpenziót lehetséges. Ennek megfelel a szennyvíztisztító telepeken folyamatosan képződő szennyvíziszap. A talajba való injektálás azonban csak vegetációs időszakon kívül lehetséges.



17. ábra: A tárolt szennyvíziszap egalizálására alkalmas eszköz és az egalizálás hatása a szennyvíziszap állagára.

Ezért a folyamatosan képződő iszapot fél – egy évig tárolni kell. A hosszú tárolás azért is szükséges, mivel – előírás szerint – csak már stabilizálódott szennyvíziszapot szabad a talajba bevinni.

A szennyvíziszap átmeneti tárolására megfelelően szigetelt ideiglenes vagy végleges megfelelő befogadó képességű medencéket kell kiépíteni. Ezeknek a medencéknek – a baleset és fertőzés veszély miatt – csak kerítéssel elzárt területen kell lenniük, lakott területtől megfelelő távolságra (szaghatás). Mivel a tárolt szennyvíziszapban kémiai és biológiai folyamatok is zajlanak, a tárolási idő pedig hosszú, nem kerülhető el a jelentős diffúz emisszió. Itt a széndioxid mellett számolni kell jelentős mennyiségű metán, merkaptán és ammónia kibocsátással is. A megfelelő tárolómedence kiépítése, izolációja, és meglehetősen nagy tömegű anyag (100 – 200 t/ha az engedélytől függően) kiszállítása nem elhanyagolható költséget jelent.

[9] A kijuttatható mennyiség kiszámítási módjára a a 29. Hivatkozásban találhat módszert elérhető: http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0032_kornyezettechnologia/ch09s12.html

A hosszú tárolási idő alatt a szuszpenzió természetesen ülepedni fog, illetve a víznél könnyebb részek a medence felszínén fognak megjelenni. Ezért a kijuttatást megelőzően gondoskodni kell ennek homogenizálásáról. (**15 ábra**) Ehhez vannak megfelelő eszközök.
Az ábrán jól látható, hogy a kezdeti állapotban a felszínen a szilárd anyag darabokba állt össze. A homogenizáló eszköz ezeket a darabokat szétoszlatja és a medence egésztartalma egy sűrű folyadékhoz hasonló lesz.[10]

A következő lépés e szuszpenziót a talaj felszíne alá juttatni. Itt két módszert szoktak alkalmazni. Az egyik az, amikor az iszapot abba a zónába juttatjuk, amelyet a legintenzívebben hálózzák be a haszonnövényeink gyökerei. Ez 13 -18 cm mélyen van. (**18.ábra)**

18. ábra: szennyvíziszap gyökérzónába való juttatására alkalmas injektáló eszköz.

A másik eljárás, ha ezt az iszapot a mélylazítás szintjéig juttatjuk be. Hogy melyik módszert alkalmazzuk, az függ a talaj adottságaitól (termőréteg vastagsága) és a iszapkezelés céljától is. Ha az iszappal közvetlen talajerő visszapótlást akarunk elérni, akkor elegendő azt 13 -18 cm mélyre helyezni. Ha azonban a termőréteget akarjuk „mélyíteni" akkor azt is szükséges ennél mélyebbre helyezni. Persze figyelembe kell venni a talajvíz szintjének mozgását is. Semmiképpen nem lenne célszerű, ha csak rövid ideig is a talajba injektált iszapréteg közvetlenül érintkezésbe kerülne a talajvízzel.
A talaj mély rétegébe való juttatás mélylazítást tételez fel, amelynek köztudottan igen nagy az energia igénye ezt a módszert ritkábban alkalmazzák.
Bármelyik formát is alkalmazzák az injektálás után azonnal gondoskodni kell a talaj lezárásáról.
Injektálás esetén a szennyvíziszap egymástól 50-90 cm –re lévő csíkokba kerül a talajba, tehát nem egyenletesen oszlik el. Mivel a szennyvíziszapban – amely már önmagában is 70- szer koncentráltabb, mint a szennyvíz – a szárazanyag többségében vízben oldhatatlan állapotban van jelen, az hosszú ideig nagy

[10] A nyers iszap hosszú tárolási ideje alatt a tárolómedence mélyebb rétegeiben anaerob körülmények jönnek létre. Itt a metanogén mikroorganizmusok természetesen – a hőmérséklet alakulásának megfelelő intenzitással – „dolgoznak". A képződő metán mikro-buborékokformájában, az anyagban ott van, de mivel a felszínen kialakult egy záró réteg nem tud kijutni. Ez az egalizáláskor azonban megtörténik.

koncentrációban ott fog maradni ahova elhelyeztük. Nem fog a talajkolloidok között a vízzel együtt mozogni. Ebből az is következhet, hogy létrejönnek olyan kisebb területek, ahol az iszapban lévő káros anyagok (ami óhatatlanul előfordul) akár a megengedett érték fölé kerüljenek. Ezért mindenképpen biztosítani kell – ha ezt a módszert több egymás utáni évben is alkalmazzuk – hogy a barázdák (ahova az iszapot injektáltuk) ne kerüljenek azonos, vagy egymáshoz nagyon közeli nyomvonalra. (Ha erre a tábla adottsága lehetőséget nyújt, akkor legbiztosabb, ha az injektálás nyomvonalát az előző évihez viszonyítva 45 fokkal eltoljuk.

4.2.2. A szennyvíziszap víztelenítéséről

A szennyvíztisztításkor elsődlegesen keletkező iszap szárazanyag tartalma maximum 5%. Ez állagában egy erősen viszkózus folyadék. (részben szuszpenzió, részben emulzió.) Ez az iszap tömegét tekintve is jelentős, hiszen a tisztítótelepre befolyó szennyvíz tömegének 0,9 - 1,1%-át teszi ki. (lásd **19. ábra**) Ebben az állapotban nehezen kezelhető. Érthető, hogy ha - amennyiben a továbbiakban ezt nem a talajba való injektálásra tervezik felhasználni - minden tisztítótelepen igyekeznek ennek tömegét „besűrítéssel" (víztelenítéssel) csökkenteni.

19. ábra: Nyers szennyvíziszap

A víztelenítéshez rendelkezésre állnak mechanikai eszközök.(Prések, centrifugák) A szennyvíziszapnál azonban tudni kell, hogy a víztartalmának jelentős része „sejtekbe zárt víz" Ez mechanikai eszközökkel gyakorlatilag eltávolíthatatlan. A tapasztalat szerint a mechanikai eszközökkel való besűríthetőség felső határa 20%.

Nálunk alapvetően kétféle eszköz terjedt el. A szalagprésés a dekanter centrifuga

20. ábra: Szalagprés

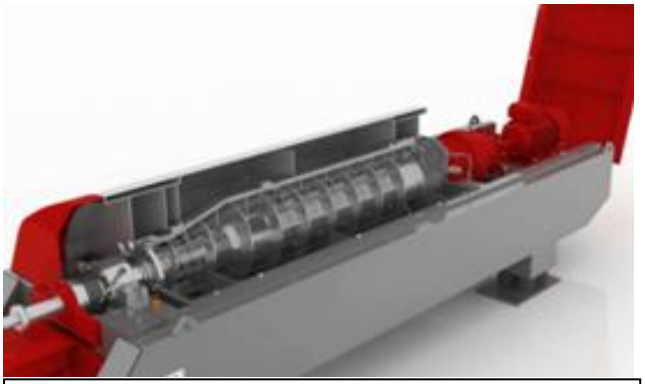
<u>Szalagprés (20. ábra)</u>

Többféle típus létezik. Működési elve azonban mindegyiknek azonos. A szennyvíziszapot két azonos irányba futó, de fokozatosan egymáshoz közeledő görgőkkel feszített gumiszalag közé adagolják be. A fokozódó nyomás hatására a szubsztrátumból a „szabad víz" kicsorog, amit a tisztítandó szennyvízbe

vezetnek vissza. A szalagprésekkel 17-20% szárazanyag tartalomra lehet maximálisan besűríteni a szennyvíziszapot.[11] A szennyvíztisztító telepek többségében az iszap mechanikai sűrítésére ezt az eszközt alkalmazzák, mivel ennek energia igénye a többi – lehetséges – sűrítő berendezéshez viszonyítva a legalacsonyabb és ára is viszonylag alacsony.

Dekanter centrifuga (21.ábra)

Ebből is számos változat és típus van.



21. ábra: Dekanter centrifuga

22. ábra: Víztelenített iszap

A centrifuga egy (gyorsan) forgó dob, ide vezetik be tengelyirányban a sűrítendő anyagot.

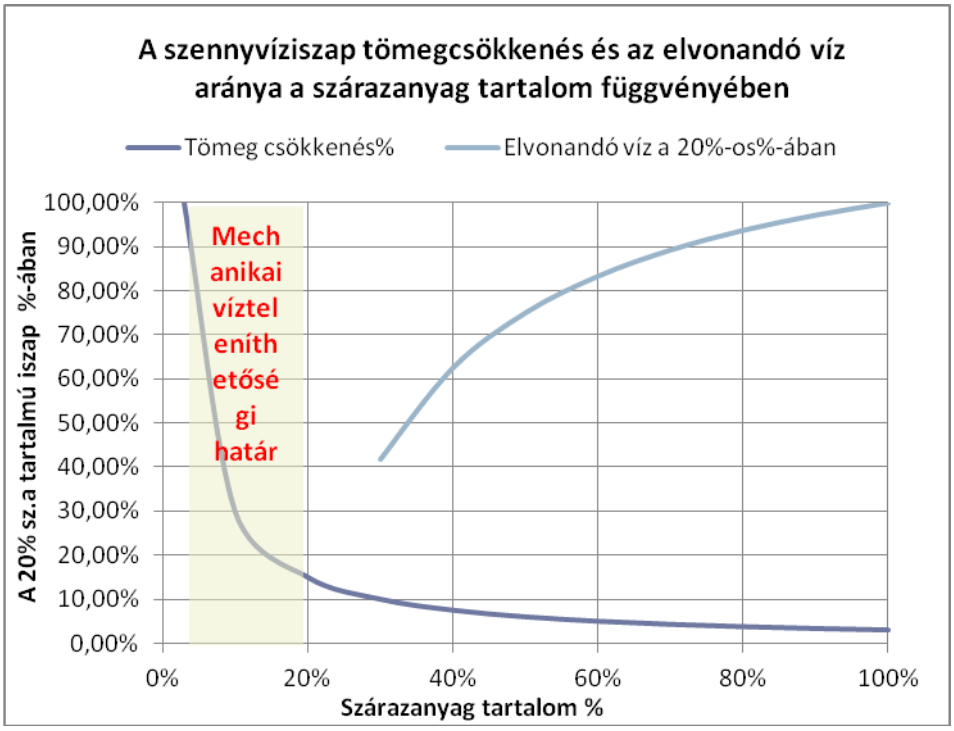
A dob belsejében egy kúposan kiképzett a dobbal azonos irányban, de annál lassabban forgó továbbító csiga van. A víz a forgó dob lyukjain távozik, míg a víztelenített anyag a dob falára szorul fel. A dob másik végén a falról egy megfelelő (kaparó) eszköz szedi le a már besűrített anyagot. Ezzel az eszközzel akkor érhető el nagyon jó sűrítési arány, ha a sűrítendő anyag szuszpenzió. Ebben az esetben akár 50%-os szárazanyag tartalom is elérhető. A szennyvíziszapnál azonban a víz nagy része sejtekbe zárt víz, amelyet ez az eszköz sem képes eltávolítani. A tapasztalatok szerint legfeljebb 1 -2% -al magasabb koncentráció érhető el vele, mint a szalagpréssel. Ez nem ellensúlyozza a lényegesen magasabb fajlagos energia felhasználását és a jóval magasabb árát. Emiatt ezt a berendezést a szennyvíziszap mechanikai víztelenítésére általában nem alkalmazzák.

Jóval elterjedtebben használják a fermentációs maradvány (biogáz üzemekbenmechanikai víztelenítésére. A fermentáció alatt a növényi sejtfalak jelentős része felbomlott, abból a centrifuga már el tudja távolítani a vizet, így itt centrifugával akár 10%-al magasabb koncentráció elérhető, mint szalagpréssel.

[11] A besűríthetőség fokozása érdekében általában a szalagprésbe bemenő anyaghoz „pelyhesítő" vegyszert szoktak keverni (flotáció) Enélkül a szalagpréssel elérhető koncentráció általában a 18%-ot nem haladja meg. A tapasztalat szerint a 20% csak flotációval érhető el.

A mechanikai úton víztelenített szennyvíziszap (**20 ábra)** egy „sárszerű” anyag, meglehetősen ragadós, viszont tömegében alig nagyobb a nyers iszap ötödénél. Ennek szállítása már jóval könnyebben megoldható, mint a nyers iszapé. A szennyvíziszap mechanikai víztelenítésének energia igénye alacsony, viszont a sűríthetőségének mértéke felülről behatárolt.

Tekintsünk a **23. ábrára**. A mechanikai víztelenítheté-ség felső határa 20%. Ez a sűrítés viszont a tömeg (és a térfogat) az eredeti 20%-ára csökken le. A további sűrítés (szárazanyag tartalom növelés) már csak jelentéktelen tömegcsökkentéssel járna. Másképpen, ha a víztelenítésnek „csak” a tömegcsökkentés a célja, akkor nem érdemes 20%-nál nagyobb szárazanyag tartalomra törekedni. Ennél nagyobb szárazanyag tartalom már csak szárítással érhető el. A szárításhoz pedig hő szükséges, mégpedig sok hő. (A víz párolgáshője 2,26 MJ/kg) A szennyvíziszap szárítására alkalmas berendezések hatásfoka – a szennyvíziszap sajátos tulajdonsága miatt – meglehetősen rossz. Ezeknek a berendezéseknek a fajlagos hőenergia szükséglete kivétel nélkül 4,5 MJ/víz kg felett van. A 23 ábrán azt is ábrázoltuk, hogy a szárazanyag tartalom növeléséhez a 20%-os iszapban lévő víz mekkora hányadát kellene elvonni.



23. ábra: Szárazanyag tartalom és a tömeg, valamint a vízelvonás összefüggése

Mechanikai víztelenítéssel tehát már egy „kezelhető” tömegű iszaphoz jutottunk. A továbbiakban ezzel a következő történhet:

- Ebben a formában (felhasználási engedéllyel rendelkező) mezőgazdasági, vagy rekultiválandó területre visszük ki;
- Adalék anyaggal (zöld anyag, szalma, tőzeg, stb.) keverve komposztáljuk
- Rothasztóba visszük biogáz előállítási céllal
- Tovább szárítjuk, elégetési, vagy egyszerűen a lerakhatósági célból.

4.2.3. A víztelenített iszap mezőgazdasági felhasználása.

Közvetlen mezőgazdasági felhasználásnak minősül a felsoroltakból a közvetlen kivitel, illetve a komposztálás. (Az utóbbi csak akkor, ha a komposzt ténylegesen mezőgazdasági felhasználásra kerül.)

A szennyvíziszap mezőgazdasági felhasználhatóságának két feltétele van:

- Az iszapban káros anyagok mennyisége (nehézfémek, mérgező anyagok, patogén anyagok) ne haladja meg az 50/201 Korm. rendeletben megjelölt határértékeket. (**6. táblázat**)
- Legyen felhasználási engedéllyel rendelkező mezőgazdasági, vagy rekultivációra kijelölt terület.

Az eredeti, de a módosított „szennyvíziszap stratégia" is a szennyvíziszap hasznosítására vonatkozóan „kívánatosnak" annak minél nagyobb arányú mezőgazdasági célra való felhasználását tartja, mivel szerzői szerint társadalmi szempontból ez a legkedvezőbb.[12] A stratégia is kénytelen hozzátenni, hogy ezt a felfogást a mezőgazdasági termelők (és a földtulajdonosok) többsége nem osztja, így más hasznosítási lehetőség fejlesztése is szükséges.

> *„Magyarországon a települési szennyvíztisztítás szennyvíziszapjainak hasznosításának legnagyobb részét a mezőgazdasági hasznosítás (folyékony, vagy víztelenített szennyvíziszap, illetve – kiemelten - komposzt formájában) és a rekultiváció céljára való hasznosítás (szennyvíziszap, vagy komposzt formájában) teszi ki.*
> *<u>A korszerű mezőgazdasági hasznosítás szinten tartása elsősorban nem a fejlesztést igénylő kérdéseken, hanem szemléletbeli, finanszírozási kérdéseken múlik</u>. Amennyiben a mezőgazdasági hasznosításból (ami társadalmi szinten legkedvezőbb szennyvíziszap gazdálkodási megoldás) és rekultivációból (ami a második legkedvezőbb szennyvíziszap gazdálkodási megoldás) a növekvő hasznosítási igény nem oldható meg, akkor 2023-ig*

[12] E megállapítást a stratégia semmilyen számítással nem igazolta. Megjegyezzük, hogy a mi számításaink, illetve az életciklus elemzéseink sem támasztották alá ezt a megállapítást. Szerintünk találhatunk társadalmi szempontból ennél jóval kedvezőbb – kisebb kockázatot jelentő és nagyobb hasznot hozó – megoldásokat is.

szükségszerűen meg kell növelni a szennyvíziszapok égető művi hasznosítási részarányát. ….”

A szennyvíziszap illetve a szennyvíziszap komposzt mezőgazdasági célú felhasználását a főleg a vízügyi szakemberek, a talajbiológusok nagyobbik része kívánatosnak tartja.

A leggyakoribb érvek:

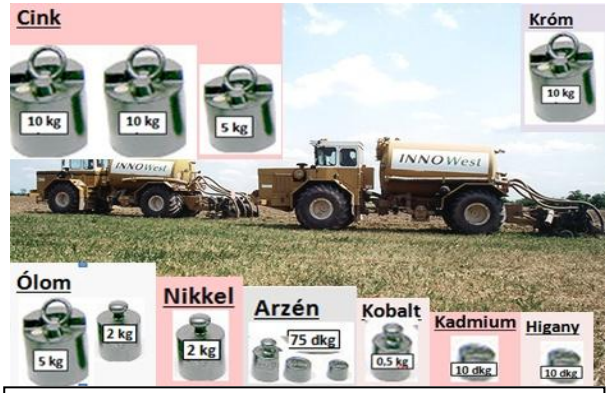
- Az iszapban megtalálható jelentős mennyiségű növényi makro tápanyag. (Ezek mennyiségét szárazanyagra vetítve az egyes források a következő intervallumokban adják meg: N:1-2,2%; P:1,9-2,8%; K:0,3-0,7%)
- A talaj szerves anyag tartalmának növelése
- A talajélet élénkítése
- Mindezek eredményeként jelentős termésfokozó hatás.

Kockázati tényezőként ugyan szinte kivétel nélkül megemlíti a nehézfém tartalmat, illetve a fertőző anyagok esetleges megjelenését.

Mi ezekkel kapcsolatban a következőket jegyezzük meg:

- A makro tápanyagok fent megjelölt mennyiségét erősen túlzónak tartjuk. Ezeket az eredményeket minden bizonnyal salétromsavas kioldással produkálták. A mi vizes kioldással kapott mérési eredményeink szerint – amely a növények szára felvehető mennyiséget jelenti - (2015 Eger) az eredménye: **N:0,13%; P:1,26%; K:0,56%.** (L:4. táblázat)
- Nem vitatjuk a szennyvíziszap szerves anyagot növelő és talajéletet élénkítő hatását.
- Az előnyökhöz még hozzátesszük, hogy a jelentős Ca tartalom, kedvező hatást gyakorol a talaj szerkezetére, és a talajok savanyúságát is csökkenti.

Ami a nehézfémeket illeti azt mi is kockázati tényezőnek tartjuk. Ez a kockázat azonban szerintünk nem elsősorban a talajba jelentkezik. Ezeknek a nehézfémeknek zöme hasonlóan a makro tápanyagokhoz, vízben nem oldódó állapotban vannak jelen. A talajkolloidok felületén is csak részben kötődnek meg. Ebben az esetben viszont jelentős részük végül a



24. ábra:Az 50/2001 rendelet szerint a lehetséges nehézfém terhelés

vízbázisba kerül. Ott viszont komoly problémákat okozhatnak.
Vannak esetek, hogy a szennyvíziszap felhasználásával a talajainkat már komolyabb terhelésnek tesszük ki. Ha pl. olyan szennyvíziszapunk van, amelyben a káros anyagokat a határértéken tartalmazza (tehát még felhasználható) és a maximális mennyiséget ki is visszük, akkor egy év alatt a **24 ábra** szerinti nehézfém mennyiségekkel terheljük talajunkat.

A jelenlegi szennyvíztisztítási rendszer legnagyobb kockázatának mi a gyógyszer és hormon maradványokat tartjuk. Ezeket a mai szennyvíztisztító rendszerek nem tudják kiszűrni. Mivel ma a tisztított szennyvizet a befogadókba visszük vissza, ezek is oda kerülnek, ez által közvetlenül bekerülhetnek a táplálék láncba. Erre utaló nyugtalanító jelekkel már néhol találkozhatunk.

4.2.3.1. A mechanikailag víztelenítet iszap közvetlen mezőgazdasági célú felhasználása.

A mezőgazdaságban csak kezelt iszapot szabad felhasználni melynek definíciója az 50/2001 rendelet szerint az alábbi:

> *„Kezelt iszap (a továbbiakban: szennyvíziszap): biológiai, kémiai, illetve hőkezeléssel vagy más megfelelő eljárással (így különösen szennyvíziszap felhasználásával történő biogáz előállítás, komposztálás révén), továbbá a települési folyékony hulladék, tartós - legalább 6 hónapig tartó - tárolásával vagy kémiai kezelésével nyert olyan iszapok, melyek szennyezőanyag tartalma e rendelet előírásainak megfelel.”*[13]

Eszerint tehát a mezőgazdaságban közvetlenül felhasználni kívánt víztelenített iszapot legalább hat hónapig kell tárolni. (Ebből maximum két hónap lehet az, amikor már a „föld szélére is ki lehet vinni **8. § 3.**) Ez a követelmény a legtöbb szennyvíztisztító telepen problémát okozna. (hely probléma, diffúz emisszió, fertőzés veszély)

A szennyvíziszap tárolási ideje alatt a halom belsejében (anaerob viszonyok miatt) mindenképpen képződik metán, amely szállításkor a levegőbe kerül.

A mechanikailag víztelenített iszap esetében a lehetséges – maximálisan kijuttatható mennyiség 10 t szárazanyag/ha. Ez a mennyiség teljes tömegben 50 t/ha-t jelent. Ekkora mennyiség egyenletes kijuttatása mindenképpen

[13] A definícióval kapcsolatban több észrevételünk is van. Nem határozza meg a hőkezelés fogalmát. A „megfelelő kémiai biológiai vagy más eljárás” megfoghatatlan. A biogáz előállítást itt azonnal olyan kezelésnek veszi, amely azonos értékű az ártalmatlanítással. Ez valójában nem így van.

problémát okoz. Ez ugyanis a műtrágyaszóróknak sok, a trágyaszóróknak viszont kevés.
További problémát jelent a kijuttatásnál a víztelenített szennyvíziszap konzisztenciája. Ennek a ragadós, sárszerű, magas nedvességtartalmú anyagnak az egyenletes kijuttatására alkalmas eszközeink nincsenek. A nem egyenletes kijuttatás pedig egyes foltokban olyan „anyag koncentrációkat" okozhat, amely már kifejezetten károsíthatja a termőtalaj állapotát.
Véleményünk szerint ezt a mezőgazdasági célú hasznosítási módot úgy lenne célszerű kezelni, mint egy nagyon nehezen megoldható (elvileg engedélyezhető) elméleti lehetőséget.

4.3. Szennyvíziszap komposztálás

A szennyvíziszap komposztálásának értelem szerűen a mezőgazdasági felhasználás fejezetben lenne a helye. A témával kapcsolatban, a használt fogalmakban meglehetősen nagy a „változatosság", hogy indokoltnak tartjuk ezzel kapcsolatos véleményünket egyértelműsíteni és pontosan meghatározni. Ezért tettük ezt az egész témát egy teljesen külön fejezetbe. Tudatában vagyunk annak, hogy e törekvéssel nem vagyunk egyedül, hiszen mindenki, aki a „témának" csak közelébe megy, valamiképpen meghatározza ezt a tevékenységet.

Próbáljuk tisztázni az alapfogalmakat:

> *„ Komposzt>>> = különféle szerves anyagból, főleg bomlófélben levő növényi részekből; földből vagy tőzegből és különféle növényi, ásványi és állati anyagok keverékéből álló trágya. /Magyar értelmező szótár/"*

Itt tehát egyértelmű az alapanyag növényi rész. Ezt erősíti meg és viszi tovább Bálint György

> *„A komposzt a kertben termett és a kerten kívül keletkezett szerves anyagok oxigén jelenlétében végbement bomlásának (korhadásának) a végterméke.*
> *Legfontosabb összetevője a humusz, bonyolult vegyi összetételű, organikus képződmény, a talajban élő mikroszervezetek tápláléka, a talaj termékenységének egyik legfontosabb meghatározója." /Bálint György>>/*

Ez a tartalom megmarad a Wikipédián is, noha itt már megjelenik a hulladék kifejezés, de azt tartalmában, csak ártalmatlan konyhai hulladékként értelmezik.

> *„A komposztálódás egy olyan biológiai folyamat, amely a hulladékok, melléktermékek szerves anyagait humuszszerű anyaggá alakítja át. A mezőgazdaságban, különösen a kertészetekben régóta ismert és alkalmazott módszer. A lezajló folyamat a biológiai oxidáció, valamint földlakó élőlények tevékenysége, mely a szerves anyagokat lebontja. A komposztálás a levegő oxigénjével történik, aerob folyamat. A komposztálással keletkező anyagok: széndioxid, valamint ásványi sók, melyek trágyaként használhatók. A folyamat során részben humusz is keletkezik. „/Wikipédia/*
>
> *Itt már megjelenik a hulladék, mint lehetőség, de a későbbiekben – a komposztálható anyagokban:*
>
> *(konyhai hulladékok: gyümölcs, zöldség, kávézacc, teafű; háztartási hulladékok: kezeletlen papír, pamut rongy, kerti egyes egyéb hulladékok: kartonpapír, fahamu, elhervadt virágok megunt növények; növényevő állatok ürüléke.)*

Az eddigiekből az látható, hogy a komposztálás alapvetően a mezőgazdasági (élelmiszeripar és háztartások) szerves eredetű hulladékainak hasznosítására (eltüntetésére) „lett kitalálva". Ezekben a hulladékokban nincsen semmi olyan összetevő, amelynek a termőföldre való kivitele ott bármilyen károsodást okozhatna.

Időközben azonban növekvő mennyiségben jelent meg, olyan hulladék, amely már nem csak ilyen ártalmatlan anyagokat tartalmaz. (A szennyvíziszap, és a települési szilárd hulladék.) Ezek elhelyezése egyre nagyobb problémát okozott. A probléma megoldására való törekvés adta az ötletet e hulladékok komposztálással történő „hasznosítására". [14] Ennek következménye volt, hogy a fogalom-meghatározások „kissé átalakultak".

> ***„A Komposzt*** *olyan szerves trágya, amely szilárd és folyékony szerves hulladék anyagokból, továbbá célszerűség szerint hozzájuk kevert ásványi anyagokból, lebomlási folyamatok útján alakul ki. A komposzt tulajdonképpen „mesterséges" humusz. Sötétbarna színű, erdei talajra*

[14] Persze itt egyéb tényezők is közrejátszottak. Hazánkban például az utóbbi 20 év állatállomány csökkenése és a tartástechnológia változása nagyon jelentősen csökkentette az istállótrágya mennyiségét. Ez már veszélyezteti a talaj szerves anyagának visszapótlását. A talaj szerves anyag tartalmának csökkenése, pedig a termőképesség csökkenésével is jár. Így sokan a kieső istállótrágya mennyiség pótlási lehetőségét látták és látják e hulladékok mezőgazdasági célú felhasználásában.

emlékeztető szagú, a növények számára nélkülözhetetlen tápanyagokat tartalmazó, földszerű anyag."/Zöld kör>>>/

Ezek az „átalakulások" aztán megjelentek jogszabályi szinten is. (Persze ehhez hozzá kell tenni, hogy nem mindig korrektül. Gyakoriak az egyes jogszabályok közötti ellentmondások. És néhol összemosódnak a különbözőségek. Ilyen például, az hogy a jogszabály nem tesz egyértelműen különbséget a zöld hulladékból, a szennyvíziszapból, és a szennyvíziszap fermentációs maradványából készült komposzt között, holott ezek minőségileg mások. Találunk más ilyen példát is.)

*„**Komposzt:** A növények tápanyagellátásának, illetve a talaj tápanyag-szolgáltató képességének javítására szolgáló, szerves, szervetlen és ásványi eredetű anyagokból külön jogszabály előírásainak megfelelő komposztálás útján előállított termésnövelő anyag." /50/2001 (IV.3) Korm.Rendelet)/*

*„**Szennyvíziszap komposzt:** olyan szennyvíziszap, amelyhez az e rendelet előírásainak megfelelő minőség elérése érdekében biohulladékot és ásványi eredetű adalékokat kevertek, és az a külön jogszabály szerinti komposztáló telepen kerül előállításra." /50/2001 (IV.3) Korm.Rendelet)/*

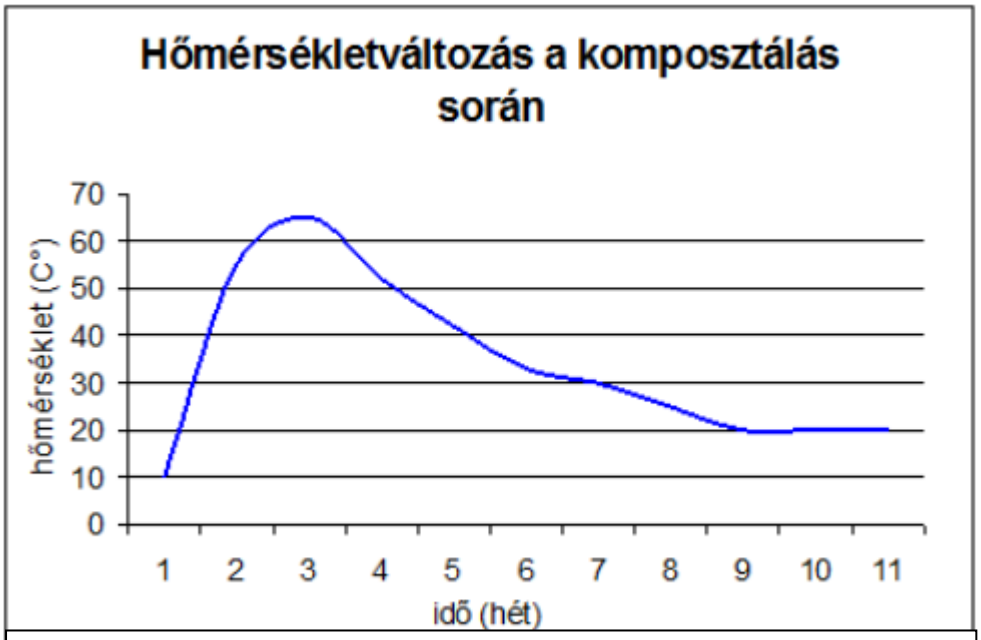
*„**Kezelt iszap, azaz szennyvíziszap:** biológiai, kémiai, illetve hőkezeléssel vagy más megfelelő eljárással (így különösen szennyvíziszap felhasználásával történő biogáz előállítás, komposztálás révén), továbbá a települési folyékony hulladék, tartós, legalább 6 hónapig tartó tárolásával vagy kémiai kezelésével nyert olyan iszapok, melyek szennyezőanyag tartalma e rendelet előírásainak megfelel." /50/2001 (IV.3) Korm.Rendelet)/*

A szennyvíziszap komposztálása – a műszaki-technikai lehetőségek miatt, jogszabályi előírások betartásával – a hulladék tulajdonosának (szennyvíztisztító telepek) ráfizetéses tevékenység lenne, (bizonyítást lásd később) létrejött egy olyan „vállalkozás csoport" amely ezt a tevékenységet „átvállalta", mivel adottságai és lehetőségei alapján tudott jövedelmet realizálni. Az együttműködés eredményeként még a hulladék tulajdonosnál is csökkentek a „hulladéktól való megszabadulás költségei.
Ezzel a komposzt felhasználásáról, annak kedvező hatásáról szóló kommunikációt is ezek a vállalkozások illetve ezek csoportosulásai vették át. Ez a megállapítás természetesen nem vonja kétségbe a beszámolók hitelességét.

„A szennyvíztisztítás első és legfontosabb feladata: a szennyező anyagok (szerves anyagok, a nitrogén- és foszfor tartalmú vegyületek) eltávolítása a vizes fázisból, aminek egyik eredménye a szennyvíziszap. ***A szennyvíziszap folyamatosan jelenlévő elhelyezési problémát is jelenthet,*** *de akár újabb lehetőséget is megfelelő megoldással, kezeléssel és újrahasznosítással.*
A szennyvíziszapokban a szennyezőanyagok - a modern szennyvíztisztítási eljárásoknak köszönhetően - a kiindulási értékek töredékére csökkennek, de a ***szerves anyag tartalom továbbra is magas marad,*** *tehát a mezőgazdaság számára komoly érték,* ***jól hasznosítható melléktermék, vagy alapanyag - további termékek kialakításáho****z. Amennyiben a szennyvíziszapok mezőgazdasági hasznosításra kerülnek, akkor rendkívül fontos, hogy a tápanyagok minél nagyobb arányban - és jól felvehető állapotban - legyenek jelen,* ***a környezetre-, és a növények számára kedvezőtlen maradványok pedig (nehézfémek, toxinok, kórokozók, TPH, PAH-vegyületek) minimalizálásra-, ha lehet eliminálásra - kerüljenek*** *és ezt biológiailag képesek legyünk irányítani, a folyamatot stabilan tudjuk tartani”. /BIOSPOL>>/*

4.3.1. A szennyvíziszap komposztálási folyamatai

A komposztálás nagyon régi módszer arra, hogy a mezőgazdaságban és a háztartásokban keletkező – elsősorban növényi eredetű –hulladékokból jó minőségű talajerő visszapótló anyagokat készítsenek. A komposztálásnak hatalmas irodalma van. Minden „forrás” egyetért abban, hogy a sikeres komposztálás feltétele az, hogy egy olyan szerves anyag keveréket hozzunk létre, amelyben a C:N:P arány 25-30:1. A nedvességtartalom 45-55%, és légátjárhatóság viszonylag jó legyen. Ha ilyen tartalmú keveréket felhalmozunk és időszakos keveréssel (vagy egyéb

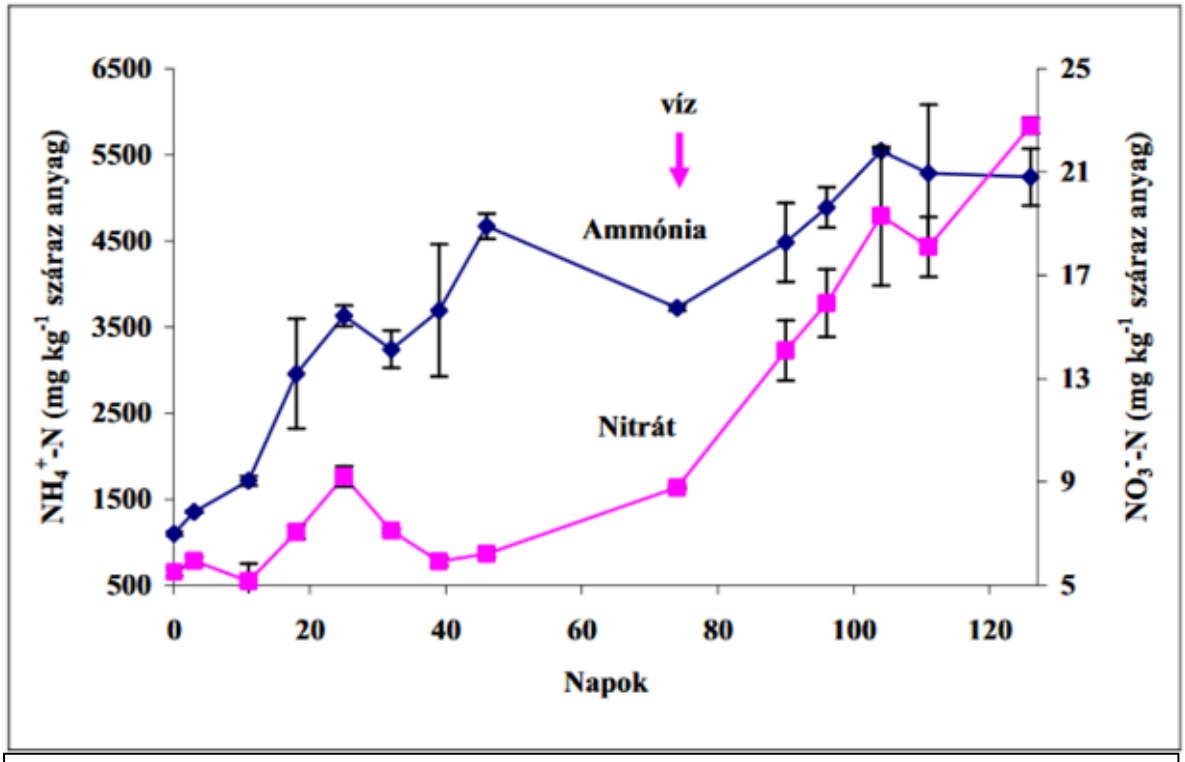


25. ábra: Hőmérséklet változása a komposztálási idő függvényében

módszerrel pl. légbefúvás) biztosítjuk az aerob környezetet, akkor a mikroorganizmusok által akcellerált oxidációs folyamatok hatására az felmelegszik eközben víz és CO_2 távozik. A széntartalom csökkenése miatt az eredeti szárazanyag tartalom is 25 – 30%-al csökken. Az oxidációs folyamat alatt (klasszikus prizmás módszer esetén) - 3-6 nap – a hőmérséklet 60 – 75 °C ra növekszik. (25. Ábra) Ezt követi egy hosszú – 3-6 hónap – stabilizálódási, többségében anaerob szakasz. A végtermék egy földszerű huminsavakban gazdag anyag, amelyben a C: N arány 18-20:1 körül van. Ez valóban kiválló talajerő visszapótló és talajjavító anyag.

A komposzt-prizma belsejében nyilván időszakosan létrejönnek anaerob körülmények. Ilyenkor itt a szerves anyagok „rothadása" következik be. A

Az ammónia és nitrát képződés alakulása a komposztálási idő függvényében. (Forrás: Simándi Péter doktori értekezés Debrecen 2008)



26 ábra: Az ammónia és nitrát képződés a komposztálási idő függvényében

rothadás során a N tartalmú anyagokból nem nitrát (NO_3) hanem ammónia (NH_4) a C pedig nem tud oxidálódni (CO_2) hanem redukálódik és metán (CH_4) keletkezik.

A huminsavak létrejötte azonban feltételezi, hogy a folyamatban legyenek anaerob szakaszok is. Ebből következik, hogy a komposztálás során keletkezik a széndioxid mellett jelentős mennyiségű metán és ammónia emisszió is. (lásd **26. ábra)**

Az egész komposztálási folyamat követelménye – minden szakirodalom szerint – az aerob és anaerob szakaszok kényes egyensúlyának biztosítása.

A komposztálás gyakorlatáról szóló korábbi munkák mindegyike alapanyagnak elsősorban a mezőgazdaságban, és az élelmiszeriparban, valamint a háztartásokban keletkező szerves hulladékot tekinti, megszorításokkal.

„Mi nem kerülhet a házi (kerti), közösségi komposztálóba?

- *Festék-, lakk-, olaj- és zsírmaradék;*
- *szintetikus, illetve nem lebomló anyagok (műanyag, üveg, cserép, fémek);*
- *az ételmaradék, hús, csont*
- *fertőzött, beteg növények;*
- *húsevő állatok alma*
- *veszélyes, magas nehézfémtartalmú anyagok (nagy forgalmú utak mellől származó növényi hulladék; fű, falevél, stb.), elem, akkumulátor, porszívó gyűjtőzsákja."*

Dr. Kocsis István (2011) Szent István Egyetem >>

Látható a fentiekből, hogy a komposztálás messze nem a szennyvíziszap, illetve a mai tartalmú települési szilárd hulladék szerves anyagainak ártalmatlanítására lett kitalálva.

A begyűjtött szerves hulladékok (szennyvíziszap és települési szilárd hulladék szerves része) komposztálásáról illetve mezőgazdasági hasznosításáról.

Annak ellenére, hogy a komposztálás „klasszikus alapanyaga" elsősorban a zöldhulladék, illetve a mezőgazdasági melléktermék, az utóbbi időszakban egyre inkább, a begyűjtött szerves eredetű hulladékok komposztálással való hasznosítása került az érdeklődés homlokterébe. (legalább is Magyarországon. Svájcban és Németország nagy részén pl. kifejezetten tiltott.) Ezt természetesen nem a mezőgazdasági szakemberek, hanem a „hulladékgyűjtők" (szennyvíztelepek, TSZH begyűjtők) szorgalmazzák, hiszen ezektől a kockázatot jelentő hulladékoktól valami módon meg kell szabadulniuk. Nyilván érdekük, hogy ezt a kötelezettségüket a lehető legolcsóbban teljesítsék.

E törekvések hatására számos publikáció jelent meg különösen a szennyvíziszapból készült komposzt, kedvező – termésfokozó – hatásáról. Ezt számos kétségbe nem vonható összehasonlító kísérlettel igazolták is. Azt is számszerűsítették, hogy a szennyvíziszapból készült komposzt mennyi növényi makro tápanyagot (N, P, K) tartalmaz. Távol álljon tőlünk, hogy ezeknek a kísérleteknek a hitelességét kétségbe vonjuk. Azt azonban megemlítjük, hogy

szennyvíziszap esetében minimálisan a szennyvíziszap tömegével azonos mennyiségű kiegészítő anyagra (zöldhulladékra, stb.) van szükség. Ahhoz ugyanis, hogy komposztálhassunk legalább 50%-nak kell lenni az induló anyag szárazanyagának. A szennyvíziszapban ez az arány csak 20%. Ha pl. az adalék anyag szárazanyag tartalma 60% akkor 1 t 20%-os szennyvíziszaphoz 3 t adalék anyagra lesz szükség. Ez pedig azt is jelenti, hogy **kilencszer annyi szárazanyagot viszünk be az induló szubsztrátumba az adalék anyaggal, mint amennyi a szennyvíziszapban van.** Joggal merül fel a kérdés, hogy akkor most mit is komposztálunk? Szennyvíziszapot, vagy adalék anyagot? Olyan összehasonlító kísérletet viszont egyet sem láttunk, ahol a szennyvíziszapból és adalékanyagból készült komposzt hatását, a tiszta adalék anyag komposzt hatásával mérték volna össze. Kérdezzük; **Nem lehetséges, hogy a szennyvíziszap komposztnak nevezett anyag (amelyben a legkevesebb a szennyvíziszap) kimutatott kedvező hatását az adalékanyag okozza?** A kérdés annál is inkább jogos, mert a szennyvíz tisztítása során éppen az volt a cél, hogy a szennyvízben oldott nitrátokat, foszfátokat és kálium vegyületeket oldhatatlanná tegyék.
Ebből a meggondolásból részben osztjuk a humusz szövetség által már 2008 júniusában kifejtett véleményt:

> *„…Megfelelő kezelés, folyamatos minőség-ellenőrzés mellett persze még mindig jobb megoldásnak tűnik a szennyvíziszap komposztálása, mint a komposztálás nélküli kihelyezés. Hiszen komposztálással a szennyvíziszapnál jobb minőségű termék keletkezik. **Kérdés azonban, hogy érdemes-e a jó minőségű komposztot szennyvíziszappal elrontani?**” >>>*

Aztán van itt még más is. A vonatkozó jogszabályok pontosan meghatározzák azokat a határértékeket, amelyek mellett a „szennyvíziszap hozzáadásával készült komposzt még mezőgazdasági célra felhasználható:

> *„…A szennyvíziszap komposztra vonatkozó határértékek szerint 10 t szárazanyag./ha mennyiségnél akár **4 kg ólom, 3,5 kg króm, 7,5 kg réz, 1 kg nikkel és 50 g higany juthat ki a szántóföldek minden hektárjára évent**e. Vajon mi történhet ezekkel az anyagokkal? A talajvízbe kerülnek, vagy azokba a növényekbe, melyeket aztán elfogyasztunk, melyek végső soron újra a szennyvizeinkbe, majd újra a földekre kerülhetnek, egyre jobban dúsítva annak nehézfém tartalmát.”*

Így minősítette a helyzetet a fentebb idézett tanulmány. Ehhez még hozzá lehetne tenni a szennyvizekben egyre növekvő mennyiségben előforduló **gyógyszer és hormon maradványok** problémáját. Ezekre vonatkozóan ma mérési módszereink sincsenek, vagy ha akad ilyen az nagyon drága. Ezt rendszeresen sehol nem vizsgálják.[15] Álláspontunk szerint ez a potenciális veszély fennáll, és ezt a témát mindenképpen vizsgálni kellene. Ez probléma azonban – szerintünk – nem a szennyvíziszap kezeléshez, hanem a szennyvíztisztítás egész jelenlegi rendszeréhez kapcsolható.
Beszélni kellene a patogén mikroorganizmusok – amelyek óhatatlanul előfordulnak az összegyűjtött szerves hulladékokban – spóráiról, amelyek egyáltalán nem pusztulnak el a komposztálás hőmérsékletén.

Mindezek alapján a magunk részéről úgy véljük, hogy a szennyvíziszap mezőgazdasági felhasználásánál kell kockázattal számolni. A felhasználási engedély kiadásakor mért káros anyag értékek ugyanis időközben jelentősen változhatnak. (Általában fél éves gyakoriságú vizsgálatot írnak elő). Így aztán a komposztban vagy annak egy részében a nehéz nehézfém tartalom is akár jelentősen a határérték fölé kerülhet.

Elkészítettük a szennyvíziszap komposztálás anyag és energia és pénz áramát, feltételezve, hogy a szennyvíziszaphoz annyi adalék anyagot keverünk, (szalma, törek, zöldhulladék, tőzeg stb.) hogy teljesüljenek a komposztálódási folyamat megindulásának feltételei. (Legalább 50% szárazanyag és 30:1 szén – nitrogén arány.)
Az alábbi paraméterekkel számoltunk:

Szennyvíziszap szárazanyag %-a	20%
Szennyvíziszap fűtőértéke (szárazanyagra)	18 MJ/kg
Adalék anyag szárazanyag %-a	60%
Adalék anyag fűtőértéke (száraz anyagra)	16MJ/kg
Száraz anyag tömeg veszteség %	30%
Komposzt száraz anyag %-a	70%
Adalék anyag beszerzési ára	10 000 Ft/t
Komposzt értékesítési ára	3 000 Ft/t

A nem termékké minősített szennyvíziszap komposzt értékesíthetősége ma Magyarországon korlátozott. A mezőgazdasági termelők (szerintünk joggal) idegenkednek tőle. A felhasználásához szükséges engedély megszerzése

[15] Néhány tapasztalt kedvezőtlen jelenségből az ezzel foglalkozó biológusok csak következtetnek a hormonok vízbázisban való jelenlétére. Ilyen pl. a vízi élőlények átszekálódása, méretváltozásuk, stb.

bonyolult és drága, emiatt az ilyen eladható komposzt ára nem haladja meg a 3 000 Ft/t értéket.

7. táblázat: Szennyvíziszap komposztálás anyagárama 10 000 t/ év mennyiségre vetítve						
Megnevezés	**Tömeg**	**Sz.a**	**Sz.a %**	**Arány %**	**Szükséges adalék anyag Ft/év**	**CO2 emisszió t/év**
Szennyvíziszap. t/év	***10 000***	***2 000***	20,00%	40,00%		
Adalék anyag t/év	15 000	10 500	70,00%	60,00%	**150 000 000**	**13 750**
Induló összesen t/év	**25 000**	**12 500**	**50,00%**		**A komposzt árbevétele Ft/év**	
Szárazanyag tömeg csökkenés		**3 750**	**10 000 t iszapégetés = 5 866 t CO_2**			**Veszteség Ft/év**
Komposzt mennyiség t/év	**11 667**	**8 750**			**35 000 000**	**115 000 000**

Energia folyamat	
Megnevezés	**MJ**
Bevitt energia	204 000
Komposzt energiája	142 800
Energia veszteség	**61 200**

A szennyvíziszapot a szennyvíztisztító telep szinte soha nem maga komposztálja. Egyrészt ezt adottságai sem teszik lehetővé, (Szükséges terület, eszközök, berendezések hiánya) másrészt neki az adalék anyagot vásárolni kellene. A 7. Táblázatból látható, hogy adalékanyag vásárlás mellett a komposztálás eredendően veszteséges tevékenység.
A szennyvíziszap komposztálással foglalkozó vállalkozások mindegyike rendelkezik (vagy nagyon olcsón hozzájut) alkalmas adalék anyaggal. A szennyvíziszap átvételéért pedig átvételi díjat kér. Ez az átvételi díj kevesebb annál, mint amennyiben a szennyvíztisztító telepnek egyébként az iszaptól való megszabadulás kerülne, így a telepnek ez kedvező. Az átvételi díj azonban ahhoz elegendő, hogy a komposztálónak az alacsony komposztértékesítési ár mellett is eredményes legyen e tevékenység.

A 7. táblázatból látható, hogy:

- Komposztálás során jelentős a szubsztrátum szárazanya tömegvesztesége az oxidáció miatt, amely széndioxid kibocsátással jár. Ennek egyenes következménye az energia veszteség. (Látható, hogy a komposztálás CO_2 kibocsátása háromszorosa annak, mintha a szennyvíziszapot elégetnék)
- Emisszió szempontjából a széndioxidnál sokkal nagyobb veszélyt jelent az ammónia és az esetleges metán. (Lásd 25. ábra) ami óhatatlanul meg fog jelenni.

A komposztálás során a bevitt anyagokban lévő energia több mint egy harmada elveszik, pontosabban az éghető anyagokból egy harmad már elégett. Ez – amennyiben a komposztot „rendeltetésszerűen” (a mezőgazdaságban) hasznosítjuk – nem releváns. Ha azonban ez égetésre kerül – amint ezt lehetőséget elfogadjuk (márpedig erről a szennyvízstratégia, mint lehetőségről beszél) – egyáltalán nem mindegy, hogy milyen fűtőértékű tüzelőanyagról beszélünk.

A komposztban vannak növényi tápanyagok. [16] Ezek mennyiségét az egyes források nagyon nagy különbségekkel adják meg. (Valószínűsíthető, hogy egyrészt tényleg vannak különbségek, másrészt a vizsgálatnál használt oldószerekben is vannak különbségek.) A magunk részéről azt gondoljuk, hogy itt a növények számára felvehető anyagokkal lehet csak számolni, mégpedig közel semleges közeget (6,5 -7,5 PH érték) lehet figyelembe venni. Az elvégeztetett vizsgálat szerint (Budapesti szennyvíziszapból tőzeg hozzáadásával készült komposzt) mi a **8 táblázatban** látható értékekkel számoltunk.

8. táblázat:10 000 t szennyvíziszapból készített (8 750 t) komposzt felhasználás nettó haszna

Makró tápanyag	Ható anyag t/év	Műtrágya t/év	Műtrágya megtakarítás haszna Ft/év
N	96,25	283,09	42 463 235
P	89,86	427,92	68 466 667
K	43,75	109,38	13 125 000
Összesen			**124 054 902**
Nettó eredmény			**9 054 902**
Emisszió			**-14 918 750**
Összes eredmény üzemviteli költségek és amortizáció nélkül			**-5 863 848**

A táblázatban 10 000 t (feltételezett) szennyvíziszapra vetítettük az értékeket. A hatóanyagból számoltuk a lehetséges műtrágya mennyiségeket és ezt a jelenlegi piaci áron vettük figyelembe. A 8 750 t komposzt (l.7 táblázat) műtrágya értékben tehát 124 millió Ft-ot jelent. (Ez a mezőgazdasági termelőknél jelentkező költség megtakarítás) A komposztálás azonban önmagában veszteséges tevékenység. (7 táblázat 115 millió Ft) Ha e kettőt összevezetjük, már csak 9 millió

[16] Egy (nem termékké nyilvánított) komposzt beltartalmi vizsgálata vizes oldatban. N:1,01%;P:1,03%;P:0,5%

Ft marad. Ha ebből még levonjuk az emisszió tőzsdei árát, akkor az egész tevékenység komplexen már veszteséges lesz. E levezetésben nincsenek benne az egész tevékenységhez kapcsolódó egyéb költségek (szállítás, munkabér, stb.) Persze tudjuk, hogy itt egyéb szempontok is vannak. A kijuttatott szerves anyag és a mikroorganizmusok, valamint a komposztban megjelenő talajlakók javítani (élénkíteni) fogja a „talajéletet" amely a szerkezet javításával termésnövekedéssel fog járni. Persze ezzel együtt negatív hatást jelenthetnek a komposztban lévő káros anyagok akkor is, ha azok a megengedett értékhatár alatt vannak.

Nem vetjük el tehát e komposzt mezőgazdasági felhasználásának lehetőségét, illetve hasznosságát, csak arra kívántuk a figyelmet felhívni, hogy ez semmiképpen nem tekinthető olyan módszernek, amely minden területen megoldást jelenthet.

4.4. Biogáz előállítás szennyvíziszapból

A **biogáz** szerves anyagok mikrobák által anaerob körülmények között történő lebontása során képződő gázelegy. A biogáz összetétele 55 – 65% metán és 35-45% széndioxid. (Valójában 1%-ra tehető a benne lévő szennyező anyag elsősorban kén és foszfor vegyületek) A biogáz energia tartalmát (fűtőértékét) a benne lévő metán aránya határozza meg, így annak fűtőértéke 19-23 MJ/m^3 – re tehető)

A biogáz képződés folyamatát leírók ezt általában négy fázisra szokták bontani:

- ***„Hidrolízis**: A hidrolízis folyamán a szerves anyagokat a bakteriális enzimek alapegységekre bontják (aminosavakra, zsírsavakra, glükózra).*
- ***Savképződés**: savképződéskor a feloldott anyagok szerves savakká kis szénatomszámú alkoholokká, aldehidekké, hidrogénné, szén-dioxiddá és egyéb gázokká alakulnak. Ez a folyamat addig tart, amíg a baktériumok saját lebontó tevékenységeik következtében el nem pusztulnak, fel nem oldódnak.*
- ***Acetogén fázis**: ebben a fázisban az acetogén baktériumok az előző fázis anyagait alakítják ecetsavvá.*
- ***Metánképződés**: ebben a fázisban az ecetsavat metanogén baktériumok metánná, szén-dioxiddá és vízzé alakítják. A hidrogén (H_2) és a széndioxid metánná és vízzé alakul át.*
-

Összességében elmondható azonban, hogy a mikrobiológiai folyamatokat két fő fázisra bonthatjuk: az egyikben a fermentáció történik (első két fázis), a másodikban pedig a metánképződés. A második fázisban ugyanis az acetogén baktériumok csak a metanogén baktériumokkal együtt (szimbiózisban) képesek működni.
Az optimális fermentáció követelménye a megfelelő szén-nitrogén arány (a szén aránya a nitrogénhez viszonyítva) a fermentálandó anyagban. Ideális esetben ez az arány 13:30."/WIKIPÉDIA/

A biogáz előállításra többféle technológiát alkalmaznak. Ezeket szokták sokféle módon osztályozni:

- **Az erjedés egyes fázisainak elkülönítése szerint**
    - Egylépcsős: az erjedés mind a négy szakasza egyetlen térben (fermentorban) történik. Mivel az egyes fázisok optimális lefolyásához kissé különböző kémhatásra lenne szükség, ez itt nem biztosítható. A következmény, hogy a keletkező biogáz mennyiség elmarad az elméletileg lehetségestől, viszont a berendezés olcsóbb, és a folyamatvezérlés is egyszerűbb.
    - Több lépcsős. Az egyes fázisok elkülönített térben zajlanak. Ez valamivel nagyobb gázhozamot eredményez, viszont jóval drágább és bonyolultabb berendezést igényel.
- **Az induló szubsztrátum víztartalma szerint:**
    - Nedves eljárás a szárazanyag tartalom <15%. Előnye a folyamatos adagolás lehetősége, ami jól automatizálható és irányítható. Az erjedési idő itt a legrövidebb. Hátránya viszont, hogy nagyobb fermentor térfogatot igényel, és az erjedés utáni maradvány is magas víztartalmú lesz, így annak víztelenítésére is szükséges.
    - Félszáraz eljárás. Az induló szubsztrátum szárazanyag tartalma 15-25%. Előnye, hogy kisebb fermentor térfogatra van szükség, ez olcsóbbá teheti a beruházást és a maradvány szárazanyag tartalma is magasabb, és ez annak további kezelését illetően előnyös. A beadagolás és kitárolás azonban itt már általában szakaszos, ami egyrészt az erjedési időt megnöveli, másrészt bonyolultabb művelet, mint a magas nedvességtartalmú szubsztrátum bejuttatása. [17]
    - Száraz eljárás. A szárazanyag tartalom> 25%. A legkisebb fermentor térfogatot igényli, és a maradvány – a tényleges induló

[17] Ismerünk ugyan félszáraz eljárással is folyamatos adagolási technológiát ez azonban meglehetősen bonyolult és drága.

szárazanyag tartalomtól függően – akár mechanikai víztelenítés nélkül is tovább hasznosítható. A be és kitárolás itt már szükségképpen csak szakaszos lehet, ami a fermentációs időszak növekedésével jár.

- **Az erjedés hőmérséklete szerint osztályozás.**
    - Pszichrofil technológia. Az erjedés hőmérséklete <20 °C. Ez azt jelent, hogy itt nincs szükség az „erjesztő tér" fűtésére. Olcsó technológia viszont a teljes kierjedés ideje nagyon hosszú lehet.[18]
    - Mezofil eljárás. Az erjedés hőmérséklete 30 - 40°C. Ennek biztosítása már a fermentor mérsékelt fűtését igényli. A teljes kierjedés ideje 40-50 nap az induló alapanyagtól függően.
    - Termofil eljárás. Az erjedés hőmérséklete 50 – 60 °C. A teljes kierjedés ideje 20-25 nap. Ennek a hőmérsékletnek a biztosítása csak állandó erőtelje fűtéssel lehetséges. A rövidebb erjedési idő eleve azt jelenti, hogy egységnyi fermentor térfogattal lényegesen több biogáz állítható elő. A tapasztalatok szerint termofil eljárással a szubsztrátum fajlagos gázhozama is emelhető. A fermentor fűtése viszont jelentős energia igénnyel jár.

A felsoroltakon túl még számos egyéb technológiai megkülönböztetés létezik ezek azonban sem a beruházás bekerülését, sem a gázhozamot nem befolyásolják lényegesen.
A szennyvíziszap rothasztásánál a legelterjedtebb az egylépcsős, nedves, mezofil[19] eljárás.

A keletkező biogáz – elvileg – sokoldalúan hasznosítható.

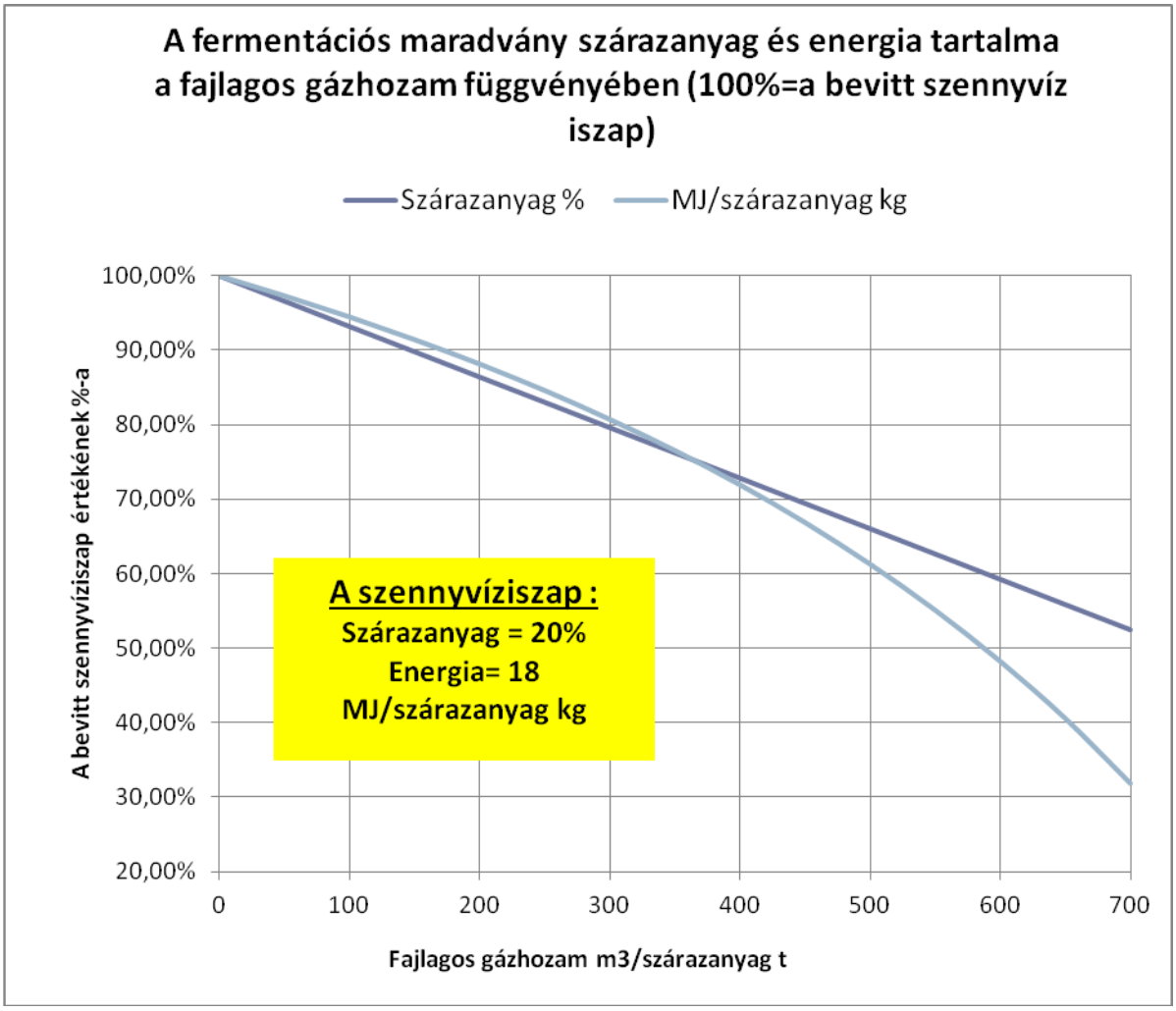
- Biogáz kazánban való elégetése a hőszükséglet biztosítása érdekében
- A biogáz CHP egységben való elégetése ahol elektromos áram és hő nyerhető ki.
- A biogáz finomítása – biometán előállítás, amely alkalmas gépjármű üzemanyagnak.
- Biogáz tisztítás, gázvezetékbe való betáplálása.
- Mikro gázturbinákban való hasznosítás.

A legelterjedtebb hasznosítási mód a CHP egységben való elégetés.[20]

---

[18] Ezt a technológiát nálunk elsősorban a lezárt hulladéklerakókban keletkező biogáz kinyerésére használják. Itt már gyakorlatilag nem beszélhetünk fermentációs maradványról. Nincs betárolás és kitárolás. A lerakó lezárásakor építik be a „kutakat" amelyeket addig használják, amíg gázképződés van. Amikor ez megszűnik, azokat is lezárják.
[19] Ismereteink szerint hazánkban egyetlen szennyvíztisztító telepen alkalmaznak termofil eljárást.

A szennyvíziszap „gázhozama” 1 t szárazanyagra vetítve – az erjesztés technológiától függően – 200 – 500 m^3. Az erjesztés során az induló szubsztrátum szárazanyag és energia tartalma is csökken (gáz lesz belőle). Mivel az erjesztés zárt térben történik, nyilván sem az összes tömeg, sem annak összes energiája nem változik, így a tényleges gázhozam ismeretében pontosan meghatározható a visszamaradó fermentációs maradvány szárazanyag tömege és annak energia tartalma is. **(27. ábra**)



27. ábra: A fermentációs maradvány szárazanyag és energia tartalma a gázhozam függvényében.

Az ábráról látható, hogy a reálisnak mondható gázhozam (450 m^3/t szárazanyag) mellett a szennyvíziszap esetében az energia tartalom közel

[20] Hazánkban egyetlen tisztító telepen állítanak elő biometánt gépjármű üzemanyag célra. A kommunális gázvezetékbe való betáplálás elvileg lehetséges, de a minőségi előírások csak nagyon nehezen lennének teljesíthetők.

kétharmada a fermentációs maradványban marad, miközben annak szárazanyag tömege mintegy 30%-al csökken.
A biogáz előállítást – a rothasztást – sokan tekintik befejezett folyamatnak, és a fermentációs maradványt már olyan „terméknek” tekintik, amely hulladékból készült ugyan, de már a rothasztással ártalmatlanítottuk, így az talajerő visszapótlásra korlátlanul hasznosítható. Mások ezt változatlanul kockázatot jelentő hulladéknak tekintik. Ez abból adódik, hogy a hulladéktörvényben (2012. évi CLXXXV. Törvény) néhány definíciója – szerintünk – pontatlan, vagy erősen félreérthető. Ebből néhány:

- ***anyagában történő hasznosítás:*** bármilyen hasznosítási művelet az energetikai hasznosítás kivételével;
- ***ártalmatlanítás:*** minden olyan kezelési művelet, amely nem hasznosítás; a művelet abban az esetben is ártalmatlanítás, ha az másodlagos jelleggel anyag- vagy energiakinyerést eredményez;
- ***energetikai hasznosítás:*** hasznosítási művelet, amelynek során a hulladék energiatartalmát kinyerik, ideértve a biológiailag lebomló hulladékból történő energia-előállítást, valamint az olyan anyaggá történő feldolgozást, amelyet üzemanyagként, illetve tüzelőanyagként használnak fel;
- ***hasznosítás:*** bármely kezelési művelet, amelynek fő eredménye az, hogy a hulladék hasznos célt szolgál annak révén, hogy olyan más anyagok helyébe lép… ;
  újrahasználat: olyan művelet, amelynek révén a *hulladéknak nem minősülő terméket (??)* vagy alkatrészét újrahasználják arra a célra, amelyre eredetileg szolgált.

28 ábra: Hulladékpiramis

Azért indokolt erről beszélni, mert ehhez kapcsolódik a mindenki által ismert „hulladék piramis” (**28. ábra**), amely arra lenne hivatott, hogy többféle hasznosítási lehetőség esetén milyen prioritásnak kellene érvényesülni.
A hulladék piramissal kapcsolatban – azt a hulladéktörvény definíciójával összevetve – számos észrevételünk lenne.[21]
A hulladéktörvény definiciói alapján a rothasztást meglehetősen nehéz besorolni.

[21] A hulladéktörvény definíciója szerint újrahasználható az ami nem hulladék. Akkor miért van itt. A hulladék keletkezésének megelőzése kívánatos, de az gyártástechnológiai kérdés és nem hulladékhasznosítás.

A szennyvíziszap stratégia gyakorlatilag ártalmatlanításnak minősíti a rothasztást. Persze a definíció alapján ezt meg is teheti. (Más kérdés, hogy ez a megfogalmazás – utána gondolva – képtelenség. Eszerint ha a hulladékkal bármit csinálok, ami haszontalan, az ártalmatlanítás.) Ezzel szemben áll az, hogy a fermentációs maradványnak van EWC kódja, tehát hulladék.
Ezeket csak azért említjük, hogy felhívjuk a figyelmet arra, hogy ideje lenne fogalmilag is pontosítani dolgokat.
Mi a szennyvíziszap rothasztást olyan részbeni energetikai hasznosításnak tekintjük, amelynek során (felhasználható) energia és hulladék keletkezik. A hulladéknak még jelentős energia tartalma van. Az induló szubsztrátum szárazanyagából csak a szén távozhatott gázok formájában. Eszerint **a fermentációs maradványban** a (a szárazanyag mennyiség tényleges csökkenése miatt) **az eredetinél nagyobb koncentrációban benne van minden olyan anyag (a méreganyagok is) amelyek eredetileg is ott voltak**. A patogén élő szervezetek a termofil eljárás során (talán) elpusztulnak. A mezofil eljárás azonban már nem pusztulnak el.

4.4.1. A keletkező biogáz hasznosítása

A biogázt az esetek többségében mezofil eljárással állítjuk elő. A mezofil eljárás feltételezi a fermentor fűtését. A tapasztalatok alapján ennek az eljárásnak a „fűtési energia igénye” egy jó közepes gázhozam esetén a biogázban lévő energia 11- 15%-át teszi ki. A fermentor fűtési energia igénye a külső hőmérséklet függvénye. Ez azt is jelenti, hogy télen, ez sokkal nagyobb, mint nyáron. Megfordítva – ha a rendszerünkben a biogázt hőigény kielégítésé a cél –télen kevesebb hőt tud szolgáltatni. Ilyen típusú hasznosítás akkor gyakori, ha a biogáz üzem közelében van nagy és állandó hőigényű üzem. Ilyen lehetne például a bioetanol előállítás. A leggyakoribb azonban a hő fűtési célra való felhasználása. Ennek a fő problémája az, hogy éppen akkor szolgáltatná a biogáz üzem a legnagyobb hő mennyiséget, amikor arra a legkevesebb szükség van. (nyáron)

<u>Energetikai szempontból a legkedvezőbb lehetőség, ha a biogázt elégetjük és a keletkező hőt maradéktalanul fel tudjuk használni</u>. Erre azonban nagyon ritkán adódik lehetőség. Ugyanilyen kedvező lenne az is, <u>ha a biogázt a meglévő gázhálózatba táplálhatnánk</u> be. Ennek az elvi lehetősége megvan. Szinte minden európai országban meghatározták a betáplálás feltételeit, vagyis, azt, hogy a betáplálható biogáznak milyen paraméterekkel kell rendelkeznie. (minimális fűtőérték, maximális széndioxid tartalom, szennyezettségi határérték stb.) Ezek az előírások országonként különböznek. Európai

viszonylatban erre főleg Németországban és Ausztriában találunk példákat. A betáplálás elvi lehetősége hazánkban is fennáll, azonban az előírások olyan szigorúak, hogy nem, vagy csak nagyon drága berendezésekkel, illetve eljárásokkal lehetne azokat teljesíteni. Emiatt – ismereteink szerint – nincs hazai példa a biogáz gázhálózatba való betáplálására.

A biogáz tisztítása majd tisztítás után biometánkénti (jármű üzemanyag) felhasználására jelenleg egyetlen példáról tudunk. (Zalaegerszeg) Arról tudomásunk van, hogy több városban is tervezik a tömegközlekedési járművek ilyen üzemanyaggal való ellátását, illetve a helyben keletkező biogáz ilyen irányú felhasználását.

A biogázban lévő energia kinyerésére a legelterjedtebb eljárás a biogáz CHP egységben való elégetése. A CHP egység egy gázmotor és egy vele összeépített generátor. A gázmotor úgy van kiépítve, hogy annak kipufogó gázában és hűtővízében jelenlévő hő is hasznosítható legyen. Ezzel az egységgel a biogázban lévő összes energia 82- 85%-a kinyerhető. A hőenergiát a teljes szolgáltatott energia mennyiség 51%-ára az elektromos energiát ennek 49%-ára teszik. (A felhasznált biogáz energiájára vetítve a hő és elektromos energia mennyiségét 43:42%- ban szokták megadni.

9. táblázat: A rothasztás anyag és energia folyamatai 1 000 kg 20% szárazanyag tartalmú szennyvíziszapra vetítve.

Gázhozam m3/t szárazanyag	**350**	**A szennyvíz iszap összes energia tartalmának %-ában**
A biogáz metán tartalma %	**65%**	
A biogáz fűtő értéke MJ/m3	**23,205**	
Biogáz fajsúlya	**1,15**	
Szárazanyag tömegcsökkenési arány	**58,30%**	
Fűtőérték csökkenés %	**45,12%**	
Szárazanyag mennyiség kg	**153,04**	
Biogáz mennyisége m3	**70**	
Biogáz fűtőétéke MJ (összes)	**1 624**	**45,12%**
Fermentációs maradványban marad MJ	**1 976**	**54,88%**
Fermentációs maradvány MJ/kg sz.a	**12,91**	
CHP egység elektromos kWh	**170,56**	**17,06%**
CHP egység hő MJ	**488,93**	**13,58%**

A rothasztás energia viszonyait a 9. táblázatban foglaltuk össze. Látható, hogy az 1 000 kg szennyvíziszapban lévő 3 600 MJ ból 45,1% átmegy a biogázba, és 54,9% a fermentációs maradványban marad, miközben a szárazanyag tömege 24%-al csökkent. Így a fermentációs maradvány fajlagos energiája 29%-al csökkent. (18 MJ/kg ról 12,9 MJ/kg-ra)
A fermentációs maradványban lévő szárazanyag – amely kitároláskor 5 – 8% koncentrációjú – 153 kg. A fermentációs maradvány mechanikai eszközzel is könnyebben sűríthető a szennyvíziszapnál. Dekanter centrifugával akár 30% szárazanyag koncentráció is elérhető. Ezt figyelembe véve minden 1000 kg 20%

szárazanyag tartalmú szennyvíziszap erjesztését követően 500 kg tömegű 30% szárazanyag koncentrációjú fermentációs maradvány elhelyezéséről kell gondoskodni.

Az ide vonatkozó rendeletek nem tesznek különbséget – szerintünk helyesen – a szennyvíziszap és a fermentációs maradvány felhasználási feltételei között. Ennek ellenére több tanulmányban ez már úgy jelenik meg, mintha az anaerob erjesztéssel már megtörtént volna ennek ártalmatlanítása. Mi ezt – amint a EWC száma is bizonyítja ugyanúgy és ugyanolyan hulladéknak tekintjük mint a szennyvíziszapot. A mezőgazdasági felhasználására vonatkozóan is ugyanazokat állítjuk, amit a 4.2. fejezetben már leírtunk.

4.5. Szennyvíziszap égetés.

4.5.1. Égetési lehetőségek

A szennyvíziszap égetésről számos tanulmány és értekezés készült. Ezek részletesen foglalkoznak e szubsztrátum égetésére alkalmas eszközök felsorolásával, az égetés előnyeivel és hátrányaival. Mindegyik megkülönbözteti a monoégetést, és a (valamivel való) együtt égetést, és harmadikként szokták említeni a szennyvíziszap erőművekben, cementgyárakban való elégetés lehetőségét. Ez utóbbi azt jelenti, hogy a normál tüzelőanyaghoz (alapanyaghoz) néhány % szennyvíziszapot (?) hozzákevernek.

Valójában az erőművek, és a cementgyárak is, vagy csak már termékké nyilvánított anyagot. Pl. szennyvíziszap komposztot, vagy – amelyiknek hulladékégetésre is van „jogosítványa” a szennyvíziszapot csak szárított állapotban veszi át. A ma létező és alkalmazott iszapszárítók fajlagos energia igénye óriási (4,5 – 6 MJ/víz kg) és ez az igény nem is csökkenthető. A szárítás hatalmas energiaigénye miatt 1 t szárított iszap energia költsége - a fosszilis energiahordozók beszerzési árát figyelembe véve - 42 -50 000 Ft. A jelenleg meglévő hazai hulladékégetők sem tudnak más módon szennyvíziszapot fogadni.[22] A magas költség miatt érthető, hogy ezzel a lehetőséggel azok a szennyvíztisztító telepek sem élnek, ahol már korábban létesült iszapszárító.

A hulladékégetés alapvető feltétele, hogy az utolsó égőtérből kilépő füstgáz hőmérséklete soha ne csökkenjen 850 °C alá. Ez csak akkor biztosítható, ha az

[22] Ismereteink szerint jelenleg hazai hulladékégetők egyike sem fogad szennyvíziszapot semmilyen formában

égetőműbe beadagolt szennyvíziszap szárazanyag tartalma legalább 55%, ha annak fűtőértéke a szárazanyag tartalomra vetítve 18 MJ.
Mechanikai eszközökkel a szennyvíziszap maximum 20% szárazanyag tartalomra sűríthető. Ahhoz, hogy ebből 55% szárazanyag tartalmú iszap legyen minden kg 20%-os iszapból el kell vonni 0,64 kg vizet. Ennek az energia igénye a szárítóberendezés fajlagos teljesítményét figyelembe véve nagyobb, mint amennyi energia elégetés után 1 kg 20% szárazanyag tartalmú iszapból kivehető. Ebből az következik, hogy:

A szennyvíziszap monoégetése csak további energia bevitellel lehetséges.

Kézenfekvő lenne a szennyvíziszap és –a ma minden településen óriási problémát jelentő - TSZH szerves hányadának együtt égetése. Ennek „kiszedésére" működőképes technológia létezik ez pedig az RDF. Ez a technológia lehetővé teszi a TSZH- ból az egyébként hasznosítható anyagok kiválogatását, a maradék másként már nem hasznosítható szerves anyagokból pedig egy magas szárazanyag tartalmú (70-90%) és megfelelő fűtőértékű (14-20 MJ/szárazanyag kg) tüzelhető anyagot állít elő. Ha ezt a mechanikailag víztelenített szennyvíziszappal kevernénk, elhagyható lenne az „energiafaló" iszapszárítás így az égetésnél energiát lehetne kinyerni. Az energia nyereség jelentősége azonban elhanyagolható ahhoz az előnyhöz viszonyítva, hogy **ezzel az adott településen, komplex módon lehetne a teljes „hulladék problémát" megoldani.**

Ha bármilyen összefüggésben hulladékégetésről esik szó mindenki azonnal központi nagy kapacitású hulladékégetőre gondol, amelyek valóban drágák. Ide a (kívánalmaknak megfelelően előkészített) hulladékokat a hulladék tulajdonosai beszállítják, kifizetik az átvételi díjat (kapupénz) és ezekben égetik el a hulladékot. Csak nagyon „félénk felvetések" jelentek eddig meg, arra vonatkozóan, hogy **talán jobb lenne, ha nem a hulladékokat „utaztatnánk" hanem az égető berendezéseket vinnénk a hulladékok keletkezési helyére.**
A szennyvíziszap és a TSZH szerves hányadának keverékéből könnyedén lehetne égetésre már alkalmas tüzelőanyagot létrehozni. Már ma is léteznek – igaz csak prototípus formájában – olyan kisebb kapacitású égető berendezések, amelyek minden tekintetben megfelelnek a hulladékégetésre vonatkozó szabályoknak. (Hőmérsékleti és emissziós előírások)

Ilyen égető berendezések telepítése e hulladékok keletkezési helyére telepítve a következő előnyökkel járna:

- A hulladékokat gyakorlatilag „a születésük pillanatában” zárt rendszerrel vihetjük az égetőműbe. Ezzel:
    - megtakarítható az előkészítés és szállítás költsége;
    - megszüntethető a minden más kezeléssel előkészítéssel szükségképpen együtt járó diffúz emisszió;
    - megszűnne a hulladékkezeléssel járó minden környezeti és egészségügyi kockázat;
    - mivel ezzel az együttégetéssel szükségtelen a szárítás az égetés során keletkező energia felhasználható. [23]

Az itt leírt rendszerre jelenleg Magyarországon egyetlen működő példa sincsen. Okai:

- Erre alkalmas működőképes berendezés a piacon nem kapható. (Megjegyezzük, hogy prototípus formában magyar fejlesztésként már létezik)
- Az RDF és a szennyvíziszap együtt égetésnek jogszabályi akadálya is van. Jelenleg a szennyvíztisztító telepre más hulladékot nem lehet bevinni.
- Az már csak szemlélet ok, hogy ha bármelyik településen elhangzik a hulladékégetés kifejezés, ott azonnal megindul a lakossági tiltakozás. (Az önkormányzatok ezt a „konfliktus veszélyt nem szívesen vállalják fel.)

4.5.2. Szennyvíziszap égetésével kapcsolatos vélemények és célkitűzések. (Az égetés helye a szennyvíziszap hasznosításában.)

A szennyvíziszap égetésről szóló tanulmányok legtöbbje következőket állítja:

- Biztonságosan megsemmisül égetéskor minden káros anyag (pozitívum)
- Megsemmisülnek az iszapban lévő értékes anyagok is. (Nitrogénre, igaz foszforra, káliumra, esszenciális nyomelemekre nem)
- A nagytömegű a szárazanyag 50-60%-át kitevő hamu elhelyezése problémát okoz. (A valóság ezzel szemben 15, maximum 20% hamu)
- A szennyvíziszap égetése jelentős és drága előkészítést és szárítást igényel. Az égetéssel kinyerhető energia kevesebb, mint az előzetes szárításhoz szükséges. (Ez valóban így van ha monoégetést kívánunk megvalósítani)

[23] Az RDF technológiának van ugyan elektromos energia igénye. Ez azonban sokkal kisebb a szárítás energia igényénél. Ha tehát az egész folyamatot együtt vizsgáljuk, az nettó energiatermelő lesz. (Az égetésnél kinyerhető energia mennyisége messze meghaladja az RDF technológia által felhasznált energiát.

- Az égetőmű az emissziójával jelentősen szennyezi a levegőt. (Ezzel szemben a valóság az, hogy a szennyvíziszap égetés (mért) ÜHG kibocsátása harmada amennyi keletkezik azonos mennyiségű szennyvíziszap komposztálásakor.)
- Az égető berendezések nagyon drágák. (Ez attól függ, hogy mi a viszonyítási alap)
- Az égetés során a hamuban a nehézfémek és az egyéb káros anyagok olyan mértékben dúsulnak fel, hogy az már a lerakhatóságot is veszélyezteti.(Valóban van feldúsulás, de közel sem akkora mértékű, mint azt a tanulmányok állítják.)

A (zárójeles) megjegyzésekből látható, hogy – véleményünk és tapasztalataink szerint – az égetéssel kapcsolatos negatív állítások nagy része hamis sztereotípia. A szerzők a felsorolt és hasonló állításainak forrása nem a tapasztalat vagy mért eredmény, hanem az egymástól származó idézetek. Valaki – egy tekintélyes tudós – valamikor valahol valamit leírt, ami vagy extrém eset, vagy csak feltételezés, és ettől kezdve, a leírásra a doktoranduszok és a kutatók, de az újságírók is axiómaként hivatkoznak a megállapításra.

A szennyvíziszap stratégia, ami 2014 ben készült gyakorlatilag elfogadta ezeket az állításokat, noha ellenvéleményünknek már akkor hangot adtunk. Ebben a stratégiában megfogalmazódott, hogy „csak azt a szennyvíziszapot szabad elégetni, amelyik nem felel meg a mezőgazdasági hasznosítás engedélyezéséhez előírt feltételeknek.”[24]

Napjainkra azonban alapvetően megváltozott a helyzet. Bebizonyosodott, hogy a szennyvíziszapból készült komposztok (beleértve a termékké minősítetteket is) a már legyártott mennyiségben nem adhatók el, az indokoltnál sokkal alacsonyabb áron sem. Jelentős mennyiségű eladhatatlan komposzt és komposzt termék halmozódott fel. Mindenki látta, hogy változtatni kell az eddigi felfogáson. Jelenleg a szennyvíziszap égetés helye és szerepe a stratégiában is változott:

> *„Álláspontunk szerint a mezőgazdasági felhasználás stagnálását előirányzó II. szcenárió feltételezése reális, mivel a mezőgazdaságban hasznosított mennyiség növelésére nem látunk esélyt, tehát az égetési célú hasznosítás lehetőségeinek kiépítése, bővítése szükségessé válik…*

[24] Ez érthető is volt, hiszen a stratégia készítőinek kizárólag az irodalmi adatok álltak rendelkezésre. Tapasztalati, ténylegesen mért adatok a szennyvíziszap égetésre nem voltak, mivel szennyvíziszap égetés sem volt.

Magyarország területi adottságait figyelembe véve a komposzt hasznosítási lehetőségek ismeretében a Dunántúl és a főváros körzetében a mezőgazdasági kihelyezési lehetőségek korlátai miatt az égetés bevezetése indokolt. 2027-re az égetési célú beszállítási arány az országban összesen keletkező iszap harmadát is kiteheti. A monoégetők üzemelési hatásfoka a komposzt-mint termék égetése esetén növelhető.(?)

A korszerű szakmapolitikai irányok szerint a szennyvíziszap hulladékkal való együttégetésével szemben a monoégetés javasolt az alábbi szakmai megfontolás miatt:

A monoégetés lehetővé teszi hosszú távon a szennyvíziszap hamuból történő foszfor visszanyerését, mely a jövőben az emelkedő foszforárak miatt nagy jelentőségű és a fenntartható talajerő-utánpótlás kulcsfontosságú tényezője.

A hulladékkal való együttégetés növeli a szennyvíztisztító telep üzemeltetőinek kiszolgáltatottságát, mivel az együttégető mű csak szennyvíziszappal nem működtethető. Amennyiben a megfelelő hulladékmennyiség nem áll rendelkezésre, a szennyvíziszap égetésére sincs lehetőség. Az üzemeltetőknek az állandó szennyvíziszap átvétel biztosítása elengedhetetlen, monoégetésnél biztosítható az üzemeltetés függetlensége." /Az idézetek a kormány előterjesztés tervezetéből származnak/

Ebben kétségtelenül pozitívum, annak a felismerése, hogy a minden áron való komposztálás nem fog menni, mivel a mezőgazdasági termelők ezt egyszerűen nem igénylik. Arról már korábban írtunk, hogy a szennyvíziszap komposztálása (pláne a jelenlegi leggyakoribb nyílt prizmás formában) egyáltalán nem olyan „zöld technika" mint ahogy látszik, pontosabban amilyen zöldnek ezt a technikát az ebben érdekeltek láttatni szeretnék.

Az a kitétel, hogy a monoégetők „üzemelési hatásfokát" javítja (azon túl, hogy kifejezés egzakt tartalma itt nincs meghatározva, tehát nem tudni mire gondolnak) téves, mert:

- Ahhoz, hogy a szennyvíziszap komposztálható legyen, feltétlenül valami adalék anyag kell, mégpedig nem kevés. (Ez mindenképpen erőforrás, és költség is.)
- A komposztálásnál az összes és a fajlagos energia tartalom is mintegy 30% - al csökken. Belátható, hogy a komposzt

égetéskor- bárhogy értelmezve az üzemelési hatásfok kifejezést – növekedjen, lehetetlen.

- A komposzt szárazanyagában a szennyvíziszap szárazanyaga arányában 25% alatti. Tehát ha szennyvíziszap komposztot égetek az már semmiképpen nem sorolható be a szennyvíziszap monoégetés kategóriájába.
- Szennyvíziszap komposzt égetése esetén a hamu foszfor tartalma lényegesen le fog csökkenni, hiszen a szennyvíziszap komposztban a szennyvíziszap szárazanyag és az adalék anyag száraz anyagának aránya 16%:84% (Lásd 7. Táblázat) . Ez már megkérdőjelezheti a hamuból való foszfor kivonhatóságát.

A foszfor kinyerését hulladékból és annak a talajba való visszajuttatását magunk is nagyon fontos megoldandó feladatnak tartjuk. Azt azonban vitatjuk, hogy a foszfort csak a monoégetéses iszaphamuból lehetne visszanyerni. Egyébként az iszaphamuból való foszfor visszanyerés módszerének kialakítása jelenleg mindenütt kidolgozás alatt áll. Erre van magyar szabadalom is bejelentve, amelyik más módon közelíti ezt a témát. Nem kizárva ezt a lehetőséget, jónak tartanánk, ha ezek a lehetőségek is helyet kapnának a koncepcióban.

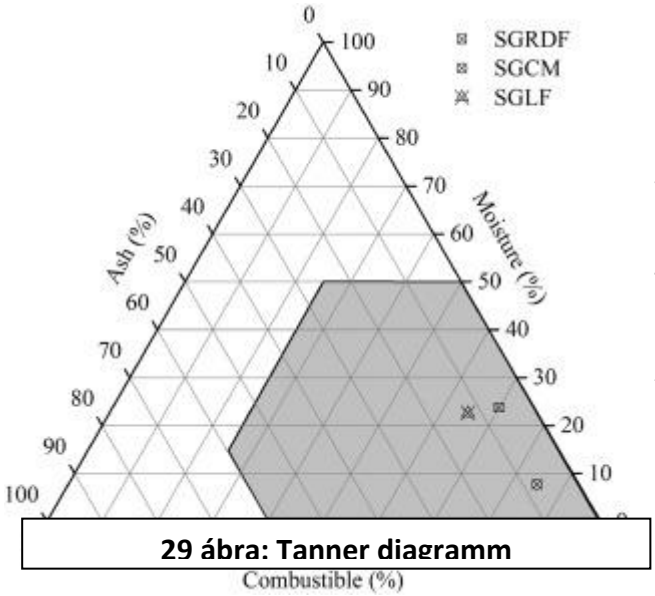
Azzal a kitétellel, hogy a hulladékkal (TSZH szerves része) növelné az „üzemeltetők kiszolgáltatottságát" egyáltalán nem értünk egyet. TSZH szerves anyag ugyanis ma háromszor annyi keletkezik, mint szennyvíziszap. Ennek elhelyezése nagyon komoly problémát jelent minden önkormányzatnak. Így nehezen elképzelhető hogy ebből hiány fordulhatna elő.
Az sem elfogadható érv a szennyvíziszap monoégetés szükségessége mellett, hogy az együttégetésre kialakított rendszerek nem alkalmasak monoégetésre. Ez fordítva lehetne igaz, mivel az együttégető mű, füstgáz tisztító rendszerének kell sokoldalúbbnak lenni az esetleg előforduló klór tartalmú anyagok miatt. Kétségtelen, hogy amennyiben hiány van adalék anyagból, a szennyvíziszapot szárítani kell. Az iszapszárító kapacitást azonban a stratégia növelni kívánja, és erre jelentős összeget is szán. Ha tehát van szárító berendezés, akkor a megfelelően szárított iszap egyedül is égethető.

A szennyvíziszap stratégia célként jelölte meg, hogy mindazokon a szennyvíztisztító telepeken, amelyek 50 000 feletti LE-t szolgálnak ki, a szennyvíziszapból állítsanak elő biogázt. Ez energetikai szempontból mindenképpen helyes törekvés. Ezzel az országban termelődő összes szennyvíziszapnak közelítően kétharmadát érinti. (Lásd 15. ábrát.) Ennek

azonban következménye, hogy a fermentációs maradványban a szárazanyag tömeg és a benne lévő energia is jelentősen lecsökken. (Lásd **9. táblázat**) A stratégia – amint ezt néhány helyen jelzi is – nem tesz különbséget a szennyvíziszap és a fermentációs maradvány felhasználhatósága között, noha lényeges különbségek vannak:

- Adott mennyiségű szennyvíziszaphoz viszonyítva minimum 40%-al kisebb annak összes szárazanyaga;
- a maradék szárazanyag fajlagos energia tartalma 35-38%-al lesz kisebb, mint a szennyvíziszapé, amelyet rothasztottunk;
- a szárazanyag tömegcsökkenése miatt (amely alapvetően szén csökkenés) a szennyvíziszapban lévő káros anyagok (nehézfémek, mérgek stb.) koncentrációja megnövekszik. (Ha például a fermentáció során a szárazanyag tömeg 40%-al csökken és egy adott elem eredeti koncentrációját a szennyvíziszapban 1 – nek vesszük, akkor ugyanennek az elemnek a koncentrációja 1,6 lesz)
- a fermentációs maradvány mechanikai eszközökkel jobban víztelenítheő, mint a szennyvíziszap. (A fermentáció során a sejtekbe zárt víz jó része már kiszabadult.)

A káros anyagok várható koncentrációja indokolttá teszi annak nagyobb arányú égetését. A stratégia az égetésnél kifejezetten a monoégetést tartja elfogadhatónak. Már korábban szóltunk arról, hogy a monoégetés a szennyvíziszapnál is csak úgy lehetséges, ha az előzetes szárításhoz pótlólagos energiát viszünk a rendszerbe. Az előzetes szárításra azért van szükség, mert az égés csak bizonyos feltételek megléte esetén tartható fenn. Ezt a Tanner diagrammal szokták szemléltetni (**29 ábra**)



29 ábra: Tanner diagramm

A diagramban együtt ábrázolják az anyag fűtőértékét a víztartnalmát és a hamutartalmat. (Az ábrán minden adat % a sötétebb rész a fenntartható égés tartománya) Az ábráról így is leolvasható, hogy 50% víztartalom és 60% hamutartalom felett az égés nem fenntartható.

A hulladékégetésnél azonban előírás az is, hogy az utolsó égőtérből kilépő füstgáznak legalább 850 °C –t el kell érni miután legalább 2,5 s ideig ilyen hőmérsékleten volt.
Ez csak úgy lehetséges, ha a láng hőmérséklete is eléri ezt. A láng hőmérséklete a tüzelőanyag összes tömegére vetített fűtőértékétől függ.[25] Ahhoz, hogy az égéskor a láng tényleges hőmérséklete elérje az előírtat, a teljes tömegre vetített fűtőértéknek el kell érnie a 7,5 MJ –t.
Ezek után nézzük a **10. Táblázatot**.
A táblázat a szennyvíziszap és annak rothasztása után visszamaradó fermentációs maradvány égethetőségét mutatja be.

A táblázat első oszlopa a tüzelőanyag fűtőértéke szárazanyag tartalomra vetítve. A második oszlop azt mutatja, hogy az adott fűtőértékű tüzelőanyagot hány %-os szárazanyag tartalmúra kell megszárítani ahhoz, hogy az összes tömegre vetített fűtőértéke érje el a 7,5 MJ –t amely szükséges a 850 °C –os füstgáz biztosításához.
A harmadik oszlop azt mutatja, hogy mennyi energia hiányzik a rendszerből ahhoz, hogy a szükséges szárítást elvégezhessük. (A szárítás energia szükségletét itt 4,6 MJ/víz kg értékkel vettük figyelembe.) A hiányzó energia mennyiségét itt szárító berendezésbe kell bevinni.

10. táblázat: 1 kg anyagból kinyerhető energia mennyiség a fűtőérték és a szárazanyag % függvényében

A szennyvíziszap sz.a-ra vetített fűtőértéke MJ/kg	A tüzelő anyag szükséges száraz anyag %-a	Szennyvíz iszap	Fermentációs maradvány
		Mechanikai úton elérhető szárazanyag %	
		20,00%	26,00%
		1 kg ból kinyerhető energia MJ/tényleges kg	
8	97,50%	-2,70	
9	86,67%	-2,43	
10	78,00%	-2,17	
11	70,91%	-1,91	
12	65,00%	-1,64	-1,58
13	60,00%	-1,38	-1,30
14	55,71%	-1,12	-1,01
15	52,00%	-0,85	-0,73
16	50,00%	-0,64	-0,51
17	50,00%	-0,50	-0,39
18	50,00%	-0,36	-0,27

A negyedik oszlopban a megadott fűtőértékű szennyvíziszapból visszamaradó fermentációs maradvány adatai vannak. Itt egyrészt figyelembe vettük a fermentációs maradvány fajlagos energia tartalmának csökkenését, másrészt azt, hogy a fermentációs maradványt jobban be lehet sűríteni mechanikai eszközökkel, mint a szennyvíziszapot (26%).
Ahol a sor üres az azt jelzi, hogy ezt a fermentációs maradványt már nem lehet egyedül elégetni. (Ha 100%-ra szárítanánk, akkor sem tudna akkora fűtőértéket biztosítani, mint amennyi ahhoz szükséges, hogy 850 °C –os lánghőmérséklet legyen. Tehát itt vagy valami magasabb fűtőértékű anyaggal kell a fermentációs

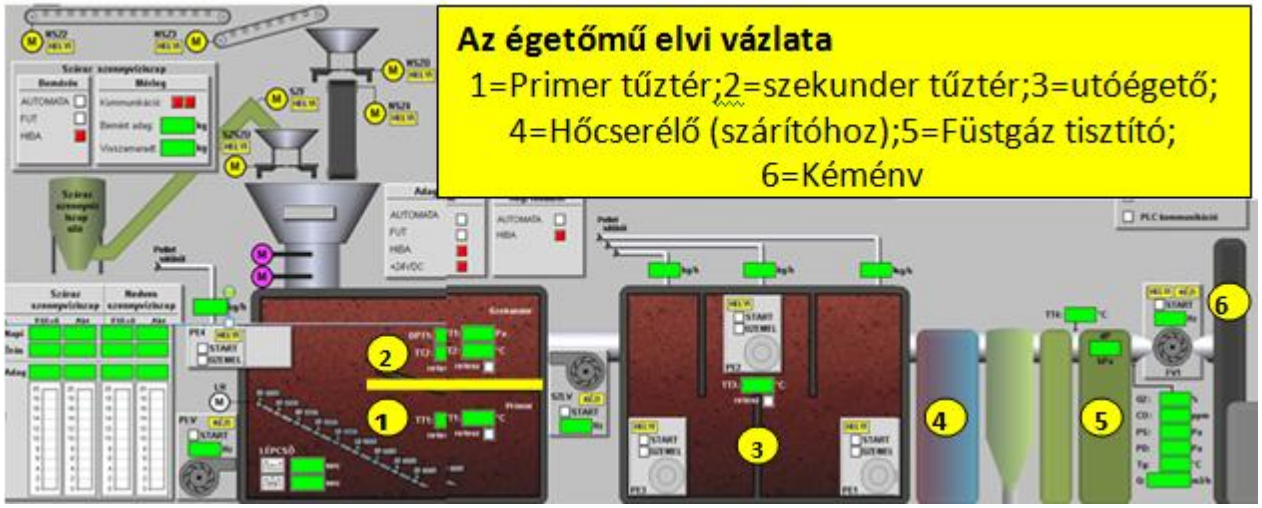
[25] A tüzelőanyagok fűtőértékét - ha azt külön nem jelölik – szárazanyag tartalomra adják meg. Pl. szennyvíziszap =18 MJ/sz.a. kg. Ha ennek szárazanyag tartalma 20% úgy a teljes tömegre vetített fűtőérték csak 3,6 MJ

maradványt keverni, vagy már az égetőműbe kell valami egyéb módon energiát bevinni. (pl. biogáz égő beépítése)

Mint korábban már említettük, az országban két helyen (Eger és Sajóbábony) – prototípusként – azért volt némi valós iszapégetés.
Mindkét helyen szennyvíziszap monoégetés történt. Az időszakos üzemeltetés során számos – szerintünk a későbbiekben jól hasznosítható – ismeretre tettek szert. Mindkét helyen már szabadalmazott eljárások is vannak. A két kísérleti égetőmű más elvek szerint épül fel.

<u>Az egri égetőmű jellemzői:</u>

- A monoégetéshez szükséges szárazanyag tartalmú (55%) tüzelőanyagot a korábban már meglévő iszapszárító által szolgáltatott 95% szárazanyag tartalomra szárított iszap és a szalagpréssel víztelenített szennyvíziszap (20% szárazanyag) megfelelő arányú keverésével állítja elő.
- Ezt a keveréket egy speciálisan kialakított mozgólépcső rostélyos égetőműben égeti el (**30. ábra**).
- Az égetőmű primer tűzterében az éghető anyagok még tökéletlenül égnek el (szénmonoxid tartalom). 650-750 °C hőmérséklet alakul ki
- A szekunder tűztérben – pótlevegő adagolás hatására – ez kiég és a füstgáz hőmérséklete emelkedik 800 – 850 °C –ra.
- Innen a füstgáz a megfelelően méretezett utóégetőbe kerül, amelyen – üzemi teljesítmény (1 MW) esetén – 2,5 s alatt halad át. Amennyiben a füstgáz ide belépő hőmérséklete 850 °C alatt lenne, úgy a beépített pelletégő azonnali indításával biztosítják azt.
- A szolgáltatott energiát termóolaj hőcserélővel a szárító berendezésnek fogják átadni.



30 ábra: Az egri (BIOFIVE) égetőmű elvi felépítése a vezérlő panelről levéve

Az eddigi üzemi próbái alatt 55% szárazanyag tartalmú tüzelőanyaggal, mint a hőmérsékleti, mint az emissziós határértékeket teljesíteni tudta. A tervezett teljesítmény eléréséhez még szükséges lesz némi módosításra az adagoló berendezésnél, illetve az égéslevegő ellátásban is. Alapvető azonban az, hogy az égető berendezés képes fosszilis energiahordozó felhasználás nélkül szennyvíziszapot égetni. Ez a rendszer – a füstgáz tisztító újra szabályozásával alkalmas szennyvíziszap és RDF (SRF) kevert égetésére is. Ebben az esetben – mivel nem kell előzetes szárítás – már nettó energiatermelő lesz.

A Sajóbábonyi égetőmű (31. ábra)

Az égetőmű működési elve jelentősen eltér az egritől. Jellemzői.

31 ábra: ábra: A Sajóbábonyi égetőmű elvi vázlata

- Az égetőmű fluid ágyas rendszerű. A felfelé bővülő, álló, csonka kúp alakú égetőkamra egy homoktöltetű, fluidágyas kialakítású, földgázégővel ellátott kemence.
- Az égetőkamra kilépő keresztmetszete szűkítés nélkül csatlakozik a henger alakú utóégetőbe, ahonnan a füst egy álló füstcsöves, levegő előmelegítő hőcserélőbe kerül. A lecsökkent hőmérsékletű füstgáz egy kazánba jut, ahol hőenergiáját leadva gőzt termel.
- A gőzzel, illetve a gőzfejlesztés után a lehülő füstgázzal az égőtérbe beviendő iszapot 60% körüli szárazanyag tartalmúra tudják szárítani.
- A kazánból kilépő füstgáz mésszel és aktív szénporral vegyítve a reaktorba, majd egy zsákos porszűrőn keresztül ventilátor segítségével a kéménybe kerül. Az innen távozó füst összetétele egy emisszióméró-rendszerrel folyamatos felügyelet alatt van.

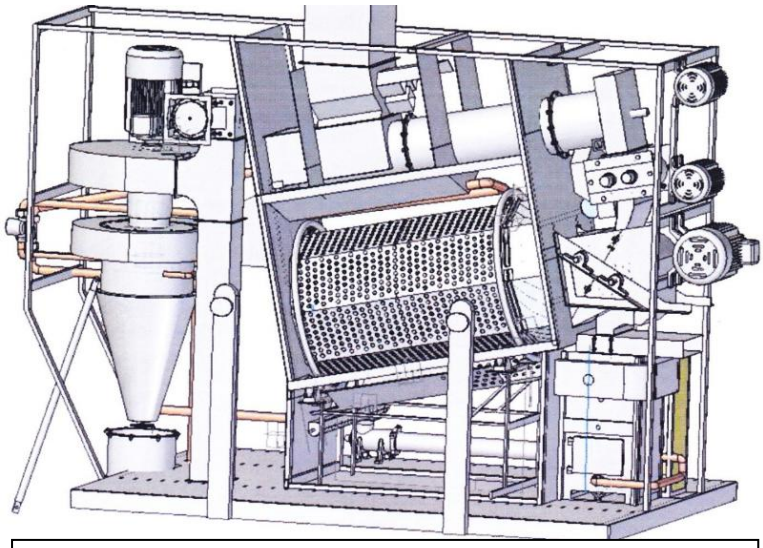
A Sajóbábonyi égetőmű tehát egyben a szárítást is megoldja. Energetikai viszonyai nem jobbak az egrinél, mivel itt a különbség csak annyi, hogy itt az égetéshez szükséges „többlet energiát” az égető térbe földgáz égővel biztosítják. (Az egri berendezés fosszilis energiahordozót nem használ)

A füstgáz tisztító szerves – beépített része az égetőműnek, így az égetőmű csak bizonyos típusú (ebben az esetben szennyvíziszap) égetésére alkalmas. (Az egri berendezésben a füstgáz tisztító modulként csatlakozik az égetőműhöz és az adalék anyaga is egyszerűen módosítható.) Ismereteink szerint jelenleg még a stabil hőmérsékletet nem sikerült megbízható módon biztosítani.

A fentebb irtak alapján is látható, hogy a szennyvíziszap monoégetésénél energia hatékonyság szempontjából a legnagyobb probléma a szükséges szárítás. A meglévő és a piacon kapható berendezések mindegyike, úgy működik, hogy a szárítandó anyaggal valamilyen módon hőt közöl, amely az anyagban lévő vizet elgőzölögteti. Mivel a víz párolgáshője nagyon nagy – 2,26 MJ/víz kg – az egész folyamat - 18-19 MJ fűtőértékű anyag esetében, ahol a legjobb szárítók sem képesek 4 MJ/víz kg alatt szárítani – szükségképpen pótlólagos energiát kell a rendszerbe bevinni. Állíthatjuk a szennyvíziszap monoégetés „Achilles sarka" az előzetes szárítás.

Ezért is érdemel figyelmet KRODOS 600 S/1 amely sa még csak prototípusként létezik.

A KRODOS 600 S/1A szárító berendezés (**32. ábra)** 1 kg víz elvonásához mindössze 2,9 MJ hőt használ fel. Figyelembe véve, hogy ennél a teljesítménynél 760 kg vizet kell elvonni óránként 2 100 MJ hőre van szükség, amely 130 kg RDF-el, vagy 110 kg SRF-el biztosítható.
Ezt a rendkívülinek mondható szárítási hatékonyságot e berendezés úgy tudja elérni, hogy a szárítást egészen új módon végzi.



32 ábra: ábra: KRODOS 600 S/1A szárító berendezés

A beérkező szennyvíziszapot – a kondenzációs hővel előmelegíti majdnem 100 °C –ig. A forráspont elérését és a hőmérséklet tartását egy kiegészítő (kicsi teljesítményű) elektromos fűtéssel biztosítja. Ezen a hőmérsékleten a KRODOS 600 S/1A szárító berendezés szennyvíziszap egy viszkózus folyadékká válik. Ezt a folyadék konzisztenciájú anyagot vezeti, az egymással szeme forgó tárcsapár közé, amelyek „kalapácsokkal" van szerelve. A

kalapácsok ezt a szubsztrátumot makro- porlasztják, ezzel az anyag „összes felülete az eredetihez viszonyítva jelentősen megnő. Ezt a makro-porlasztott anyagtömeget fújja be a ferdén álló perforált szárító térbe, ahol ez az anyag „szembe találkozik” az esetenként 600 °C hőmérsékletű füstgázzal. A hirtelen hőmérsékletváltozás hatására „gőz expanzió” mondhatjuk robbanás következik be. A gyorsan táguló gőz (nincs a rendszerben túlnyomás) utat talál magának a perforált falon keresztül így ki tud jutni a szárítótérből. A száraz anyag azonban belül marad, és az csak a henger végén juttatja ki onnan a henger belső falára szerelt terelőcsiga.

A forró füstgáz és a gőz keverékét a rendszer kondenzálja és a felszabaduló hővel a bejövő víztelenített iszapot melegíti elő.

A berendezés minden eleme szabadalmi oltalom alatt áll . Prototípusként – működő formában – létezik. Úgy véljük ez a teljes kifejlesztése után jelentősen javítani tudja a szennyvíziszap monoégetés energetikai viszonyait.

11. táblázat: Az egri szennyvíziszap (nedves és szárított), és annak, hamujának összetétele, valamint a mezőgazdasági felhasználási határértek.

Paraméter	Határérték 5/2001 korm.rend	Egri vizsgálati eredmények		
		20%-os iszap	Szárított iszap	Hamu
	mg/kg sza.			
Nehézfémek és egyéb mérgező elemek				
As	**75,00**	4,591	5,468	8,6
Cd	**10,00**	1,013	1,074	0,61
Co	**50,00**	2,227	2,517	14
Cr	**1000,00**	12,73	16,88	145,4
Cu	**1000,00**	327,5	309,6	1199,5
Hg	**10,00**	7,5	7,5	0,3
Mo	**30,00**	4,507	4,378	28
Ni	**200,00**	12,02	13,36	73,7
Pb	**750,00**	23,07	29,64	48
Se	**100,00**	4	4	0,5
Zn	**2500,00**	496,3	573,7	29,88
Egyéb (hasznos) elemek				
Ca		22 800,00	29 180,00	164 536,00
K		7 613,00	6 344,00	16 930,50
P				80 551,50
Fe		2 910,00	3 369,00	33 967,00

Az egri (BIOFIVE) berendezés üzemeltetése alatt a tüzelő anyag és hamu összetételére vonatkozóan számos laborvizsgálatot végeztek Ezeket a 11. **táblázatban** összegeztük. Látható, a hamuban mért anyagmennyiségek egyetlen esetben – a réznél - haladja meg

azt a határértéket, amelyet a vonatkozó rendelet a szennyvíziszap mezőgazdasági felhasználhatóságára előír. Ezen túl a hamu még tartalmaz számos esszenciális nyomelemet is. Ez pedig azt is jelentheti, hogy egy semleges esetleg talajjavító anyaggal – pl. tőzeggel, vagy riolittal keverve ezt a hamut akár termésnövelő anyagként lehetne hasznosítani. Ez pedig egészen más megvilágításba helyezi az égetést is. (A szennyvíziszaphoz viszonyítva a hamuból mindössze a nitrogén fog hiányozni) Ez indokolja minden esetben a szennyvíziszap és égetés esetén a hamu alapos vizsgálatát.

Fermentációs maradványt – elemezhető mennyiségben - egyik égetőműben (és máshol sem) égettek. Következtetni ugyan lehetne a hamu összetételére, de az csak fikció lenne. A mai ismereteink szerint a fermentáció nem érinti a szubsztrátumban lévő nehézfémek mennyiségét, viszont a szén miatti tömegcsökkenés koncentrációnövekedést okozhat. Ezt csak ténylegesen elvégzett vizsgálatok után érdemes mélyebben elemezni.

Összegezve. Úgy véljük a szennyvíziszap, és a fermentációs maradvány mono, de RDF-el vagy SRF-el való együtt égetésének is van relevanciája. Az égetőműveket azonban a – szerintünk – mindenképpen a hulladékkeletkezés helyére kell megfelelő kapacitással megépíteni. Ezzel nagyon jelentős energia és költségmegtakarítást, érhetünk el valamint környezetet is kíméljük és többféle kockázatot csökkenthetünk. A TSZH szerves része, valamint a szennyvíziszap együtt égetésével pedig meg tudunk oldani helyben egy óriási problémát. Egyáltalán nem tartjuk bizonyítottnak azt sem, hogy együtt égetés esetén a hamu nem lesz hasznosítható. Feltétlenül szükségesnek tartjuk erre vonatkozóan is kísérleteket végezni.

5. A szennyvíztisztítás és a körforgásos gazdaság

Az emberiség három nagy kihívás előtt áll:

1. Tud-e alkalmazkodni a biztosan bekövetkező klímaváltozáshoz?
2. Meg tudja – e oldani az egészséges ivóvízzel való ellátást?
3. Meg tudja – e állítani a hulladéknövekedés okozta környezetszennyezést?

Manapság dollár milliárdokat fordítanak a „klímaváltozás késleltetésére” EU és ENSZ határozatok, egyezmények születnek arról, hogy mennyivel kell

csökkenteni a széndioxid kibocsátást ahhoz, hogy a hőmérséklet emelkedése ne haladja megfeltéttelezlések szerint a 2 ^{o} C- t. Minden probléma okozója a széndioxid kibocsátás. Ezt halljuk a TV ben, erről szól minden kommunikáció. A világon széndioxid hisztéria van. Az élelmesebbek jól jövedelmező piramis játékot is indítottak Vegyél karbon kreditet! Véded a környezetet és még meg is gazdagodsz! Persze sem egyik sem másik nem igaz. Nézzünk néhány apró tényt, ami bizonyított.

1. Klímaváltozási ciklus az elmúlt 800 000 évben kilencszer volt. Felmelegedéseket lehűlések követték. Ezeknek kozmikus okai voltak. Bárki az interneten is talál erre számos magyarázatot.
2. Az antropogén – emberi tevékenység által okozott - széndioxid kibocsátást számos kutató meghatározta. Általában az összes kibocsátásnak 5 – 8 %-ában szokták megadni. (10%-nál nagyobb értékkel mi nem találkoztunk) Vajon ha ez nullára csökkenne, megállna a felmelegedés? Hát ez alig hihető.
3. Bizonyított tény[26], hogy az előző ciklusokban mindig először a hőmérséklet emelkedett majd ezt követte a széndioxid koncentráció növekedése. Akkor hát a széndioxid koncentráció növekedése nem ok, hanem következmény? Ez teljesen logikus. A két legnagyobb széndioxid kibocsátó a világtenger és a talaj. A tengerekben óriási mennyiségű széndioxid van feloldva. Nézze meg bárki, mi történik, ha melegíti a szódavizet. Ugyanez áll a talajra is.
4. Azon is érdemes elgondolkozni, hogy miként kerülhet a magas légkörbe – hogy ott üvegházhatást okozzon – a légkört alkotó gázok közül az, amelyik a legnehezebb.
5. Végezetül: A széndioxid nem méreg, hanem az élet alapja! A növények szárazanyagának 95%-a széndioxidból keletkezik. 5%-ot vesz fel a talajból. Tehát a magunk is végső soron ugyanilyen arányban ebből állunk.

A klímaváltozás a hőmérséklet folyamatos emelkedése, tehát biztosan be fog következni. Meddő erőlködés a széndioxid kibocsátás csökkentésétől ennek lassulását várni. **Ehelyett az erőforrásokat arra kellene fordítani, hogy miként tudunk az elkerülhetetlenhez alkalmazkodni.** „Ha valamit nem tudsz megváltoztatni, annak állj az élére” szellemében.

Csak a pontosítás kedvéért szeretnénk leszögezni, hogy miközben a széndioxid kibocsátás csökkentésének értelmetlenségét bizonyítjuk, nagyon fontosnak

[26] Az Antarktisz jégtakarójából vett mintákból számított értékek alapján.

tartjuk a környezet szennyezés – benne a légszennyezés – minden formájának csökkentését. Mi mindössze azt állítjuk, hogy **a levegőszennyezés és a széndioxid kibocsátás nem szinonim fogalmak.** A szénnek van egy természetes körforgása. (Ezzel kapcsolatos véleményünket részletesen kifejtettük a „Széndioxid kibocsátás, üvegházhatás, globális felmelegedés és éghajlatváltozás" című cikkünkben /35. hivatkozás/)

Persze ha a körforgás egy elemének kapacitását megváltoztatjuk – mondjuk, kiirtjuk az esőerdőket, abból baj lesz.[27]

5.1. A fenntartható fejlődés elméletről

A korábbi időszakban sok szó esett a fenntartható fejlődésről, mint egy kívánatos életformáról. Fogalmilag is meghatározták, és számos modellt is alkottak:

*„A **fenntartható fejlődés** olyan fejlődési folyamat, ami „kielégíti a jelen szükségleteit anélkül, hogy csökkentené a jövendő generációk képességét, hogy kielégítsék a saját szükségleteiket". A másik tényező, amit le kellene küzdenie, a környezet elhasználódása, de ezt úgy kell véghezvinnie, hogy közben ne mondjon le sem a gazdasági fejlődés, sem a társadalmi egyenlőség és igazságosság igényeiről."*

33. ábra: A fenntartható fejlődés modellje

Ez a cél 70-es évek közepétől kezdett megfogalmazódni. Számtalan modellt dolgoztak ki erre. Aztán már 2 010 környékén bebizonyosodott, hogy nem működnek a modellek:

„Világ a gazdaság működése, energia és nyersanyagigénye szempontjából, már túllépte a fenntarthatóság szintjét. Jelenleg évente

[27] Persze érdemes elgondolkodni azon is, hogy mennyire hatékony dolog azoknak a fejlett gazdaságú országoknak az állásfoglalásai a brazíliai esőerdők kiirtása ellen, akik legnagyobb felvásárlói az onnan származó fának.

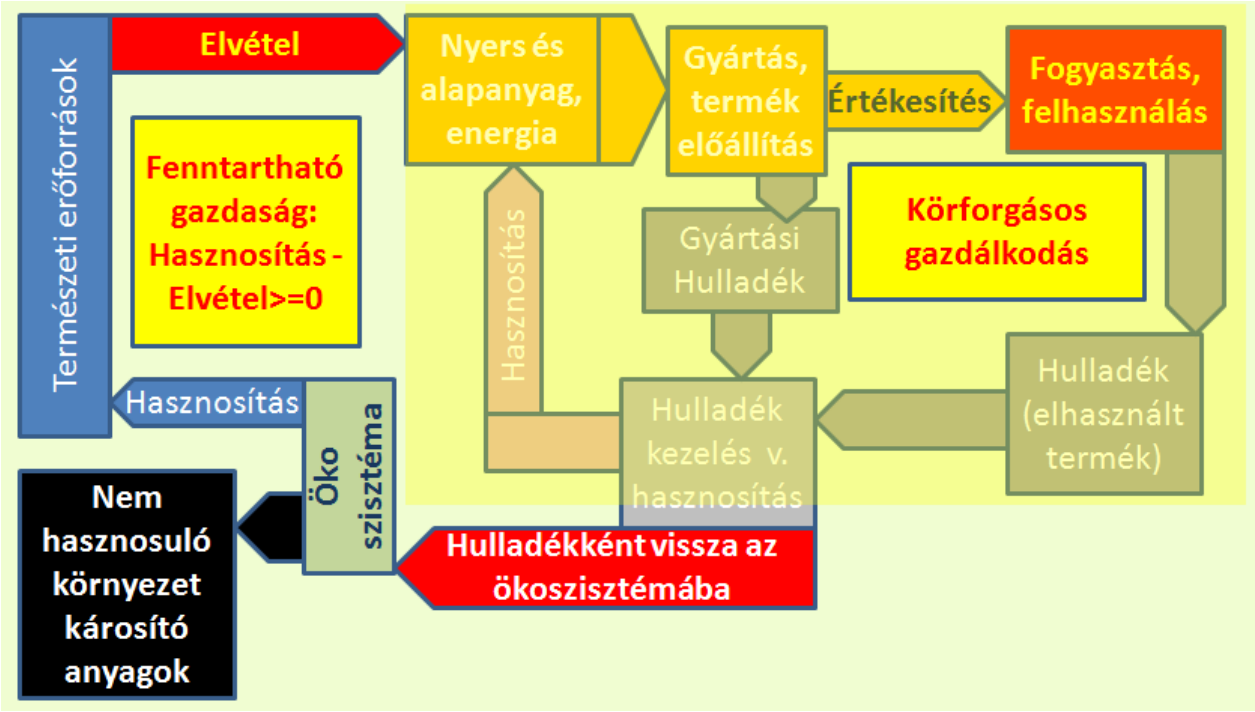
50%-al több környezeti erőforrást használunk fel, mint amennyi 12 hónap alatt regenerálódik." /Dennis Meadows/[28]

Persze ezt előre is lehetett volna látni, hiszen **az képtelenség, hogy bármely véges rendszer végtelen növekedésre legyen képes**. A fenntartható fejlődés fogalom viszont egy végtelen növekedést sejtet.

5.2. A körforgásos rendszerek – fenntartható gazdaság

Ma már körforgásos gazdaságról beszélnek mindenütt. Ez már koránt sem olyan illuzórikus, mint a fenntartható fejlődés.

„A körforgásos gazdaságban az anyagcsere-folyamatok tervezetten, zárt körben áramlanak, a hulladék szinte 100%-osan hasznosul és a biológiai, illetve technikai alkotórészek nem keverednek, hanem minőségi veszteség nélkül visszakerülnek a biológiai és gazdasági körfolyamatokba."



34. ábra: Körforgásos és fenntartható gazdaság modellje

A meghatározás még ebben a formában is idealizált. A magunk részéről elképzelhetetlennek tartunk olyan általános rendszert, amelyben nincsen valamennyi nem hasznosítható, és az ökoszisztémába sem visszavihető

[28] Mondta a Corvinus egyetemen 2010 ben

hulladék. (Elég utalni például az atomerőművek kiégett elemeire) Ezért a magunk számára kissé átfogalmaztuk ezt a modellt.
Bármely konkrét (definiálható gazdasági, fizikai biológiai stb.) folyamatot nézünk, annak vannak inputjai és outputjai. Az input> output egyenlőtlenség mindig fennáll.(100%-os hatásfok nem létezik) Persze itt igaz az, hogy annál hatékonyabb az adott rendszer,[29] amelyben a vizsgált folyamat lezajlik, minél kisebb értéket ad a ∑input - ∑output értéke, ami valójában a rendszeren belül már nem hasznosítható erőforrások (anyag és energia) mennyiségét jelenti. Ezek a vizsgált rendszerből (belső kör) kikerülnek a „rendszer környezetébe".

A fizika egy alapvető állítása szerint folyamatok körfolyamatokká alakíthatóak, **ha kívülről elég energiát viszünk be** a rendszerbe. Ez azt jelenti, hogy nem létezik körfolyamat külső erőforrás bevitele nélkül. Ha az egész földet egy rendszerként értelmezzük, akkor megtalálhatjuk a külső erőforrást, jelesül a napból kapott energiát.

Nekünk azonban nem szükséges ilyen mélységekben vizsgálódni. Ezt a kérdést az Európai Unió is nagyon pragmatikus formában közelítette meg ezt a célkitűzést. A korábbi gyakorlat az egyes területekre vonatkozóan önálló stratégiákat dolgozott ki, illetve írta elő ezek kidolgozását a tagállamok részére is. (Vidékfejlesztési, környezetvédelmi, földvédelmi, hulladékgazdálkodási, energia, megújuló energia, Duna stratégia stb.) A most kiadott irányelv szemléletében más. Biztosítani a rendelkezésre álló erőforrások körforgását. Ez a fő cél. Ehhez részfeladatok kapcsolódnak:

- az élelmiszer-pazarlás csökkentését célzó intézkedések;
- a másodlagos nyersanyagokra vonatkozó minőségi előírások kidolgozása;
- a környezettudatos tervezésre vonatkozó irányelvek;
- a műtrágyákról szóló rendelet felülvizsgálása a biotápanyagok nagyobb arányban való felhasználása;
- a műanyagok körforgásos gazdaságban betöltött szerepére vonatkozó stratégia kidolgozás;
- a tengeri hulladék csökkentésére vonatkozó stratégia kidolgozása;
- a víz újrafelhasználását célzó intézkedéssorozat meghatározása.

[29] A rendszer alatt most egy körülhatárolható általában több konkrét folyamatot tartalmazó kisebb vagy nagyobb egységet értünk. Lehet például egy mezőgazdasági üzemen belül pl a kukoricatermelés, de lehet az adott üzem növénytermesztése, vagy akár az egész üzem is. A kérdés csak az, hogy milyen összefüggéseket akarunk vizsgálni.

A továbbiakban úgy gondoljuk e helyen indokolt áttekinteni, hogy a jelenlegi szennyvíztisztítási rendszereink vajon hasonulnak e ehhez az újnak mondható felfogáshoz?

5.3. A szennyvíztisztítás ma és körforgásos gazdaság megvalósítási igénye.

5.3.1. Vízgazdálkodásunk

Amint a fejezet elején már írtuk a közeljövő legnagyobb kihívása a várható klímaváltozáshoz való alkalmazkodás. Minden előrejelzés azt tartalmazza, hogy hazánk időjárása melegebb és szárazabb lesz. Ebből következően a most nekünk az öntözésre kéne koncentrálni. Ez nem csak a közvetlen veszély elhárítását jelentené, hanem:

- megfelelő mennyiségű öntözéssel jelentősen fokozható a területegységről lehozható növényi termékek mennyisége és értéke is;
- az öntözéssel intenzívebb kultúrák termeszthetők, ami önmagában is új munkahelyeket teremt;
- az öntözéssel a melegedés elviselhetővé válik (kedvezőbb mikroklíma az

35. ábra: Magyarország vízmérlege

adott területen).

Az indokoltsága ellenére, ma a mezőgazdasági üzemek 200 000 ha-ra rendelkeznek vízjogi engedéllyel, ezzel szemben 2016- ban mindössze 96 000 ha-on öntöztek. Ennek többféle oka van, és feltétlenül szükséges lenne ennek az elemzése, de azt egészen biztos, hogy a „vízhiány” nem fog az öntözés csökkenésének okai között szerepelni.
Azt gondoljuk „hungarikumnak” minősül az a tény, hogy egy országból több víz folyik ki, mint amennyi bejön. Pedig „nagyjaink” erről már nagyon sokat beszéltek és írtak:

> *„Házad udvarából ne ereszd ki az eső vagy a hó levét, míg el nem használtad. Úgy határodból, vármegyédből, országodból használatlanul a vizet ki ne bocsássad, mert ez ingyen az Isten becses ajándéka.”* (Beszédes József, 1840)

5.3.2. Ivóvízből szennyvíz, majd tisztítás és iszap

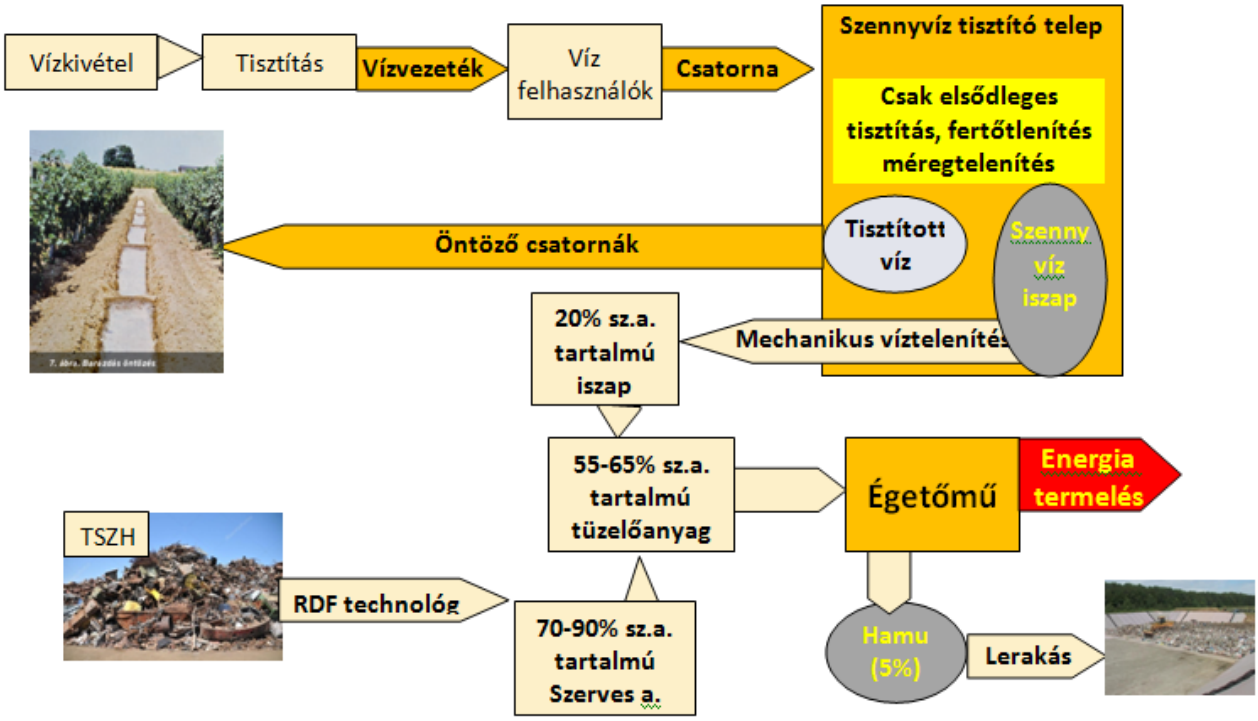
36. ábra: Szennyvíztisztítás - szennyvíziszap

Az ivóvíz útját (mennyiségét) a szennyvíztisztító telepig a 3. Fejezetben részéleteztük Nézzük, most mi történik, és mi történhetne, miután a kitermelt víz szennyvízként, beérkezik a tisztítóba. (36 ábra)

- Óriási értékű infrastruktúra segítségével a szennyezett vizet összegyűjtjük.
- A tisztító telepen- jelentős költség és energia ráfordítással és ÜHG kibocsátással leválasztjuk a szennyező anyagokat.
- A tisztított vizet visszavezetjük vízbázisba.
- A leválasztott anyagot kezeljük:
    - Megfelelő „pihentetés” talajba injektálás.
    - Mechanikus úton való víztelenítés
        - Rothasztás (biogáz előállítás) vagy;
        - Stabilizálás és talajba juttatás;
        - Adalék anyaggal való komposztásás és talajba juttatás. (A legrosszabb esetben a komposzt elégetése)
        - Szárítás
            - Elégetés vagy;
            - Lerakás.

A szennyvizek tisztítása alatt ma szinte mindenki azt érti, hogy abból el kell távolítani (vízben oldhatatlanná kell tenni) a nitrogén és foszfor tartalmú anyagokat, mivel ezek – az élővízbe kerülve – eutrofizációt okoznának, ezzel súlyosan károsítanák az élővíz ökoszisztémáját. Ez a leválasztás jelentős anyag, energia ráfordítással továbbá káros anyag kibocsátással jár. További ráfordítást igényel az, hogy ettől a hulladéktól valamilyen módon a szennyvíztisztító telep „meg tudjon szabadulni”. Kétségtelen tény, hogy ebben a hulladékban jelentős mennyiségű a „növényi tápláléknak” minősülő anyag[30] tehát indokolt az igény, hogy ezt vissza kéne juttatni a talajba, így biztosítani a természetes körforgást. Ezt az iszapot azonban a talajba juttatás előtt kezelni kell. Ez a kezelés drága és meglehetősen nagy diffúz emisszióval jár.
Ma egyre több szó esik a szennyvízben egyre nagyobb mennyiségben megtalálható hormon és gyógyszer maradványokról. Ezek előfordulását rendszeresen sehol nem vizsgálják, mert vagy nincs is rá módszer, vagy nagyon drága. Ezeket a jelenleg alkalmazott szennyvíztisztítási technológiákkal nem tudjuk eltávolítani, tehát a vízbázisba kerülnek. Ma már vannak jelek arra, hogy ezek az anyagok a vizek ökoszisztémájában kedvezőtlen változásokat okoznak.

[30] Persze itt már felmerül a kérdés, hogy a szennyvíztisztítási technológiával a vízben oldhatatlanná tett nitrogén és foszfor vegyületeket a növények milyen módon tudják felvenni. Az iszapkezelés során ezért olyan biológiai, és kémiai eljárásokat is alkalmaznak, amelyek azt célozzák, hogy ezek az anyagok újra vízben is oldhatóvá váljanak.



A jelenlegi szennyvíztisztítási rendszer tehát meglehetősen drága, igen nagy emisszióval jár, a hozzá kapcsolódó „hulladékkezelés" (szennyvíziszap) elhelyezése is számos problémát vet fel, és nem tudja garantálni azt sem, hogy a „tisztított víz" nem okoz a vízbázisban károsodást. Joggal merül fel tehát a kérdés, hogy találhatunk e más, ennél jobb megoldást.

Ismeretes, hogy az ökoszisztémára káros anyagokat a talaj sokkal intenzívebben képes semlegesíteni, mint az élővíz. Az is ismert, hogy a szennyvízben vannak olyan anyagok, amelyek a vízben szennyezést jelentenek a talajban viszont talajerő visszapótló anyagként jelennek meg. Tekintsük a **37 ábrát**.

Ennél a modellnél az lenne a kívánalom, hogy a tisztítás során -a biológiai tisztítást követően -a nitrogén és foszfor vegyületekhez „ne nyúljunk hozzá" azok maradjanak változatlanul oldott formában. Történjen azonban valamiféle fertőtlenítés, és a lehető legnagyobb mértékben távolítsuk el az idegen és káros anyagokat. Az így tisztított vizet viszont öntözésre használjuk fel. Az EU 18/340 sz. Rendelete A,B,C,D kategóriára osztja az öntözött terméktől függően a szükséges tisztítás mértékét. A „D" kategóriába tartozik a nem élelmiszer célú tetrmékek öntözése (energiafű, vetőmag stb.) Itt az EU Rendelet biológiai tisztítás után engedélyezi a szürkevíz vagy új víz öntözésre való igénybevételét, ga az E Coli ≤ 10 000 és a turbiditás ≤ 5.

Ebben az „új vízben":

- a növények számára hasznos anyagok oldott állapotban vannak jelen így azok felvehetők;
- a szárazanyag koncentráció nagyon kicsi (<0,05%) így ha fordul is elő

37. ábra: Szennyvíztisztítás – a szennyvíznek öntözésre való felhasználásával

káros anyag az töredéke annak, amit a szennyvíziszappal – annak bármely eddig alkalmazott mezőgazdasági hasznosítási formájával – kivihetünk, noha a talaj sokkal hatékonyabban tudja bármilyen káros anyagot – így a gyógyszer és hormon maradványokat ártalmatlanítani, mint a víz.

Persze még a fentebb jellemzett technológia alkalmazása esetén is keletkezik szennyvíziszap, de ez a mezőgazdaság számára már haszontalan, hiszen ebben növényi tápanyag gyakorlatilag nem lesz. Kérdés mi történjen ezzel?

Itt jöhetne be a szennyvíziszapnál sokkal nagyobb problémát okozó a Települési Szilárd Hulladékból a hasznos anyagok kiválogatása után vissza maradó szerves rész. Ez ugyanis másra, mint égetésre már nem hasznosítható. Az RDF technológia alkalmas a TSZH- ból minden hasznos anyag kinyerésére. A visszamaradó szerves anyagból viszont magas szárazanyag tartalmú (70-90%) és jó fűtőértékű (14-19 MJ/kg) tüzelhető anyagot hagy hátra. Ezt keverve a szennyvíziszappal kiküszöbölhető annak az egyébként szükséges rendkívül nagy energia igényű szárítása.
A kettő együtt égetve – megfelelő berendezésben elégetve:

- Energiát szolgáltat
- Megoldja az adott településen a tejes hulladékkezelést.

Tudatában vagyunk azzal, hogy ez a jelenleg alkalmazott szennyvíztisztítási technológia teljes átalakítását igényelné, és nem egyszerű a nagyvárosokban megoldani az öntözést sem. Ez nem is rövidtávon megoldható feladat.
Az egyre nagyobb problémát okozó hulladék elhelyezés, valamint a várható klímaváltozás ki fogja kényszeríteni a racionálisabb megoldásokat.

Minden előrejelzés szerint hazánk időjárása a várható klímaváltozás hatására szárazabbra és melegebbre fordul. Az öntözés fejlesztése tehát elengedhetetlen lesz. E cél megvalósításának egyik lényeges eleme lehet az olyan technológiával tisztított szennyvízzel való öntözés, amely benne hagyja a növényi makró (esetleg a mikró) tápanyagokat a vízben, viszont kiszedi a káros anyagok lehető legnagyobb hányadát.[31]

A szennyvízzel való öntözéssel – különösen az előző időszakban jó néhányan foglalkoztak. (20, 21 hivatkozás, Ligetvári stb.) A kutatások eredménye az, hogy

[31] Ilyen technológiát jelenleg nem ismerünk. Úgy gondoljuk, ideje lenne – legalább is kutatási szinten foglalkozni ezzel.

a jelenlegi tisztítási technológiát figyelembe véve nem okoz problémát. (L.**12 táblázat)**. A növényekben sem jelennek meg a nehézfémek. Valójában az a helyet, hogy a nehézfém tartalom a hazai szennyvizek döntő többségében meg sem közelíti a vonatkozó rendeletekben a mezőgazdasági felhasználásra engedélyezett határértéket.

12. táblázat: Szennyvízzel való öntözési kísérletek 1989 ben (Vermes L. Felmérése)

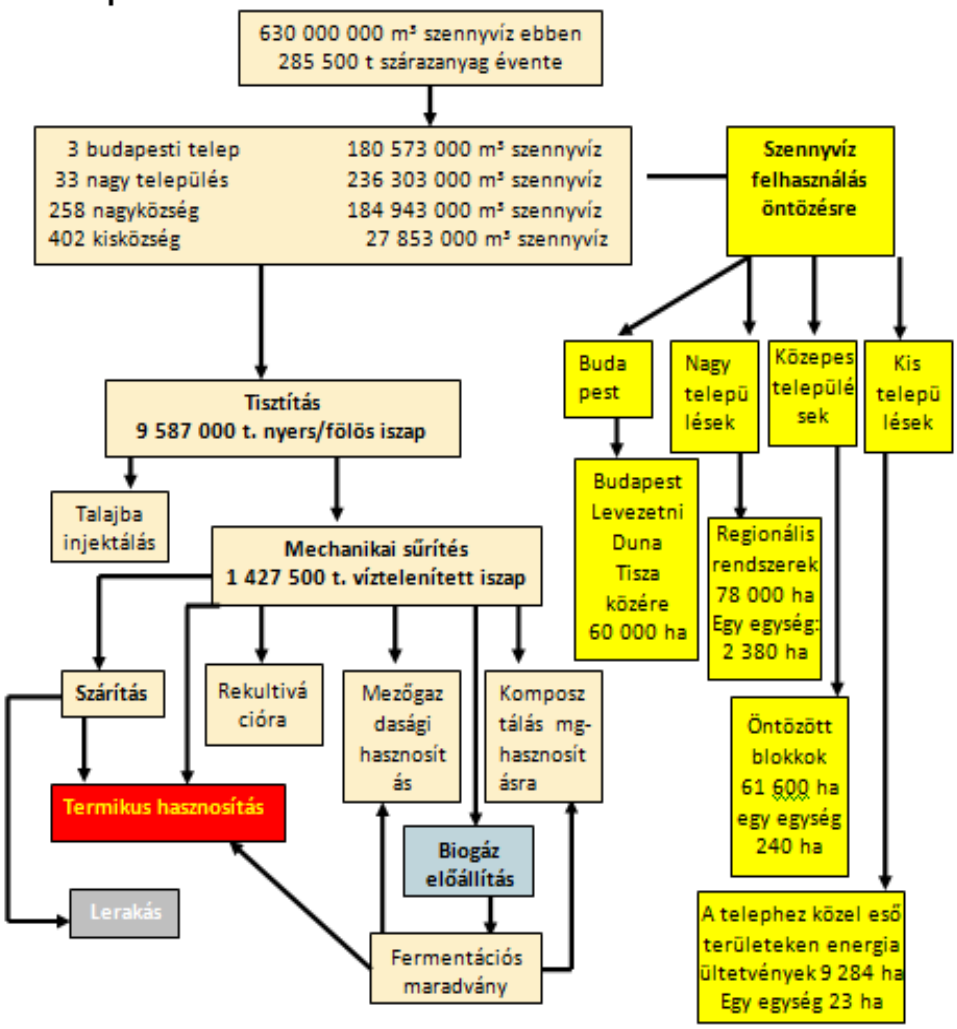
Település	Tisztítótelep tisztítási rendszere	Ipari szennyvíz terhelése	Kapacitás	Szántó területe	Faültetvény területe
			(m3/d)	(ha)	(ha)
Kecskemét	mechanikai előtisztítás és öntözés	élelmiszer szolgáltató ipari	18.000	700	70 + 6
Cegléd	mechanikai előtisztítás és öntözés	élelmiszer szolgáltató ipari	5.600	800	50
Gyula	mechanikai, biológiai előtisztítás és öntözés	tej-, hús-feldolgozó ipari	7.000	-	140
Nyírbátor	mechanikai előtisztítás és öntözés	fémfeldolgozó, növény-olaj-, mosó-szeripari	2.400	-	50
Zalakaros	mechanikai előtisztítás és öntözés	-	1.000	-	36
Nagykálló	mechanikai előtisztítás és öntözés	-	500	-	18

A kísérletek azt bizonyították, hogy sem a talaj nehézfém tartalma nem növekedett, sem pedig az itt termelt növények termésében nem jelentek meg a nehézfémek, tehát a részlegesen tisztított szennyvízzel való öntözés nem jár azzal a veszéllyel, hogy emiatt káros anyagok kerülhetnének a táplálék láncba.
Ez várható is volt.
A szennyvíz és szennyvíziszap mezőgazdasági felhasználásának feltételeit meghatározó 50/2001 (IV.3) kormányrendelet szerint az egy év alatt 1 ha területre kivihető szennyvíz szárazanyag mennyiségének maximumát 10/ha – ban határozza meg. Ez szennyvízzel való öntözés esetén 20 000m^3/ha (2 000 mm-el való öntözést) jelentene. Ugyanez 3,5% sz.a tartalmú iszapinjektálásnál 286 tonna, 20% sz.a. tartalmú víztelenített iszap esetén 50 tonna, 70% szárazanyag tartalmú komposzt esetén 14 tonna kijuttatását jelentené.

Fordítva még szemléletesebb. Egy reálisnak mondható évi 400 mm csapadéknak megfelelő öntözéssel kivitt szárazanyag megfelel 57 t/h iszapinjektálásnak, vagy 12 t/h víztelenített iszappal, vagy 2,9 t/h komposzttal való „trágyázásnak”. Emellett a vízben az értékes anyagok zömmel oldott állapotban vannak jelen, amit a D kategóriás növények azonnal fel tudnak venni. A másik két esetben ez vitatható.

Részlegesen tisztított szennyvízzel tehát a jogszabályok alapján ma is lehetne öntözni. Kétséges, hogy engedéllyel vagy a nélkül is.[32]

I



38 ábra: Szennyvíztisztítás és szennyvíziszap felhasználás jelenleg, valamint a szennyvízzel való öntözés elméleti lehetősége

Elkészítettünk egy összehasonlító ábrát. A baloldalon található, hogy jelenleg mi történik, illetve történhet ma a szennyvíziszappal. A jobb oldalon – azt mutatjuk be, hogy elméletileg miként lehetne az összes keletkező szennyvizet öntözésre felhasználni. Itt figyelembe vettük, azt a lehetőséget is, hogy a Budapesten keletkező hatalmas szennyvíz mennyiséget a homokhátság öntözésére használnánk fel. (Ez már régen megfogalmazódott igényként is. Persze tudjuk, hogy egyrészt ez teljes egészében nem valósítható

[32] Ha szennyvíziszapról illetve olyan szennyvíziszap készítményről van szó, amelyik nincs termékké minősítve akkor annak mezőgazdasági felhasználása egyértelműen engedélyhez kötött. Ha már termék, akkor korlátozás nélkül felhasználható, mivel a szennyvíziszap hulladék. A szennyvíz azonban az elmúlt évben kikerült a hulladékok köréből. (nincs is EWC kódja) Persze termékkódja sincs.

meg, hiszen biztosan lesz néhány olyan tisztítótelep ahol a szennyvíz nem lesz mezőgazdasági célra felhasználható, vagy területi elhelyezkedése lehetetlenné teszi víz, öntözésre való elvitelét. Ennek a forrás szükséglete is meglehetősen nagy összeget tenne ki.
Ahogy azonban erről már korábban szóltunk a várható klímaváltozás miatt nem sokáig engedhetjük meg magunknak azt a luxust (vagy ostobaságot), hogy a területünkről több víz folyjék ki a bejövőnél. Az édesvíz egyre nagyobb „kinccsé" fog válni. A víz erőforrás. Ma még talán nálunk nem így jelentkezik, de nagyon valószínűsíthető, hogy néhány évtizeden belül a rendelkezésre álló víz mennyisége fogja meghatározni a termelhető mezőgazdasági termékek tömegét.

A jelenleg összegyűjtött szennyvízzel 150 000 ha-t öntözhetnénk 400 mm csapadéknak megfelelő vízellátással. Ez azt is jelentené, hogy közel 0,7 köbkilométerrel csökkenne az országból kifolyó víz többlete.

Hogyan függ ez össze a körforgásos gazdaság megvalósításának igényével? Hát úgy, hogy a szennyvízzel való öntözés egy „hulladékképződési forrást" szüntet meg. Nem, vagy csak minimális mennyiségű szennyvíziszap (hulladék) képződik, amit jelenleg jelentős anyag és energia ráfordítással kezelünk, hogy valamilyen módon újra felhasználhassuk. Eközben jelentősen szennyezi a környezetet. (a kezelésből származó emisszió)

Emiatt feltétlenül szükségesnek tartjuk – kezdetben a kistelepüléseken – hogy hozzunk létre néhány ilyen modellt – pilot projektként – amelyekkel megbízhatóan tesztelhetnénk a valódi hatást.

5.4. És amiről kevés szó esik

A szennyvíztisztításnak korábban nem volt témája a gyógyszer, a hormon és a hormonhatású készítmények eltávolítása. (Ezeknek még a vizsgálati módszere is hiányos, illetve nagyon drága, így rendszeresen nem is vizsgálják ezeket, csak eseti kutatási eredmények léteznek.) Mivel a tisztított szennyvizet minden nagyobb tisztítótelep a felszíni élővizekbe vezeti vissza, ezek szinte teljes egészébe ide kerülnek vissza.
(Lásd a linket)

https://youtu.be/fS_DZUJDIZg

Különösen veszélyesnek minősítette már több kutatás a ösztrogén hormonokat (fogamzásgátlók) és a velük azonos hatást kiváltó Xeno ösztrogéneket amelyek

hatalmas mennyiségben fordulnak elő a kozmetikumokban, a modern mosó, öblítő, lemosó, és tisztító szerekben, valamint festékekben. Ezek többsége a szennyvízbe (tisztítás után a felszíni élővizekbe) kerül. Számos kutató látta és látja úgy, hogy egyenes összefüggés van, e szerek felhasználásának növekedése, valamint a meddőség (férfiak és nők egyaránt) és a nőknél már szinte népbetegségnek számító ösztrogén dominancia között.

- ***Felére csökkent a férfiak spermiumszáma az elmúlt évtizedekben - állapította meg a jeruzsálemi Héber Egyetem összefoglaló tanulmánya.***
- https://www.csaladinet.hu/hirek/eletmod/egeszseg/18071/korunk_egyik_nepbetegsege_az_quot_osztrogen_dominancia_quot
- https://mioma.hu/xenoosztrogenek-hormonok/

Az élővíz flórája és faunája nem képes ezeket az anyagokat hatástalanítani, így valóban - még hatékony formában - az ivóvízbe kerülhetnek.
Más a helyzet, ha a tisztított szennyvíz nem kerül közvetlenül a felszíni élővízbe, hanem a talajba visszük azt. Hasonló a helyzet a vizekbe néhol már tragikusan felszaporodott mikro műanyagokkal is. Ezek felszaporodásáért – a tudatos vízszennyezés mellett – szintén az élővizekbe visszavezetett tisztított szennyvíz tehető felelőssé.

Mindezek alapján úgy gondoljuk, ideje lenne újra gondolni a szennyvíztisztítási technológiákat. Semmi nem szól a mellett, hogy a tisztított szennyvizet visszavezessük az élővizekbe. Az öntözésre való felhasználását viszont egyaránt sürgeti a gazdaságossági követelmény, a várható klímaváltozás, és fajunk fenntarthatósága is.

6.Irodalomjegyzék

1. **VÍZELLÁTÁS ÉS CSATORNÁZÁS (Horváth Imre, Ligetvári Ferenc, Marjai Gyula, Simándi Péter)**
2. **Szennyvíz- és szennyvíziszap-hasznosítás (Ligetvári Ferenc)**
3. **Fokozott CO2 felvételt szolgáló biomassza előállítása szennyvizes felszín alatti öntözéssel (Glatz Ferenc, Ligetvári Ferenc 2005**
4. Szennyvíztisztítási technológiák Dr. Simándi Péter (2011)
5. Szennyvíztisztítás korszerű módszerei: Dr. Kárpáti Árpád (2011)
6. VÍZGAZDÁLKODÁS ÉS VÍZMINŐSÉGVÉDELEM dr Bodnár Ildikó 2014
7. A víz körforgása. A hidroszféra fejlődéstörténete és tulajdonságai (Czigány Szabolcs)

8. **A szennyvíztisztítás kialakulása, fejlődése napjainkig**
9. A szennyvíztisztítás kialakulása, fejlődése napjainkig /II/
10. 36/2006. (V. 18.) FVM rendelet A termésnövelő anyagok engedélyezéséről, tárolásáról, forgalmazásáról és felhasználásáról
11. 50/2001. (IV. 3.) Korm. rendelet a szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának és kezelésének szabályairól
12. 2012. évi CLXXXV. Törvény a hulladékról
13. Szennyvíziszap stratégia 2023 -ig
14. A hulladékgazdálkodási rendszer által használt kód és törzsállományok
15. A szennyvíztisztítás alapjai /Kárpáti Árpád 2007/
16. Vízgazdálkodás-Szennyvíztisztítás Kárpáti (2011 Környezetmérnöki tudástár)
17. Szennyvíziszap kezelés (Kocsis István 2011)
18. Az EU hulladékról szóló irányelvének (2008/98/EK) módosítása
19. A szennyvíziszap mezőgazdasági hasznosítása Prof. Tamás János, Prof. Blaskó Lajos (2008)
20. A települési szennyvizek, szennyvíziszapok talajban történő tisztítása, mezőgazdasági felhasználása (dr. Wittmann Mihályné,dr. Ravasz Tibor dr. Tóth László,Werderits János Klimó Erzsébet)
21. TELEPÜLÉSI SZENNYVÍZISZAP HASZNOSÍTÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI (BME Czermann Móni 2010)
22. Velünk élő történelem (Ligetvári Ferenc)
23. A szennyvíziszap-elhelyezés talaj mikrobiológiai problémái (Szili Kovács Tibor 1985 Agrokémia és talajtan 3-4 szám)
24. A szennyvíziszapok hasznosításának gyakorlata. (dr Kiss Jenő 2013)
25. Uniós finanszírozású szennyvíztelepek felülvizsgálata (EU 2015)
26. Dr. Czupy Imre, Vágvölgyi Andrea-Komposztálás
27. **A komposztálás fogalma, haszna, komposztálható anyagok (Kocsis István)**
28. **A hulladékok ártalmatlanításának biológiai módszerei (dr Barótfi István)**
29. ANAEROB ELŐKEZELÉS HATÁSA A SZENNYVÍZISZAPOK KOMPOSZTÁLÁSÁRA (Rózsáné Szűcs Beatrix 2013 doktori)
30. Szennyvíz iszap elhelyezés tervezése (Prof. Tamás János, Prof. Blaskó Lajos 2008)
31. A huminsavak szerkezete és tulajdonságai (Stefanovits Pál, Filep György, Füleky György)
32. Mikroelemtrágyázás (Loch Jakab – Nosticzius Árpád)
33. TOXIKUS NEHÉZFÉMSZENNYEZÉS UTÓHATÁSÁNAK VIZSGÁLATA (Szegedi László 2011 Disszertáció)

34. Szennyvíziszap hasznosítás (Biospol)

35.**Szennyvíziszap HASZNOSÍTÁSA (Román Pál)**

Széndioxid kibocsátás, üvegházhatás, globális felmelegedés és éghajlatváltozás. (Ligetvári – Tóth 2016)