

A SZENNYVÍZTISZTÍTÁS KÖRNYEZETKÁROSÍTÓ HATÁSAINAK MÉRSÉKLÉSE

TOLNAI BÉLA

tolnaibela51@gmail.com

Kulcsszavak: szennyvíztisztítás, környezetszennyezés

TARTALMI ÖSSZEFOGLALÓ:

A szennyvíztisztítás mai gyakorlata környezetkárosító, hisz a leggyakrabban alkalmazott eleveniszapos technológia nem képes a szennyvízben szükségszerűen megjelenő hormonok és gyógyszermaradványok eltávolítására. A cikk a környezetszennyezés mérséklésének lehetőségeivel foglalkozik, beleértve a cél eléréséhez szükséges paradigmaváltásokat is.

1. A SZENNYVÍZTISZTÍTÁS FOGALMI RENDSZERÉNEK PONTATLANSÁGA

Korábban vízellátás-csatornázásról beszélünk, amit ma általában a vízi közművekkel kapcsolatos tevékenységként említünk.

A vízellátás definíciója viszonylag egyértelmű. Két alrendszere van: a víztermelés és a vízelosztás. A víztermeléstől kellő mennyiségű és elvárt minőségű vizet követelünk, a vízelosztás a fogyasztókig juttatja el a vizet, célként az elegendő mennyiségű és előírt nyomást megjelölve.

A szennyvízzel kapcsolatos magyar terminológia sok vonatkozásban nem egyértelmű, magyarázatra szorul. A csatornázás helyett ma szennyvíz szolgáltatásról beszélünk, amelynek szintén két alrendszer van: a szennyvízelvezetés és a szennyvíztisztítás. A szennyvízelvezetés a csatornahálózat segítségével

történik, amely tevékenységnek van célfüggvénye: a szennyvíz mielőbb érjen be a telepére. Mikrobiológiai indokokra visszavezethetően ez az előírt időtartam 5-6 nap.

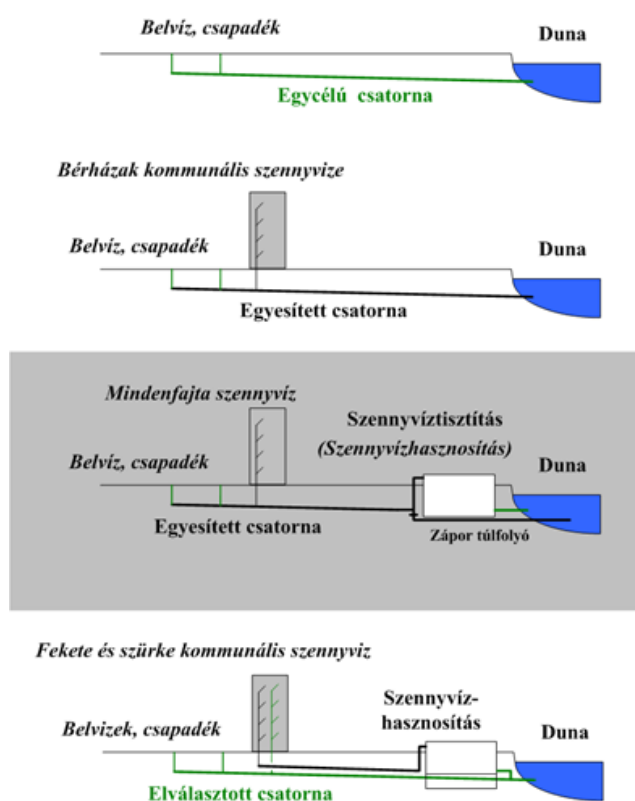
A telepre érkező szennyvizet tisztítjuk, a leválasztott iszapot pedig stabilizálási céllal kezeljük. Az általánosan használt szennyvíztisztító telep az ott elvégzendő tevékenységnek így csak egyik részét fedi le. Az iszappal kapcsolatos műveletek jelentősége csak az utóbbi időben került előtérbe. Ma már egyre hangsúlyosabban beszélünk mind a tisztított szennyvíz, mind a kezelt szennyvíziszap hasznosításáról.

Bonyolítja a helyzetet, ha a települési csapadékvíz elvezetése egyesített rendszerű csatornahálózaton valósul meg. A szennyvizet csapadékvízzel keverve még több szennyvizet hozunk létre, amelyet aztán tisztítani kell. Ahogy a csatornázás, úgy a szennyvíztisztítás kifejezés sem azonosítja pontosan a szóban forgó tevékenységet. Fogalmaink pontatlansága számos félreértésre ad okot és folyamatos magyarázkodásra kényszerülünk.

2. A SZENNYVÍZTISZTÍTÁS FEJLŐDÉSE

Hasonlóképpen bajban vagyunk, amikor a szennyvíztisztítást, mint elvégzendő feladatot próbáljuk meg definiálni. A fejlődéstörténet alapján (lásd 1.ábrán) a csatornázás

kialakulását a fertőző betegségek elhárítása, valamint a komfortos életmód igénye indokolta. Kezdetben a víz megtisztítása a folyóvíz öntisztulási képességének igénybevételével történt. Amikor a szennyvizet befogadó élővizek tisztítási teljesítőképességük határa érkeztek, elszennyeződtek. A problémát orvosolandó szennyvíztisztító telepek építésére került sor. Ez a kényszerű lépés aztán számos technológia eljárás kialakulását és számos műtárgy kifejlesztését hozta.



1. ábra A szennyvíztisztítás vázlatos fejlődés története

Mára már megszületett a felismerés, hogy a szennyvíztisztítás helyett sokkal helyesebb a szennyvíz hasznosításáról beszélni. A hasznosításba beleértve mind a tisztított szennyvizet és a leválasztott iszapot. A tisztított szennyvízzel történő öntözésről a fejlődéstörténeti ábra még nem beszél.

2.1 A szennyvíztisztítás és a környezet-szennyezés viszonya

A szennyvíz az ipari vagy háztartási vízfelhasználás végterméke, lényegében bármely olyan víz, amely emberi behatásra szennyeződött el, illetve eredeti minősége megromlott. Az ipari szennyvíz és a kommunális szennyvíz eltérő megítélés alá esik. Az ipari szennyvíz ma már csak meghatározott előtisztítás után bocsátható a kommunális csatornahálózatba. A szennyvíz tehát különböző terheltségű vizek keveréke, amelyet mi keverünk össze. A szennyvíztisztítás az alkotóelemek szétválasztása törekvéseként értelmezhető. A szétválasztás fizikai eljárásokkal történik. A szennyező molekulák lebontása, átalakítása a biológiai lehetőségekhez tartozik.

Egy másik értelmezés a víz és a szennyező molekulák összetételéről szól:

A szennyvíz (vagy elszennyeződött víz) különböző szennyező anyagok és a víz komplex keveréke. A szennyezők nagy részét pontos molekula-összetétellel és szerkezettel nem is lehet, vagy semmiképpen nem szükséges (nem gazdaságos) meghatározni. [6].

Ezen megengedő definíció mentén eredeztethető a szennyvíztisztítás ma elfogadott fel fogása, amelyet az 1. táblázat tükröz vissza.

Az 1. táblázatnak mérlegszemlélete van. A vizsgálati jegyzőkönyvek alapján összeállított táblázat a fontosnak tartott, tipikus mérési paramétereket tartalmazza. A beérkező és a tisztított szennyvíz viszonylatában azt várjuk el, hogy a megnevezett extenzív paraméterek számértéke a technológián történő áthaladás során csökkenjen (2-3. oszlop), mégpedig a tisztított szennyvízre megadott határérték alá (4. oszlop). A szennyvíztisztító telep vízjogi engedélyében rögzített határértékek nem abszolút számok, azok a befogadó élővíz besorolásától

1. táblázat A szennyvíztisztítás megítélése az input-output alapján

Mérési paraméter	Mértékegység	Befolyó (nyers) szennyvíz	Tisztított szennyvíz	Határérték (egyéb védett területek)	Minimális csökkentési hatásfok (%)
pH	[-]	7,7	7,6	6,5 - 9,0	
Ammónium-nitrogén	[mg/L N]	39	12,2	5	
Biokémiai oxigénigény BOI5	[mg/L O ₂]	225	5	25	70 - 90
Kémiai oxigénigény KOI _k	[mg/L O ₂]	640	76	75	75
Szereves oldószer extrakt (olajok, zsírok)	[mg/L]	13	2	5	
Összes foszfor	[mg/L P]	4,6	1,91	2	80
Összes lebegőanyag (iszap-koncentráció)	[mg/L]	190	15	100	90
Összes nitrogén	[mg/L N]	43	23	30	70 - 80

és a hatáság megítélésétől függenek. Ezen túlmenően a szennyvíztisztító telepek méretezésének irányelvei a minimális csökkentési hatásfokot is megadják, illetve ajánlasként előírják (4. oszlop). Az 1. táblázat befolyó és tisztított szennyvíz mérési értékei egy konkrét vizsgálati jegyzőkönyvből származnak.

A fentiek fényében - némiképp sarkosan fogalmazva - a szennyvíztisztító telep egyfajta „KOI, BOI csökkentő műnek” tekintendő. A mérleg szemlélet egyszerű és jól átlátható, azonban nagyon félrevezető. Az input és output oldalon figyelt paraméterek összegző, indikátor paraméterek. Nem mondanak semmit a biológiai szennyvíztisztítás lényegéről, miszerint a szennyező molekulák lebomlása, átalakulása valójában megtörtént-e. Erre csupán indirekt paraméterek változása útján következtetünk. Kétségtől a tapasztalatok a megépített nagyszámú műben a víz tisztulását mutatják. Mérések által igazolt tény azonban az is, hogy a szennyvíztisztítás biológiai reaktortereiben a hormonok és gyógyszer-maradványok nem képesek lebomlani, átalakulni. Következésképp a szennyvíztisztítás mai

gyakorlata technológiai értelemben környezetszennyező, hisz ezek a lebontatlan molekulák az élővizekben landolnak. Jogi értelemben nem ez a helyzet, mert a hormonokra, gyógyszer-maradványokra vonatkozóan nincs határérték meghatározva. Ha pedig határérték hiányában határérték túllépés nem tud megvalósulni, úgy a környezetszennyezés jogi értelemben nem következik be. Meglehetősen ellentmondásos szituációval állunk szemben.

2.2 A szennyvíztisztítás elégtelenségének oka

A biológiai víztisztulás azáltal valósul meg, hogy a szennyezést okozó molekulák lebomlása, átalakulása megtörténik és a keletkező bomlástermékek már nem bizonyulnak szennyezőnek a vízben. Szervesmolekulák függően az oxigén jelenlététől - vagy másképpen az oxikus-anoxikus viszonyoktól - javarészt vízre, szén-dioxidra, illetve szén-dioxidra, metánra bomlanak el. A nitrifikáció és denitrifikáció során az ammónium négy lépésben nitrogénné alakul.

A közismert bomlási, átalakulási képletek csak statisztikus értelemben igazak. A feltételek hiánya a bomlási folyamatot megnehezíti, adott esetben ellehetetleníti.

Molekulák a természetben stabil képződmények. Atomokká történő szétesésükhöz energia közlésére van szükség (lásd 2. ábra). Ha kémiai oxidációról beszélünk, a közlendő energia nagysága az aktivációs energiaszinttel azonos [8].

Biológia módon történő oxidáció esetén az aktivációs energiaszint az enzimekatalizáció révén lecsökken és csak minimális energia befektetéssel az atomok szabadná válnak - vagy átmozgásuk egyik helyről a másikra lehetővé válik [1] -, hogy új molekulákká alakulhassanak, miközben energia szabadul fel. Szemben a kémiai égéssel a biológiai oxidáció alig igényel energiát. Ez teszi a biológiai víztisztítást – amely a szennyezést okozó szerves molekulák oxidációját jelenti – olcsó folyamatá.

Az enzimekatalizáció létrejöttéhez biofilmen kívüli és biofilmen belüli feltételek teljesülése szükséges. Állításunk belátásához a következőkből kell kiindulni:

- A biofilm a baktériumok élettere. A biofilm megtapadásához szilárd felületre van

szükség. Ezt nevezzük biofilmhordozó felületnek. A biofilmen belül a baktériumok mozognak ugyan, de érdemben nem változtatják helyüket. A baktériumok egysejtű élőlények, amelyek testfelépítése számos, különböző enzimmolekulából áll.

- Az enzimekatalizáció létrejöttének első feltétele, hogy a lebontandó szerves molekula bejuthasson a mikrobák életterébe, azaz a biofilmbe. Ennek a logisztikai előtét folyamatnak a hasonlósági kritériuma a Pe-szám, amelynek képlete:

$$Pe = \frac{w d_e}{D_s} \quad (1)$$

ahol

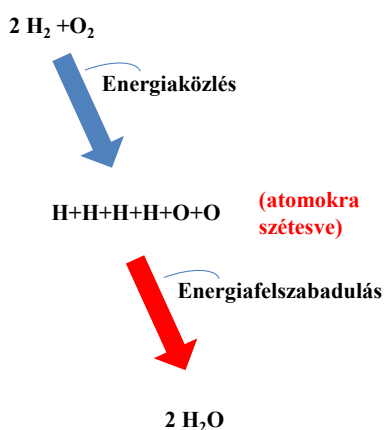
w konvektív sebesség, üzemi paraméter
de egyenértékű szemcseátmérő, a biofilmhordozó jellemzője

Ds a szubsztrát diffúziós tényezője, a szennyezőanyag attribútuma

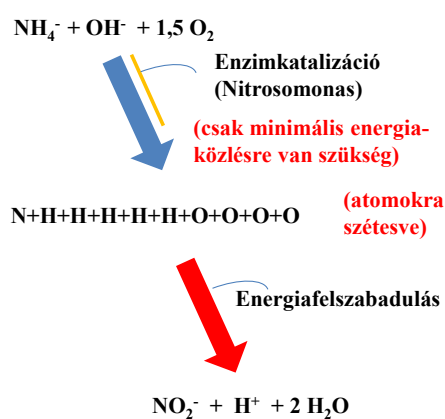
Ahhoz, hogy szennyező molekula bejusson a biofilmbe, alacsony Pe-számmra van szükség. A részletes kifejtést lásd [7]-ben.

- Az enzimekatalizáció létrejöttének második feltétele, hogy a biofilmen belül,

Kémiai égés



Oxidáció biológiai módon



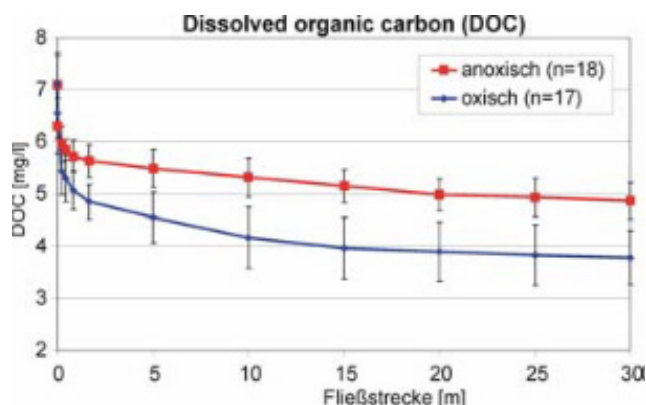
2. ábra A kémiai égés és a biológiai módon történő oxidáció összevetése

a baktériumok testfelépítésében jelen legyen olyan enzimmolekula, amelynek mintázata megegyezik a lebontandó szennyező molekula, vagy mikrobiológiai szóhasználatnál a szubsztrát mintázatával. Ezen kívül szükséges még, hogy a biofilmen belüli „klimatikus viszonyok” – megfelelő pH és rH_2 – kedvezőek legyenek. Az új molekulák képződéséhez szükség van továbbá oxigénre, adott esetben szénforrásra, hidrogénforrásra. Ez utóbbiak szintén lebomló más molekulákból származnak. Ha a lebomlás lezajlik, energia szabadul fel, amelynek egy részét a baktériumok saját életfeltételeik fenntartására és szaporodásukra használnak fel.

A fentieknek megfelelően, ha egy molekula nem bomlik el, annak elsődleges oka, hogy a lebontandó szennyező molekula nem képes bejutni a biofilmbe. Csak ezután vizsgálható a biofilmen belüli biokémiai folyamatok hatékonysága.

2.3 A nehezen lebomló molekulák

A 2005-ben lefolytatott Jekel-kísérletek [2] arra a keresték választ: hogyan alakul a vízminőség a szűrőrétegen való áthaladás

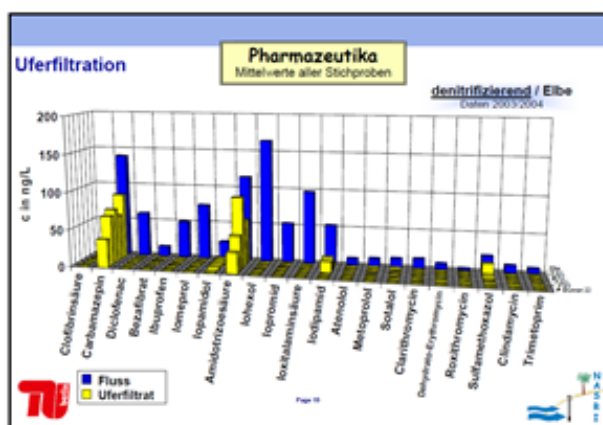
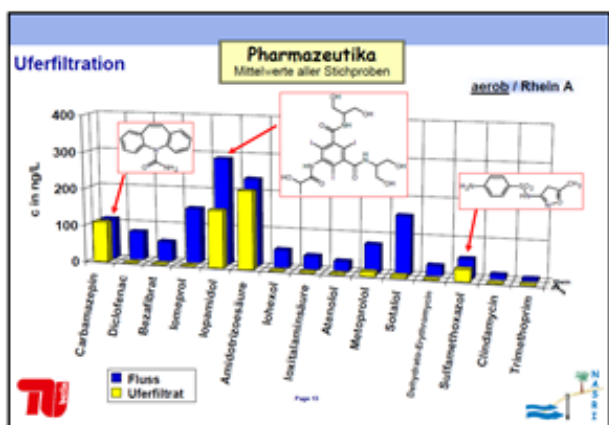


3. ábra Az oldott szerves szén lebomlása a szűrési útvonal mentén [2]

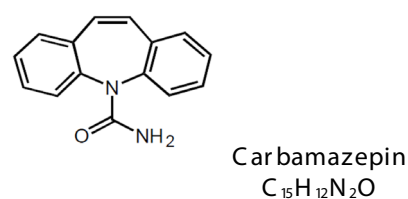
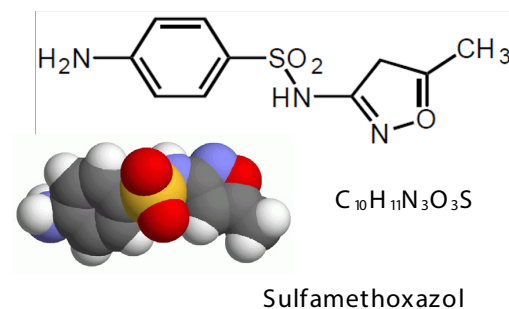
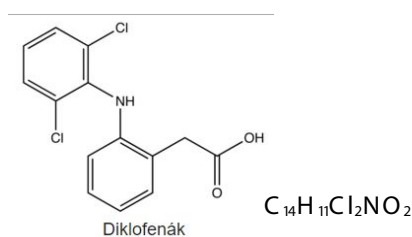
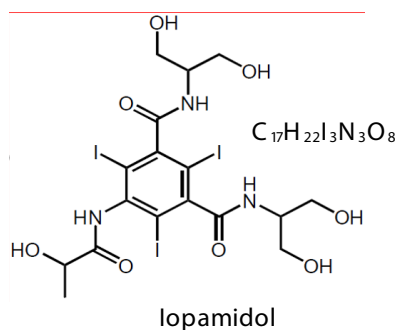
során. A jelenséget a partiszűrés sebességviszonyai mellett, homok szűrőrétegen vizsgálták.

A szerves tápanyag lebomlása már az útszakasz legelején megtörtént. (lásd 3. ábra) Oxikus körülmények között ez a folyamat intenzívebb volt, azonban anoxikus viszonyok esetén sem változott a hossz mentén a tápanyag-lebontási görbe jellege. A biológiailag aktív réteg vastagsága cm-ekben mérhető, max. 5 m-re volt tehető. Ez azt jelenti, hogy a szűrési útvonal további szakasza a szűrésben már nem vesz részt.

A Jekel-kísérleteknek volt egy másik hozadéka is. Megállapítást nyert, hogy a partiszűrés képes nagy molekulák, pl.



4. ábra A gyógyszermaradványok lebomlása aerob és anaerob viszonyok mellett [2]



5. ábra Gyógyszermaradványok nagymolekulák

a gyógyszermaradványok lebontására is. A különböző gyógyszermaradványok lebomlását aerob, aerob-denitrifikáló, denitrifikáló és szigorúan anaerob viszonyok közt elemezték. Megállapításra került, hogy a partiszűrés egyfajta sorompót jelent e molekulák továbbhaladása szempontjából. A kútvízben ezek a gyógyszermolekulák gyakorlatilag már nem kimutathatók, pontosabban koncentrációjuk [ng/L]-ben mérhető.

A gyógyszermaradványok eltávolítása a vízből azonban nem a partiszűrés feladata. Környezetünk megóvása érdekében a vízzel ürülő nagymolekulákat a szennyvíztisztításnak kellene lebontani. Az eleveniszapos technológia erre nem képes, mert Pe-száma meglehetősen magas.

A gyakorlatban könnyen és nehezen lebomló molekulákról beszélünk. Az eddigiek ismeretében próbáljuk meg magyarázat adni a lebomlás jelzőinek. A logisztikai

előfeltétel szerint a molekulának be kell jutnia a biofilmbe. Nagy molekulák diffundálása nehezkesebb, a kisebbek könnyebben jutnak be. Megfelelően alacsony Pe-szám mellett azonban elérhető, hogy a bejutás nagy molekulák esetén is hatékony legyen. Kismolekulák – pl. ammónium – diffúziós tényezője kicsivel 20 [m²/s] alatti érték, nagymolekulák esetében a diffúziós tényező 2 – 5 [m²/s] között változik. A számadatakból jól látszik, hogy a nagy- és kismolekulák között (4 - 10) -szeres a szorzó.

2.3.1 Gyógyszermaradványok

A gyógyszermaradványokat (antibiotikumokat, fájdalomcsillapítókat) a hagyományos eleveniszapos szennyvíztisztítási eljárásokkal nem lehet eltávolítani. – állítja az üzemeltetői tapasztalat. A legfontosabb tudományos kutatások közé sorolják ennek a problémának a megoldását.

forrás: Wikipedia

A gyógyszermaradványok nagy molekulák, molekulaméretük $M > 400$. A partiszűrés ezeket a molekulákat elég nagy biztonsággal elbontja. A kútvízben eddig nem mértek gyógyszermaradványokat. A partiszűrés Pe-száma 10 körüli érték, amely konvektív vízsebeség rendkívül kicsi volta - 0,1 m/d - következtében az. A nyersvízben megjelenő gyógyszermaradványok ugyan megnövelik a Pe-számot, de az még a hatékony tartományban marad. A gyógyszermaradványokat kiszűrni a szennyvíztisztításnak kell, mert már az élővízekben történő megjelenés is problémás. Az eleveniszapos reaktortér Pe-számának meghatározása nehézségekbe ütközik, még a nagyságrendi becslés is problémás. Annyi azonban biztosan mondható, hogy értéke lényegesen magasabb, mint az a partiszűrésnél jellemző. A lebontandó gyógyszermaradvány nagy molekulamérete ezt az eleve magas Pe-szám értéket tovább rontja. Az eleveniszapos technológia ezért a gyógyszermaradványokat nehezen bontja le. Az alacsony hatékonyság éppen ebből fakad.

Javítani ezen háromféle módon

- a szennyező molekula méretének csökkentésével,

- a biofilmhordozó iszapelyhek felületének növelésével és
- a konvektív sebesség csökkentésével lehet.

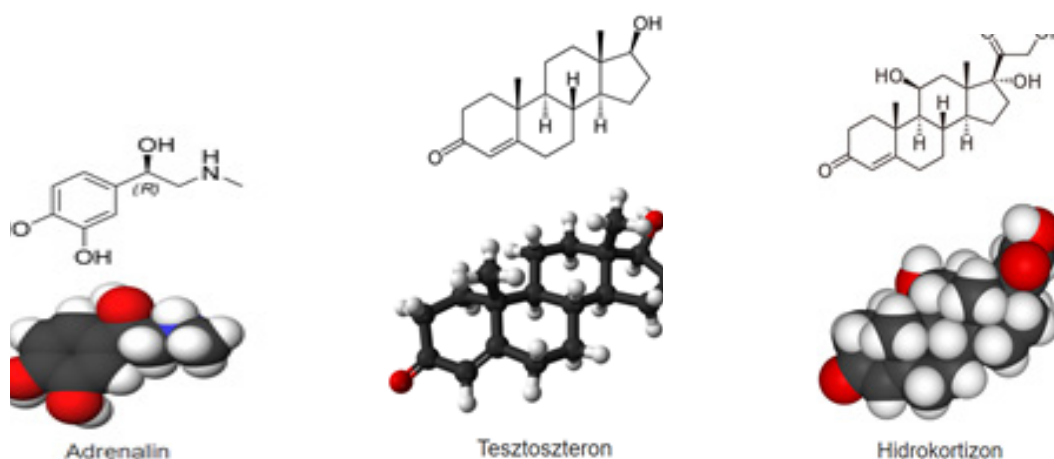
Az egyes beavatkozási lehetőségek egyenrangúak ugyan, de az alkalmazás lehetőségei korlátozottak.

A partiszűrés pozitív példája azt mutatja, hogy a gyógyszermaradványok nagy valószínűséggel elbomlanak. Ez azt jelenti, hogy létezik olyan enzim, amely az aktiválási energia lecsökkentve katalizálni képes.

2.3.2 Hormonok

Az élettannal foglalkozó tankönyvekben a következő meghatározást találjuk:

„Az emberi és állati szervezetek különböző életműködéseikhez számos információt igényelnek, melyek átvitele elektromos (neuronok), vagy kémiai jelek (hormonok) formájában történik. Szerepük az ún hormonális szabályozásban merül ki. A „klasszikus hormonokat” a belső elválasztású mirigyek termelik. Ez a váladék a vérbe ömlik. A hormon a vérben oldott állapotban lévő vegyi anyag és a vér áramlása révén jut el a „kívánt” helyre. Hatását kifejtve nem raktározódik, hanem a sejtekben a lizoszómák által



6. ábra Hormonok – nagymolekulák

2. táblázat Műanyag-láncmolekulák

Polietilén PE	$(C_2H_4)_n$	
Polipropilén PP	$(C_3H_6)_n$	
Polivinilklorid PVC	$(C_2H_3Cl)_n$	
Polietilén-tereftalát PET	$(C_{10}H_8O_4)_n$	
Polisztirol PS	$(C_8H_8)_n$	

olyan enzimekre van szükség, amelyek mintázata ezen anyagokéval azonos. A legelterjedtebb műanyagtípusok a hosszú szénláncvázú polietilén (PE), polipropilén (PP), polivinilklorid (PVC), polietilén-tereftalát (PET) és a polisztirol (PS).

forrás: Wikipedia

lebontódik, vagy kiürül a szervezetből nagymértékben a vizelettel, kismértékben a széklettel.”
forrás: Wikipedia

A teljesség igénye nélkül: az adrenalint a mellékvese termeli és a szimpatikus idegrendszer hatását közvetíti. A tesztoszteron a férfi nemi hormon, amelyet a herék állítanak elő. A hidrokortizon a gyulladáscsökkentésért felel.

A hormonok – hasonlóképpen a gyógyszer-maradványokhoz – nagymolekulák. A szennyvízből történő eltávolításuk ugyancsak biológiai módon történhet. Előfeltételként kellően alacsony Pe-számra van szükség.

2.3.3 Mikroműanyagok

A műanyagok is nagymolekulák, polimerizálódott óriásmolekulák. Biológiai lebontásuk előfeltétele - ugyanúgy, ahogy az a gyógyszer-maradványok esetében is megkövetelt volt - a baktériumi élettérbe való bejutás. Nagymolekulákról lévén szó, nagy lesz a diffúziós tényező, a Pe-szám alacsony értéken tartásához nagy biofilmhordozó felületre és/vagy alacsony (esetleg nagyon alacsony) szűrési sebességre van szükség.

A mikroműanyagoknak a vizekben történő megjelenése vagy inkább kimutathatósága nem régi keletű. Biológiai lebontásukhoz

A műanyagok tehát ismétlődő elemekből álló láncmolekulákból épülnek fel, makromolekulákká állnak össze. A belőlük készült használati tárgyak stabilak. Hő- és fény hatására és az idő múlásával ezek az anyagok öregszenek és képesek elbomlani, majd mikroméretekben – mikroműanyagként – a vízbe jutva szennyezni a környezetet. A mikroműanyagok – hasonlóan a gyógyszer-maradványokhoz – molekulamérete nagy. Általában nem ötlük fel, de a mikroműanyagok lebontására egyáltalán akkor lehet gondolni, ha előfeltételként a Pe-számot alacsony értéken tudjuk tartani. A mikroműanyagok a vizekből történő eltávolítására leginkább biológiai módszerrel van remény, azaz a molekulák lebontásához megfelelő enzimekre van szükség.

A mikroműanyagok előfordulásának osztályozásakor fontos lehet a színük, a részecskék mérete, de leginkább az eredetük (milyen anyagból töredezték) és a molekulatömegük (M) a meghatározó.

A DDT permetezőszerrel szemben valószínűleg nem volt a természetben található ilyen enzim, ezért annak gyártását, forgalmazását be kellett tiltani. Egyes műanyagok esetében is befuthatunk ilyen helyzetbe.

3. LEHETŐSÉGEK A KÖRNYEZET-KÁROSÍTÁS MÉRSÉKLÉSÉRE

3.1 A IV. tisztítási fokozat kiépítése

A szennyvíztisztítás terminológiája alapján három tisztítási fokozatról beszélünk.

3. táblázat A tisztítási fokozatok

Fokozat	Folyamat	Műtárgyak
I.	Mechanikai előtisztítás	Gereb, homokfogó, zsírfogó, előülepítő
II.	Biológiai tisztítás	Oxikus, anoxikus reaktorterek
III.	Kémiai tisztítás + mechanikai utótisztítás	Utóülepítő vegyszeradagolással

A tisztított vízre vonatkozó határértékek szigorodásával előtérbe kerül a negyedik tisztítási fokozat beiktatása. Az egyik szokásos megoldás az aktív-szén szűrő beiktatása (lásd 7. és 8. ábrákat).

Az ózon adagolásnak itt molekula darabolási szerepe van, miáltal a diffúziós tényező megnő. A víz tisztulása vagy abszorpciós megkötéssel és/ vagy az aktív-szén felületén megtapadó mikrobák tápanyag-lebontása révén valósul meg. Az aktív-szenet helyettesítheti zeolit is. Az oxikus biológiai folyamatok elősegítésére a szűrőágy levegőztetése előnyös.

A másik szokásos megoldás a membránszűrő beépítése. A membránblokkok elhelyezhetők

magában az utóülepítőben, de külön műtárgyban is helyet kaphatnak, ahogy az a 8 ábrán szerepel.

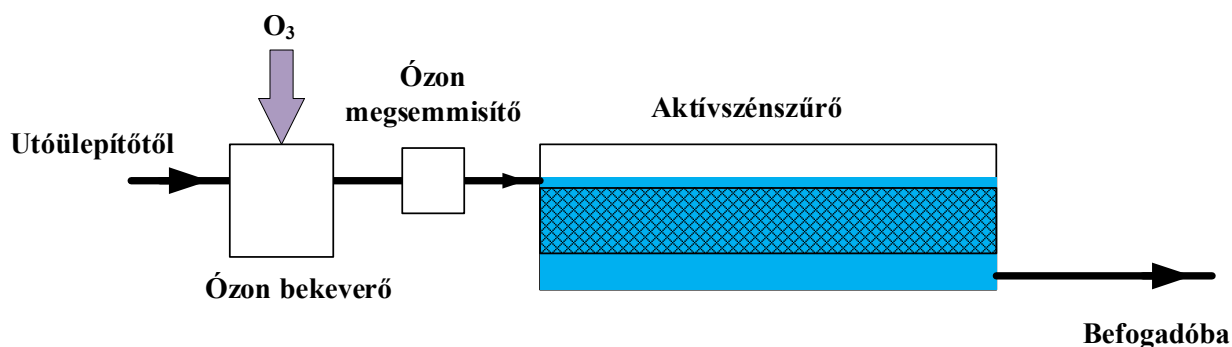
A levegő hozzávetése a biológiai szűrőhatás kialakulása miatt indokolt. A membrán

külső falán megtapadó mikroorganizmusok lebontják a tápanyagot. A lebontás révén ke-

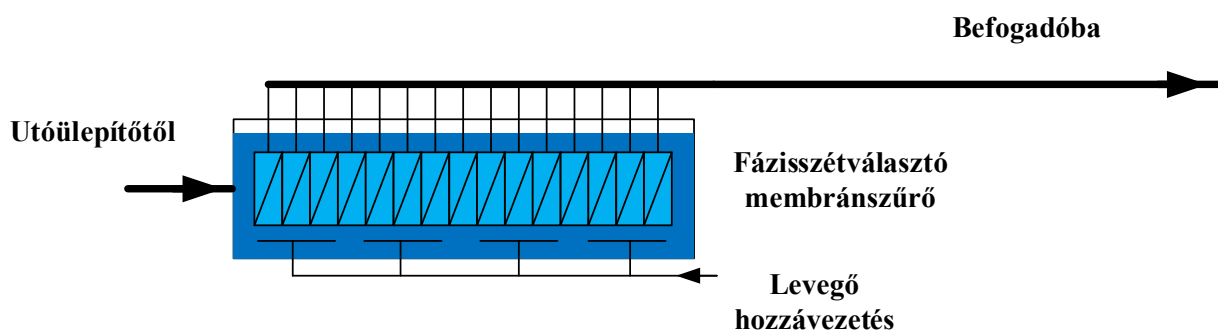
letkező „szén-dioxidot és vizet” a membránnak már nem kell visszatartania. A fázisszté- választó membránszűrő tehermentesül.

Mindkét megoldás látszólag egy hatásme- chanizmusában a megelőző fokozatokhoz képest eltérő szűrési módot használ, még- sem zárható ki, hogy e helyeken is a biológiai jelleg dominál. Az aktív-szén az alacsony Pe-számhoz a nagy felületet adja (vele a kicsi egyenértékű szemcseátmérőt), a membrán pedig alacsony szűrési sebességet képes elő- állítani.

A IV. fokozat kiépítése és üzemeltetése a tisztítás költségeit jelentős mértékben növeli.



7. ábra A negyedik tisztítási fokozat megvalósítása aktívszénszűrővel



8. ábra A negyedik tisztítási fokozat megvalósítása membránszűrővel

Elkerülhető ennek a fokozatnak a technológiai sorba való beillesztése, ha szakítva az eddigi szemlélettel és méretezési gyakorlattal, a II. biológiai tisztítási fokozat hatékonyságát próbáljuk meg a Pe-szám csökkentése révén növelni, amivel a hagyományos méretezési eljárások ez idáig nem számoltak. A kavitron alkalmazása lehet ez esetben a megoldás [7]. A tisztított szennyvízre előírt szigorúbb határértékeket így a hatékonyabb II. biológiai tisztítási fokozattal is biztosítani lehet.

Elkerülhető a rendkívül költséges IV. tisztítási fokozat beépítése, ha a nagy molekulák lebontását nem épített reaktorterekben, hanem a talajon végezzük el, azaz tisztított szennyvízzel öntözünk. Itt tudunk kellően alacsony konvektív sebességet, vele kellően alacsony Pe-számot gazdaságosan előállítani.

3.2 Lebontás talajon

Amikor a szennyvíz újra hasznosításáról beszélünk, akkor az esetek többségében az öntözésre gondolunk [4]. Az érvelések során a tisztított vagy a részlegesen tisztított szennyvízben megtalálható nyomelemeket, szerves tápanyagokat említjük, amelyek a víz mellett a növények fejlődéséhez szükségesek.

A különböző műtrágyák is hasonló célokat szolgálnak. Célzottan leggyakrabban nitrogén és foszfor tartalmú műtrágyákkal segítjük elő a növények fejlődését, azaz végső soron

a terméshozamok növelését. Nitrogén és foszfor a szennyvízben, a részlegesen tisztított szennyvízben és még a tisztított szennyvízben is megtalálható. Kézenfekvő tehát a gondolat, hogy az előállításában rendkívül energiaigényes műtrágya helyett hasznosítsuk inkább szennyvizet. Eddig a szokásos érvelés.

A műtrágya-lobby érzékelve a valós „konkurenciát”, mindent elkövetett annak érdekében, hogy a szennyvizet veszélyes anyagnak, veszélyes hulladéknak nyilvánítsa és mint ilyen, a termőterületek elszennyeződésének okaként mutassa fel. A vád nem teljesen alaptalan, de erősen eltúlzott. A lobby-tevékenység azonban elérte célját. Olyannyira, hogy amikor tisztított szennyvíz vagy szennyvíziszapból készült termékek termőföldekre történő kihelyezéséről beszélünk, a környezetvédők szigorúbbnál-szigorúbb határértékek előírásával szállnak harcba.

Ezen a ponton érdemes a vitát egy másik síkra terelni. A korábbi fejezetekben megállapítottuk, hogy a szennyvíztisztítás mai gyakorlata környezetkárosítást valósít meg, folyamatosan szennyezve a tisztított szennyvizet befogadó élővizeket. Dilution is the solution to pollution / Hígítás a szennyezés megoldása – közkeletű szólás azonban nem jelent a károsító tevékenység alól felmentést.

Ha a IV. tisztítási fokozat általános kiépítése a magas költségek miatt nem vállalható fel, úgy más megoldást kell keresni. Már korábban említettük: a partiszűrés lebontja a hormonokat és a gyógyszermaradványokat. Erre azért képes mert a partszakaszon nagy a beömlési keresztmetszet, így alacsony a szűrési sebesség, vele kicsi Pe-szám. Ha a részlegesen tisztított vagy a tisztított szennyvizet kellően nagy területen a talajon szivárogtatjuk el, úgy hasonlóan a partiszűréshez könnyen biztosítható a kívánt alacsony konvektív sebesség. A talajban található mikrobák – miután teljesül a biofilmek tápanyagellátásra vonatkozó logisztikai előfeltétel – hatékonyan fogják lebontani a nagy molekulákat is.

Izraelben a szennyvíz 80%-t öntözésre használják [4]. A száraz klíma miatt nem esőztető öntözést alkalmaznak, mert mire a víz a talajra jutna, a hőség miatt a fele elpárologna. A csepegtető öntözéssel a vizet (tisztított szennyvizet) közvetlenül a növények gyökérzónájába juttatják. A vízfelhasználás ezáltal csak 50 % körüli. A rendelkezésre álló víz így dupla nagyságú termőterület öntözésére alkalmas.

A valódi nyereség azonban nem ez. A csepegtető öntözés a víz lassú, szabályozott szikkasztását adja. Az elárasztásos öntözési változatnál lényegesen gyorsabb lesz a szivárgási sebesség, amelynek mértékét nem tudjuk szabályozni. A talajvizek óvása érdekében fontos követelmény tehát, hogy a spontán beszivárgás helyett csökkentett sebességű, szabályozott szikkasztást alkalmazzunk. A beszivárgás és szikkasztás szavak ez esetben nem szinonimái egymásnak, hanem egymástól minőségében szigorúan elválasztott műveletek.

A szikkasztásnak a partiszűréssel összevethető alacsony konvektív sebessége jelenti a nagymolekulák hatékony lebontásának



9. ábra Az energiafűz ültetvény [5]

lehetőségét. A szennyvíztisztítással megvalósított környezetkárosítás így nem valósul meg. A felmerülő költségek sem lesznek nagyok.

Óvatosságból abban egyet lehet érteni, hogy a tisztított szennyvízzel öntözött növények első körben ne a táplálékláncban közvetlenül résztvevő növények legyenek, hanem energia növények, amelyeket biomasszaként hasznosítunk. Az éves gyakorisággal leartható energiafűzből pelletet, végsősoron tüzelőanyagot állítunk elő [5].

Párhuzamosan, körültekintő talajtani kutatással igazolni kell, hogy a nagymolekulák talajon történő lebontásával a környezetkárosítás valóban mérsékelhető. Ha az energiafűzben nem lesznek káros anyagok kimutathatók, úgy a tisztított szennyvízzel történő öntözés más növényekre is bátran kiterjeszthető lesz.

4. KÖVETKEZTETÉSEK

Paradigmaváltásra van szükség a technológusoknál. Az extenzív paranéterek mellett a biológia víztisztítás lényegét képező molekulabontás feltételeinek teljesülésére is oda kell figyelni.

Paradigmaváltásra van szükség a környezetvédőknél, akik a határértékek szigorításnak

folyamatos követelése helyett végre megérténék, hogy a természet értékeit úgy is lehet védeni, hogy segítségül hívjuk, igénybe vesszük adottságait. A nagymolekulák talajon történő elbontásához előbb azoknak oda ki kell kerülniük. Tudatában kell lenni a szikkasztás (fékezett beszivárgás) és spontán beszivárgás közti különbségnek. Csak a szabályozott szikkasztással garantálható a lassú vízmozgás, amely nélkül nincs hatékony biológiai víztisztítás. Nem lehet eretnek a gondolat, hogy a természetet hívjuk segítségül problémáink megoldásához.

A mikrobiológia Becking és Beijerinck törvénye - Everything is everywhere, the environment selects. (Mikroorganizmusok mindenütt, a környezet szelektál) – azt jelenti, hogy ha létezik egy baktérium, amely megfelelő környezetbe kerül és eljut hozzá a mintázatának megfelelő szubsztrát, szaporodni fog. A hormononok és gyógyszer-maradványok esetében biztosak lehetünk benne, hogy a természetben van ilyen baktérium, hisz különben az élettani folyamatok

nem működnének. A makromolekulájú műanyagok mesterséges anyagok. Biológiai elbontásukhoz kellene alkalmas baktériumok. Hogy ezek léteznek-e, arról meg kell győződni. Erősen valószínűsíthető, hogy elbontásukra csak akkor van remény, ha bejutnak a biofilmbe, ha az alacsony Pe-szám előfeltételt biztosítani tudjuk.

Paradigmaváltásra van szükség a mezőgazdászoknál, akik belátják, hogy a klímaváltozás derekán szárazságtűrő növényeket érdemes termesztetni. Akik ráébrednek arra, hogy a jövedelmezőség az energiafűz esetében is garantált [3],[5]. Vízszűkében öntözni csak csepegtető öntözési módszerrel szabad, mert így kevesebb vízzel érhetünk cél. Paradigmaváltásra van szükség a hatóságok esetében, akik a folyamatok mélyebb megértésével képesek betölteni az érdeklődőket kiegészíteni képes szabályozó szerepüket.

► HIVATKOZÁSOK

A SZERZŐRŐL:



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

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