

TOPPS

Biológiai tisztítórendszerek permetlémaradékok kezelésére

Legjobb
gyakorlattal a
jobb
vízvédelemért



Előzze meg a vizek pontszerű növényvédő szer szennyezését!

TOPPS

A TOPPS az Unió 15 tagállamának részvételével, három évre tervezett program. A szó jelentése = **T**rainig the **O**perators to prevent **P**ollution from **P**oint **S**ources = Felhasználók továbbképzése a pontszerű szennyezések megelőzésére. A projektet az Európai Bizottság „Life” programja, illetve az ECPA (Európai Növényvédelmi Szövetség) hozta létre.

A TOPPS célja a vizek növényvédő szer szennyezéseinek csökkentése. Ennek elérésére határozták meg a legjobb növényvédő szer kezelési gyakorlatokat, és az a törekvés, hogy ezeket szaktanácsadásokon, továbbképzéseken, bemutatókon keresztül, koordinált módon egész Európában minél szélesebb körben elterjesszék.

A program 2005. novemberében kezdődött és 2008. októberéig tart.

Partnerek



www.ecpa.be



www.pcfruit.be



www.harper-adams.ac.uk



www.landscentret.dk



www.insad.pl



www.imuz.edu.pl



www.deiafa.unito.it



www.esab.upc.es



www.cemagref.fr



www.arvalisinstitutduvegetal.fr



www.povlt.be



www.landwirtschaftskammer.de

Tartalom

Bevezetés	4
1. Biológiai tisztító rendszerek működése	5
2. Feltételek a gazdaságban	10
3. Kémiai folyadékterhelés	11
4. Biológiai tisztítóberendezések tervezése	16
5. Biológiai rendszerek méretezése	34
6. Aktív szűrőanyag (szubsztrát) keverés (különböző anyagok és szerepük) .36	
7. Szűrőanyagok keverése	38
8. Kötődési és biológiai lebontási folyamatok	40
9. Lemosódás	43
10. Szűrőanyag keverés használat után	43
11. Javaslatok a biotisztító rendszerek gyakorlati használatához	44
Köszönetnyilvánítás	47
Hivatkozások	47

Bevezetés

A kiadvány célja

Ennek a kiadványnak elsősorban az a célja, hogy a gazdálkodóknak, szaktanácsadóknak, a hatóságoknak tájékoztatást adjon arra vonatkozóan, hogy hogyan lehet a permetezőgépek gazdaságban történő töltése és tisztítása során keletkezett szennyvizek megfelelő kezelésével a vizek növényvédő szer szennyezéseit megelőzni.

A növényvédő szerek okozta pontszennyezések megelőzésére a TOPPS program keretében már összeállításra került a „Legjobb kezelési gyakorlatok” útmutató, amelyben megállapításra került, hogy a szennyezett folyadékok (maradékok) kezelése az egyik legkritikusabb munkafolyamat. A legtöbb országban erre nem mindig fordítanak elegendő figyelmet, és hiányoznak az érthető javaslatok, előírások is. A felhasználóknak egyértelmű útmutatásokra van szükségük arra vonatkozóan, hogy hogyan tudják megelőzni, hogy a növényvédő szerek élő vizekbe jussanak. Általános útmutatások nem elegendőek. Ezzel a kiadvánnyal azt szeretnénk elősegíteni, hogy a gyakorlatban is jól használható, a különböző országok szakembereinek tapasztalatai alapján összeállított útmutatások kerüljenek kiadásra.

1. A biológiai tisztítórendszerek működése

Víz-keretirányelv (VKI)

A legtöbb uniós tagállam nemzeti jogrendszerébe már beépítette a 2000/60/EC víz-keretirányelvet. Ennek célja az, hogy javuljon valamennyi természetes víz állapota, illetve védjük meg vizeinket. Végső cél a legalább „jó minőségű víz” tisztaság elérése. A 2003-as hatálybalépéskor a VKI határidőket szabott meg, melyeket be kell tartani ahhoz, hogy a kitűzött célok elérhetőek legyenek a harmadik felülvizsgálati időszakra (2027-re). A munka egy felméréssel kezdődik (felelős hatóságok számbavétele, vízbázisok kijelölése, jellemzése, stb.), majd folytatódik egy monitoring rendszer működtetésével, illetve vízbázis tevékenységi terv összeállításával (legjobb kezelési gyakorlatok minden területre, jelentések eredményei, intézkedési terv a vízminőség javítására és ezek rendszeres felülvizsgálata (6 évenként)).

A víz-keretirányelv számos kiegészítő irányelvet foglal magába, például a felszín alatti vizekre (2006/118/EC- hatályba lépés 2009. januárjában) vagy a felszíni vizekre (EQS irányelv – környezet minőségi szabványok – 2010 közepén történő hatálybalépéssel). Ezek a felszíni és felszín alatti vizek minőségére állítanak fel követelményeket. Európában mind a felszíni, mind a felszín alatti vizeket ivóvíz ellátásra is használják. Az ivóvíz szabvány növényvédő szerekre 0,1 µg/l határértéket határoz meg (98/88/EC). Ez annak felel meg, mintha 1 g anyagot 10 millió liter vízbe szórnánk. A 0,1 µg/l ténylegesen zéro toleranciát jelent a növényvédő szerek iható vizekbe megengedett koncentrációjára. Ennek a nagyon szigorú célnak az elérésére speciális helyi kockázatsökkentő intézkedéseket kell bevezetni, illetve a „Legjobb kezelési gyakorlatok” széleskörű alkalmazására van szükség. Ha egy növényvédő szer hatóanyag koncentrációja meghaladja a 0,1 µg/l határértéket, (különösen, ha a víz kezelése előtt), a tagországok korlátozhatják, vagy betilthatják az adott hatóanyagot tartalmazó növényvédő szert, Ennek pedig az lehet a következménye, hogy a gazdálkodók nem jutnak hozzá olyan növényvédő szerekhez, amelyek a növényvédelmi problémájuk megoldásában segíthetnének.

A növényvédő szerek vízbe jutásának útjai

Pontszerű szennyező források

Pontszerű szennyező források leginkább a növényvédő szerek kezelése során jelentkeznek. A töltés, a tisztítás és a maradékokkal végzett munka ezek közül a legkritikusabb folyamatok. Maradékon ebben az értelemben, a permetezőgépben maradt, növényvédő szert tartalmazó permetlé maradékot értjük, abban az esetben, ha kezelés helyén nem került teljesen kitisztításra a berendezés, illetve a permetezőgép külső vagy belső felületére ráfolyt, ráfreccsent, illetve a tartály túltöltésekor gazdaságban az eszközökre rákerült anyagot. Tanulmányok igazolják, hogy a pontszennyezések a növényvédő szerek vizekbe jutásának legmeghatározóbb (40-90%) forrását jelentik.

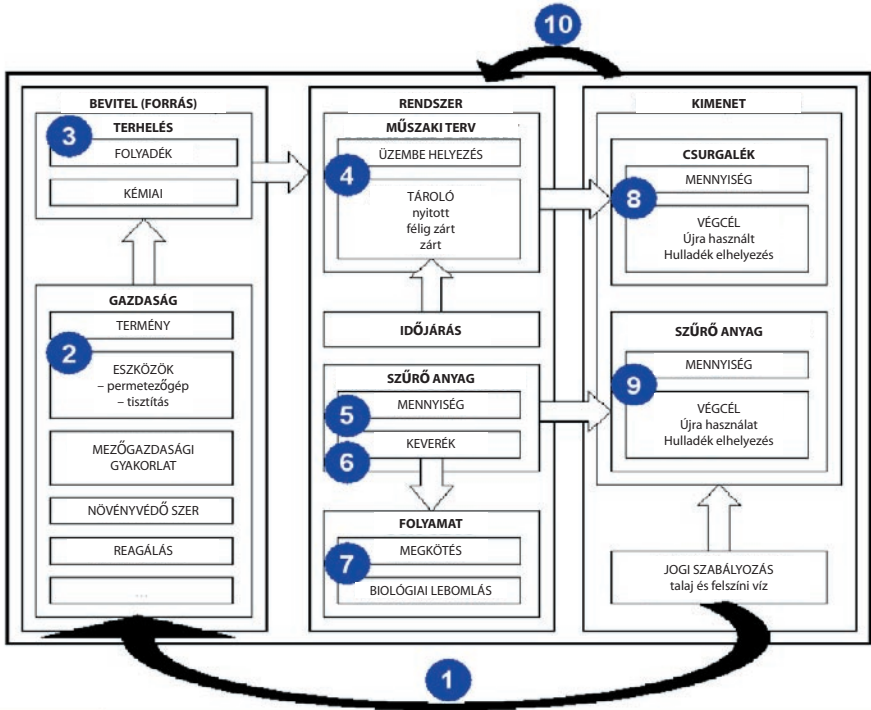
Diffúz szennyező források

Diffúz szennyező forrásokkal általában a növényvédő szerek kijuttatása során kell számolnunk. Kritikus területek az erózió következtében bekövetkező lemosódások, a dréncsővekbe kerülő szennyezések, illetve a permetlé elsodródások.

Biológiai tisztítórendszerek

A működés elvei

A biológiai tisztítórendszerek lehetőséget nyújtanak arra, hogy a növényvédő szerrel szennyezett folyadékok a gazdaságban kerüljenek kezelésre. A folyamat során egy aktív szűrőanyag (szubsztrát) keveréken levő mikroorganizmusok bontják le a növényvédő szereket. Ezeket a rendszereket gazdák maguknak is elkészíthetik, és az adott gazdaság körülményeihez igazodva működtethetik azt. Meg kell azonban jegyezni, hogy a nem megfelelő méretezés és kezelés komolyan befolyásolja a hatékonyságukat. Ezért is fontos az útmutatókban foglaltak pontos betartása. Kutatási eredmények azt mutatják, hogy optimális körülmények között a biológiai tisztítórendszerek 95–99%-os növényvédő szer lebontási hatásfokkal működtethetnek. Az 1. ábra a biológiai tisztítórendszerek működtetésének általános vázlatát mutatja. (De Wilde et. al., 2007)



1. ábra: Biológiai tisztítórendszerek működtetésének sematikus vázlata (Wilde et al. 2007).

A bioágy működése

Bioágyak szorosan kapcsolódnak a permetezőgép töltési és tisztítási műveleteihez. Fontos megjegyezni, hogy a bioágy rendszerek alkalmazása leginkább akkor javasolt, amikor a permetezőgép a kezelés helyén tisztításra került, és csak a felhígított permetlémaradék (ki nem permetezhető maradék) kerül a bioágyra. Ily módon jobb lesz a tisztulás, valamint kisebb és olcsóbb rendszert lehet működtetni.

A bioágyakat (Torstensson et al., 1997 & 2000; Basford et al., 2004) növényvédő szerek kimosódásának megelőzésére szigetelni kell. Lehetnek földbe süllyesztettek, vagy föld feletti szerelvények, amelyek gyűjtik és feldolgozzák a szennyezett folyadékokat. A szigetelt bioágy aktív szűrőanyag (szubsztrát) keverékkel (felső rétegű talaj- ebben vannak a növényvédő szert lebontó mikroorganizmusok-, illetve tőzeg és szalma) van megtöltve.



2. ábra: Bioágy (Forrás: Visavi)



3. ábra: Biobac rendszer (Forrás: Mybatec)

A bioágyat át nem eresztő anyagokkal (beton, kemény műanyag) kell szigetelni, de felül nyitott marad. A szigetelt bioágy zárt rendszer, ahol a csurgalék összegyűjtésre és elpárologtatásra kerül. Egyes helyeken a bioágyakat üveggel fedik le, ezzel is segítve az összegyűjtött víz párologtatását. Más helyeken a bioágyat közvetlenül töltő és tisztító helyeknek használják, a permetezőgépet ennek tetején tartják (2. ábra). A bioágyakat leggyakrabban külön töltő és tisztítóhelyekkel kombinálva használják, ahol az összegyűjtött felesleges szennyezett vizet közvetlenül a bioágyra vezetik, vagy egy ideig puffer tartályokban tartják, majd ezután engedik a bioágyra (3. ábra). Ez utóbbi esetben a szennyezett folyadékot egyenletesen lehet kijuttatni a bioágy teljes felületére, és egész évben az optimális hatékonyság figyelembe vételével lehet szétosztani az összegyűjtött folyadékmennyiséget. Olyan helyeken, ahol gyakori az esőzés javasolt a bioágy befedése, ezzel megakadályozható, hogy a bioágyban levő anyagok vízzel telítődjenek. Egy bioágy általában 10–30 m³ aktív anyag keveréket (szalma, tőzeg, mikroorganizmus hordozó) tartalmaz. Leginkább nagyobb mennyiségű szennyvizek kezelésére használják. Normál esetben 6–8 évig működik, ezt követően a szűrőanyagot ki kell cserélni. A használt, lecserélt anyagokat trágyaszórával a gazdaság földjeire lehet kiszórni. Erre vonatkozó konkrét szabályozás csak nagyon kevés országban van. A helyi hatóságokkal kell egyeztetni, hogy ilyen megoldások alkalmazhatók-e.

Biológiai szűrőrendszer

A bioszűrő működésének elvei hasonlóak a bioágyéhoz. Fontos, hogy a permetező-gép a termőföldön (a kezelés helyén) kerüljön megtisztításra, és csak a hígított permetlé maradék jusson a bioszűrőre. Ennek következtében sokkal jobb tisztulást lehet elérni, és kisebb, ezért olcsóbb rendszert lehet működtetni. A bioszűrők (Pussemier et al., 2004) 2–3 tartályból állnak, vagy 1 m^3 -es IBCs, közepes méretű konténerekből állítják össze, egymás tetejére rakva, a bioágygal azonos szűrőanyagokkal (szubsztrátokkal) megtöltve (4. sz. ábra). A bioszűrő rendszer kiegészíthető (Debaer & Jaeken, 2006) további, a talajra egymás mellé helyezett egységekkel, amelyek növényekkel vannak beültetve, ezzel is növelve a tisztítás és a párologtatás mértékét (5. sz. ábra). A bioszűrő rendszerek mérete általában sokkal kisebb és a bioágyénál jóval kevesebb szűrőanyagot ($2\text{--}5\text{ m}^3$) tartalmaz. Nagyobb mennyiségű szennyvíz feldolgozására párhuzamos rendszerek beállítására van lehetőség. A szennyvíz gyűjtése külön tartályban történik az elkülönített töltő és tisztítóhelyen, amelyet azután szivattyúval a bioszűrő tetejére juttatnak. A szűrőrendszer nyitott, az esetlegesen keletkező csurgalékot össze kell gyűjteni. Ezt szivattyúval vissza lehet juttatni ismét a szűrőre, vagy fel lehet használni, pl. egy totális gyomirtó szer szántóföldi kijuttatásához.



4. ábra: Bioszűrő (Forrás: CRAw)



5. ábra: Kibővített bioszűrő (Forrás: pcfruit)

A modul rendszerű bioszűrők tervezése egyszerű, a rendszer rugalmas, olcsó és nem igényel túl nagy helyet. A szennyvizek külön tartályban történő gyűjtésével működő rendszer kb. napi 30 liter folyadék szűrőre való szivattyúzásával olyan terhelés megosztást jelent, amellyel a rendszer hosszabb ideig működőképes marad, és nem eredményez kémiai túlterhelést. Ez a folyamat a mikroorganizmusok megfelelő működéséhez elegendő nedvességet is biztosít, így a növényvédő szereket le tudják bontani. A szűrőt könnyen be lehet fedni, megakadályozva, hogy esővíz jusson a rendszerbe, ami növelné a folyadékterhelést. Ugyanúgy, mint a bioágynál a bioszűrő esetén is szükség van időről időre a mineralizálódott szűrőanyag keverék pótlására. Általában 6–8 évig működőképes. Ezt követően javasolt a teljes szűrőanyag keveréket kicserélni. A lecserélt keveréket trágyaszóróval lehet a gazdaság földjeire kiszórni. Erre vonatkozó szabályozás csak nagyon kevés országban van. A helyi hatóságokkal kell egyeztetni, hogy ilyen megoldások alkalmazhatók-e.

2. Feltételek a gazdaságban

Speciális követelményeket az határozza meg, hogy mekkora folyadék és kémiai terhelés várható a biológiai tisztítórendszerben, és ez egyben meg is határozza, hogy milyen rendszert kell a megfelelő hatékonyság eléréséhez választani. A gazdaságban termelt növények száma és a permetezési terv határozza meg, hogy a permetezőgép tisztítására hányszor kell sort keríteni ahhoz, hogy a következő kezelésre kerülő kultúra ne károsodjon, illetve ne forduljon elő szermaradék probléma. A kezelő munkája mellett a permetezőgép típusa a döntő szempont abban, hogy ténylegesen mekkora terhelés kezelésére kell felkészülni. A szántóföldi permetezőgépekben általában nagyobb mennyiségű a permetlé maradék, míg a kertészeti (ventillátoros) gépeknél a külső szennyezések a nagyobbak. Ezen túlmenően a permetezőgéptől függ a vezetékek, a szórókeret méretezése, a permetlé tulajdonságai, a mosóvíz tartálytól pedig a növényvédő szer permetezés utáni mennyisége a gépben és a gép külső részein (lerakódás). Azoknál a permetezőgépeknél, amelyeknél a permetlé maradékok mennyisége kisebb, illetve a mosóvíz tartály mérete is megfelelő, jól alkalmazhatók a „Legjobb kezelési gyakorlatok” előírásai, és ezzel csökkenteni lehet a tényleges folyadék és kémiai terhelés mértékét, ami a biológiai szűrőrendszerek működését hatékonyabbá teszi

3. Kémiai és folyadékterhelés

Az egyik legfontosabb kérdés, amire választ kell adni mielőtt a biológiai tisztító rendszer felállítására sor kerül, hogy a kezelendő (szennyezett) folyadék milyen koncentrációjú és mekkora a mennyisége. A gazdaságban működő tisztító rendszerek tényleges kémia terhelésének fő forrásai és okai – a permetezés előtti munkafázisban előforduló koncentrált szennyezések (kifreccsenés, elfolyás) mellett – a permetezés után a gépben maradt és a gépre lerakódott külső és belső maradékok és szennyezések.

A növényvédelmi berendezésekre vonatkozó minimum követelményeket a12761 EN számú szabvány határozza meg. Az egyik fontos paraméter a permetezőgép összes permetlémaradékának maximális mennyisége az ISO 13440 alapján. A permetezőgépbe maradt összes maradéktérfogat úgy került definiálásra, mint az a permetlémaradék, amelyet nem lehet kijuttatni az előírt dózisban. Ezt jelzi az, ha a manométeren a nyomás 25%-kal csökken. A javasolt összes maradéktérfogat értékeit szántóföldi gépekre az EN 12761-2, illetve ventilátoros gépekre az EN 12761-3 alapján az 1. és 2. táblázat mutatja.

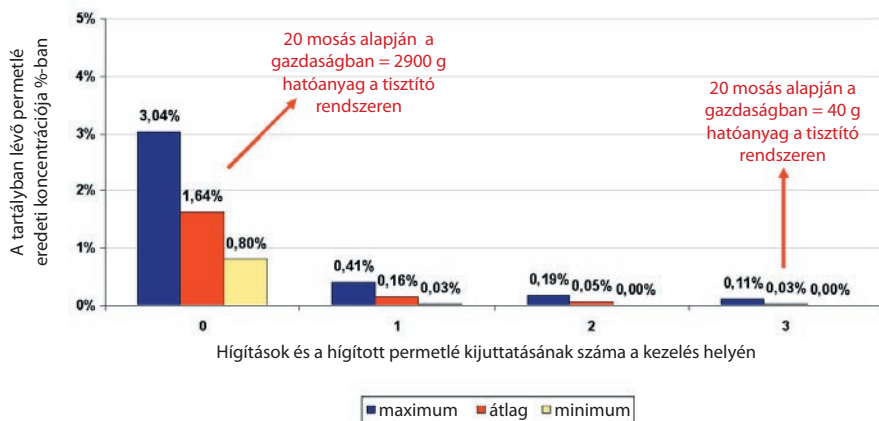
Összes maradéktérfogat I-ben (EN 12761-2)				
tartály		keret		összes liter
térfogat	0,5 %	hossz m	2 l/m	
800	4	15	30	34
3000	15	21	42	57
4200	21	36	72	93

1. táblázat: Összes permetlémaradék maximális mennyisége szántóföldi permetező gépekben

összes maradéktérfogat I-ben (EN12761-3)		
tartálytérfogat	%	összes liter
400	4	16
800	3	24
1500	2	30

2. táblázat: Összes permetlé maradék maximális mennyisége kertészeti (légrásegítes) permetezőgépekben

A kezelésre kerülő hígítottpermetlé maradék mennyiségének számításra az EN 12761 szabvány jó megközelítést nyújthat. Ha a permetezőgép gyártójától részletes adatok állnak rendelkezésre az összes maradékot illetően, a számításokhoz ezeket az információkat lehet használni. Kutatások azt mutatják, hogy az összes maradék mennyiségben nagy eltérések vannak. A végső kezelendő térfogat meghatározásánál figyelembe kell venni a gép külső tisztításánál keletkező folyadék mennyiségét is. A legtöbb gazda a permetezőgépet a gazdaság udvarán tisztítja. Kutatások ugyanakkor azt mutatják, hogy – különösen a ventilátoros gépek esetében – a kezelés helyén történő tisztítás hatékonyabb. A hivatkozott EN szabvány másik fontos követelménye mosóvíztartály mérete. Ez a permetlé tartály névleges térfogatának 10%-a, vagy a hígítható permetlémaradék térfogatának 10 szerese kell, hogy legyen. A gazdálkodóknak erre különösen figyelni kell, felmérések ugyanis azt mutatják, hogy sok permetezőgép nem felel meg az EN szabványoknak. A mosóvíz minél hatékonyabb alkalmazása létfontosságú, különösen akkor, ha a gép külső mosása többnyire a kezelés helyén történik, ami egyben kockázat csökkentő eljárást is jelent. Az ENTAM (European Network for Testing of Agricultural Machines) permetezőgép tesztek igazolják a különbséget – Debaer et al. 2008 – a maradékok háromszori mosással történő hígulása során. Szántóföldi gépek esetén a kémiai terhelés átlagosan 72-es faktorial csökkent a mosás nélküli (2900 g hatóanyag) és a háromszori mosással (40 g hatóanyag) történt tisztítás során. A mosási eljárásnak tehát jelentős hatása van arra a kémia terhelésre, amelyet egy bioremediációs rendszernek kezelnie kell. A 6. és 7. ábrák a szántóföldi és kertészeti (ventilátoros) permetezőgépek közötti különbséget, illetve a mosási eljárások hatékonyságát mutatják a biológiai tisztítórendszerekben kezelendő kémia terheléskor.



6. ábra: Biotisztító rendszerekben kezelendő kémia terhelések az ENTAM szántóföldi gépek vonatkozó tesztjei alapján (94 gép tesztelve) a géptípus és a mosási módszer alapján. A gazdaságban végzett 20 tisztítás alapján, 1000 g hatóanyag/250 l/ha esetén a háromszori mosás 2860 g hatóanyag mennyiséggel csökkenti a gazdaságba visszajutó kémiai terhelést, évente egy átlagos szántóföldi permetezőgép esetén. (Forrás: Debaer et al, 2008).

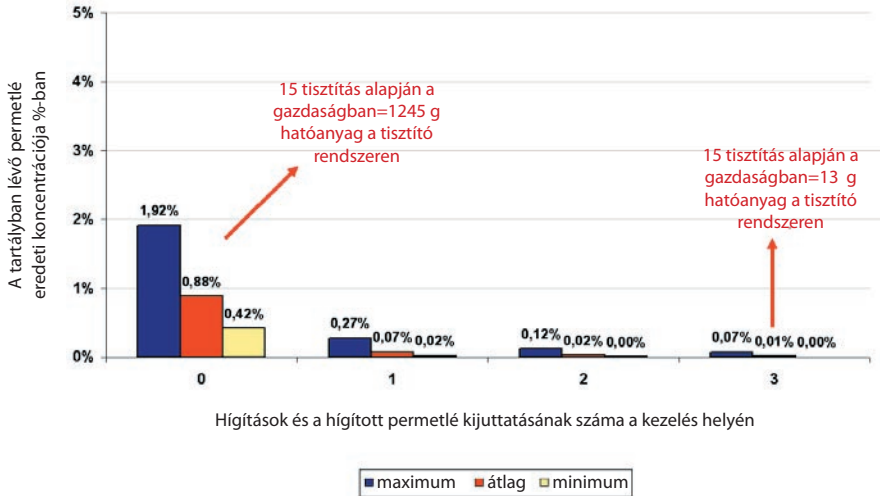
Kertészeti (ventillátoros) permetezőgépek esetén a legnagyobb szennyező forrást a külső felületen történő kémia lerakódások jelentik. A gépektől, a ventillátortól, a szórófejek típusától, a levegő áramtól függően a külső szennyezések mértéke az alkalmazott szermennység 0,33–0,83%-a között mozoghat (Balsari, 2006).

Példa: Egy almatermesztő esetén, aki átlagban 25 kg hatóanyagot használ évenként és hektáronként, a gépen lerakódott külső szennyezések mértéke 82,5–207,5 g/ha lehet.

Szántóföldi gépeknél a külső lerakódás mértéke az alkalmazott szermennység 0,01–0,1% -a között változik levegő rásegítés nélkül, levegő rásegítéssel ez a szám 0,47%-ot is eléri. (Wehmann, 2006).

Egy szántóföldi gazdálkodást folytató gazdálkodó esetén az átlagos 1,5 kg/ha /év hatóanyagból 1,5 g/ha rakódik a gépre egy normál gép esetén, levegő rásegítés esetén ez 7,5 g/ha-ra növekszik.

A kezelés helyén történő géptisztítás jelentősen csökkenti a biotisztító rendszerek kémia terhelését, ami különösen légrásegítéses gépek esetén lehet kritikus.



7. ábra : Biotisztító rendszerekben kezelendő kémia terhelések az ENTAM kertészeti permetezőgépek vonatkozó tesztjei alapján (23 gép tesztelve) a gép típustól és a mosási módszertől függően. A gazdaságban végezett 15 tisztítás alapján, 2000 g tartály koncentráció /250 l/ha hatóanyag esetén háromszori mosás a gazdaságba visszajutó kémiai terhelést 1232 g hatóanyaggal csökkenti egy átlagos gép esetén, évente (Forrás: Debaer et. al. 2008)

A külső lerakódások eltávolítása nedves állapotban, kint a kezelés helyén sokkal hatékonyabb, mint beszáradt állapotban a gazdaságban. Példa: Alacsony nyomáson (4 bar), a réz 97,5 %-a eltávolítható, ha a gép a permetezés után azonnal, amikor a lerakódások még nedvesek, 2,5 l/m² mennyiségű vízzel (Debaer et al., feldolgozás alatt) kerül tisztításra. Ha a gép tisztítására a permetezés után 10 órával kerül sor, a réznek csak kb. 70 %-a távolítható el, 20 óra után a tisztítási hatékonyság 40 %-ra esik vissza, ugyanolyan mennyiségű vizet használva.

Ugyanolyan hatékonyság eléréséhez 10 órai száradás után legalább ötször nagyobb mennyiségű víz felhasználására van szükség, alacsony nyomáson (12,75 l/m²). Egy átlagos kertészeti permetezőgép esetén 10 m² átlagos felülettel számolva a kezelés helyén vagy a gazdaságban történő tisztítást összehasonlítva 100 liter a mosóvíz szükséglet különbsége (25,5 l a kezelés helyén, 127,5 l a gazdaságban).

Nagynyomású tisztító eszközök a kezelés helyén történő tisztítás hatékonyságát tovább növelhetik, és tovább csökkenthetik a szükséges víz mennyiségét (8. és 9. ábrák). A gazdaságba visszakerülő kémiai terhelések, és ennek következtében a tisztítandó szennyvíz mennyiségének csökkentése érdekében feltétlenül a kezelés helyén kell a tisztítást elvégezni. Ez nem csak a vizek pontszennyezésének kockázatát csökkenti, hanem a gazdaságban alacsonyabb kapacitású biológiai tisztítórendszerek alkalmazása is elegendő lesz. A biológiai tisztítórendszerek a növényvédő szerek okozta vízszennyezés kockázatának csökkentésében az utolsó lépésének tekinthetők.



8–9. ábra: Permetezőgép tisztítása a kezelés helyszínén.
Kertészeti (Forrás: pcfruit) és szántóföldi gép. (Forrás: LWK-NRW)

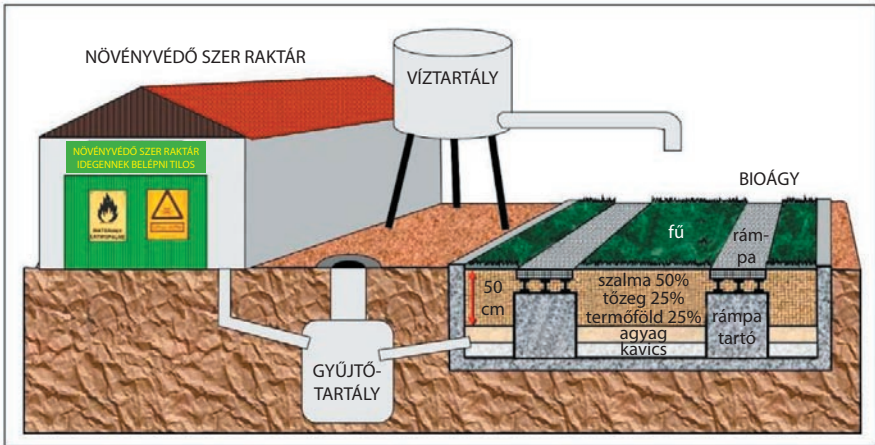
A gazdaságban a várható folyadék és kémia terhelés határozza meg a biológia tisztítórendszerek kialakítását. Kis mennyiségű szennyvíz kezelése, alacsony koncentráció esetén, ami nyilvánvalóan összefügg a kezelés helyén történő tisztítással, kiegészítve néhány gazdaságban történő kisebb kezeléssel, csak egy kisebb méretű bioszűrőt igényel.

Nagy mennyiségű szennyezett víz esetén, magas koncentrációnál egyértelműen nagyobb kapacitású biotisztító rendszerek szükségesek, amelyet kombinálni célszerű költségesebb töltő- és tisztítóhely kialakításával. Erre akkor van szükség, ha nem a kezelés helyén, hanem a gazdaságban történik a tisztítás. Ebben az esetben a legjobb megoldás egy nagyobb kapacitású bio tisztítórendszer kiépítése.

A gazdálkodónak lehetősége van arra, hogy a kockázat csökkentésre vonatkozó tevékenységeket a kezelés helyére csoportosítsa, ami azt jelenti, hogy nem kell, vagy csak kis beruházásokra lesz szükség a gazdaságban, ellenkező esetben, ha a növényvédő szerek kezelése és a tisztítási műveletek nagy része is gazdaságban történik, akkor nagyobb befektetésre lesz szükség a gazdaság infrastruktúrájának kibővítésénél.

4. Biológiai tisztítóberendezések tervezése

Egy integrált töltő- és tisztítóhely különböző munkafolyamatokat kapcsol össze, meghatározott módon, ami csökkenti a növényvédő szerek kezelésének kockázatát (10. ábra.) Bármilyen szennyezett folyadékot, kifolyt szert gyűjteni és kezelni kell.



10. ábra: Integrált töltő és mosóhely sematikus rajza. (Forrás: ISK)

Együttes és elkülönített töltő- és tisztítóhely

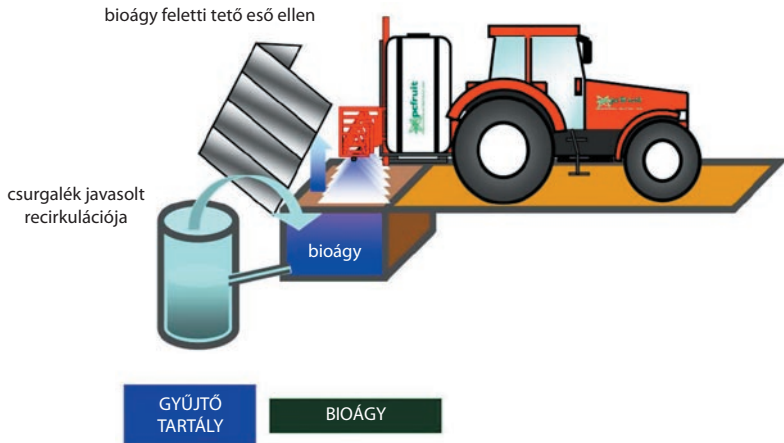
A töltő és tisztítóhelyek kialakíthatók közvetlenül a bioágy felett, vagy annak közvetlen közelében. A kombinált megoldásra vonatkozó példa a 11. és 12. ábrán látható. Stabil szerkezet szükséges ahhoz, hogy a teljes permetezőgépet meg tudja tartani. Legjobb, ha a rendszer füves réteggel kerül beborításra, ami a rendszeren belül megfelelő nedvességet biztosít, egyben az összegyűjtött víz mennyiségének csökkentésében is szerepe van (párologtatás). Mivel a szennyezett folyadékok közvetlenül a permetezőgépből kerülnek ki, a bioágy felületén való egyenletes elosztása nehézkes. Egyes esetekben csak a szórókeretet helyezik a bioágy fölé, így gyűjtve össze a szennyezett folyadékokat és maradékokat (13. ábra.)



11. ábra: Rámpa a bioágyon (Forrás: Visavi)

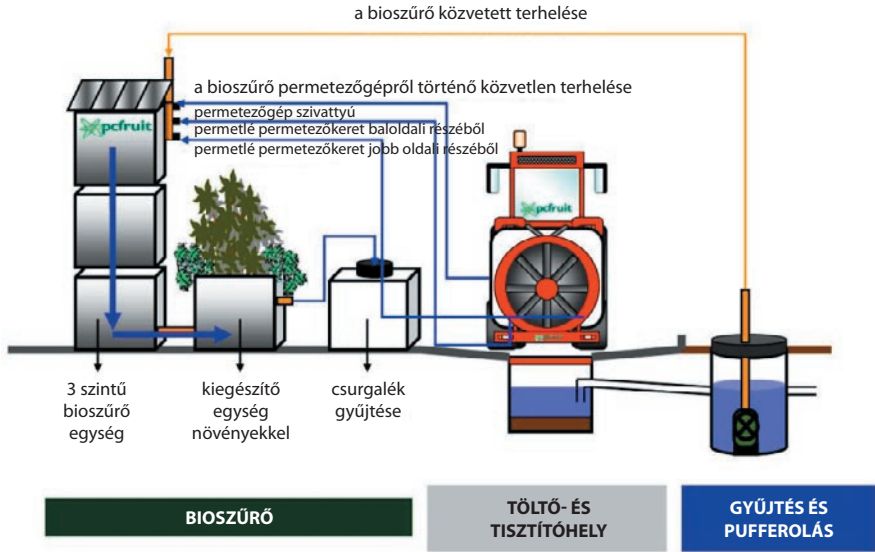


12. ábra: Rácsos bioágy



13. ábra: Sematikus rajz a bioágy közvetlen tisztítóhelyként történő használatáról, ahol a szórókeret kerül közvetlenül a bioágy fölé, és a hígított permetlé maradék innen jut a tisztítórendszerbe (Forrás: pcfruit).

Hasonló berendezések használhatók bioszűrők kiépítésénél is, amikor a szennyvíz összegyűjtésre kerül, majd ezt követően közvetlenül a bioszűrőkre juttatják (14. ábra). Ilyen megoldással a szennyezett folyadékot jobban szét lehet osztani a szűrő rendszeren. A bioszűrő tetején levő fű kipusztul, ha gyomirtó szert tartalmazó folyadék kerül rá. A bioszűrőt be kell fedni eső ellen, és az összegyűjtött csurgalékot recirkuláltatni kell, hogy a felső réteget megvédjük a kiszáradástól, ha rendszeresen kerül rá a szennyvíz. A 14. ábrán bemutatottak szerint a tartály első tisztítása is lehetséges. A töltés és a gép külső mosása közben elfolyt szennyezett vizet is össze kell gyűjteni, és elkülönítve a bioszűrőre kell juttatni.



14. ábra: Sematikus rajz a bioszűrő rendszer közvetett és közvetlen terhelésére. A közvetlen terhelés esetén csak a gépben levő hígított permetlé jut a rendszerbe. Közvetett terhelésnél egy elkülönített töltő- és tisztítóhelyről származó összes szennyvíz kezelésre kerül. (Forrás: pcfruit).

Különálló töltő- és mosóhelyeket szigetelni kell (beton), a növényvédő szerrel szennyezett folyadékok számára átjárhatatlannak kell lenniük, és közvetlenül, vagy közvetve a biológiai tisztítóhoz vezető elvezetőket kell kiépíteni (15., 16., 17. ábrák).

Az elkülönített rendszer lehetővé teszi, hogy valamennyi szennyezett folyadék először összegyűjtésre kerüljön, majd ezt követően, közvetve a biotisztító rendszerre jusson. Ez lehetővé teszi, hogy a szennyvíz a biotisztító rendszeren egyenletesen kerüljön elosztásra, illetve folyadék és kémiai terhelésre akkor kerülhet sor, amikor a puffer tartály bekapcsolásra kerül. Amennyiben a töltő- és mosóhelyeken az eső ellen nincs tető, egy külön elvezetés szükséges, amely megakadályozza, hogy az esővíz a tisztítórendszerbe kerüljön. A biológiai tisztítórendszert be kell fedni, hogy eső ne kerüljön rá.



15. ábra: Különálló, betonozott töltő és tisztítóhely, megfelelő eszközökkel. A szennyezett víz a biotisztító rendszerbe kerül elvezetésre (Forrás: Bayer CropScience).

Mindig ügyelni kell arra, hogy a töltő- és mosóhelyek peremmel legyenek körbevéve, illetve olyan felület legyen kialakítva, ami a szennyezett folyadékot a megadott területen belül tartja.



16–17. ábra: Különálló beton töltő- és tisztítóhelyek, ahol a szennyezett folyadék egy beton vályún (bal oldal), illetve folyadékélvezető rácson keresztül jut a biotisztító rendszerbe. (Forrás: ADAS).

Puffer vagy gyűjtőtartály

A puffertartály plusz költséget jelent, ennek ellenére javasolt beépítése, mert lehetővé teszi a biotisztító rendszer egyenletes terhelését. A puffer tartály mérete egyezzen meg az éves folyadék terhelés térfogatával. Az időjárástól függően a biológiai tisztítórendszerek 200–300 napig működnek évente. Téli időszakban az alacsony hőmérséklet lassítja, vagy le is állítja a rendszer biológiai aktivitását. A tisztítási műveletek azonban nem egyenletesen oszlanak el az év során. Optimális tevékenység esetén a folyadék és kémia terhelés nagyjából egyenletesen oszlik el a rendszer aktív működésének időszakára, folyamat biológiai aktivitást produkálva. Példa: Ha az éves folyadékkerhelés 5000 l, és a rendszer aktív időszaka (15-20 C° feletti hőmérséklet) 200 nap, ez annyit jelent, hogy naponta 25 l-rel terhelhető a tisztító rendszer. Amennyiben puffertartály áll rendelkezésre a rendszer optimálisan működtethető, ezzel a rendszer méretét is korlátozni lehet. A napi alacsony folyadékterhelés esetén kis kapacitású, elektromos időzítővel (nem folyamatos) ellátott szivattyú, vagy dózis szivattyú (időnként folyamatosan adagol) használata javasolt (18., 19. ábra.)

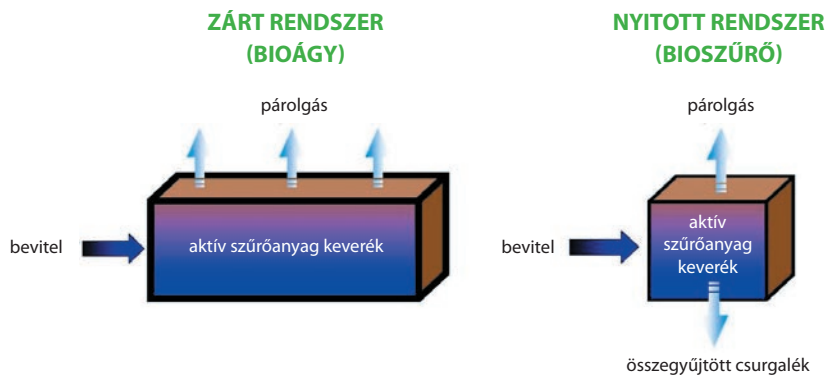
Abban az esetben, ha a permetlé maradékot nem lehet felhígítani, és így nem juttatható ki a kezelés helyszínén a kezelt területre, egy puffer tartály – amely alkalmas az összes keletkezett szennyvíz összegyűjtésére – lehetővé teszi, hogy a permetlé vízzel történő hígítására a puffertartályban kerüljön sor.



18–19 ábra: 4000 literes PE puffer tartály a felszín felett, illetve egy 5000 literes beton puffer tartály, amely felett töltő- és tisztítóhely került kialakításra. Az esővíz elvezetés elkülönítetten történik. (Forrás: pcfruit).

Nyitott és zárt rendszer

A 20. ábra zárt és nyitott bioágy rendszer sematikus vázlatát mutatja. A zárt rendszer tulajdonképpen egy tartály rendszer, amiből a felesleges víz, a nedvesség csak párolgással távozik el. A tartályban levő 1m^3 szűrőanyag átlagban, az időjárástól függően 400-500 liter vizet képes elpárologtatni évente. Ez azt jelenti, hogy a zárt rendszerben 2m^3 szűrőanyagra van szükség 1000 liter szennyvíz kezelésére. (A példa Belgiumból származik, ahol az átlagos hőmérséklet 11°C , az átlagos csapadék mennyisége 800 mm évente. Azt javasoljuk, hogy kérje ki szaktanácsadó véleményét, hogy az Ön régiójában milyen mértékű lehet ez a párolgás.)



20. ábra: A zárt és nyitott tisztítórendszerek sematikus rajza

A zárt tisztítórendszereknél számolni kell azzal a kockázattal, hogy kisebb párolgásnál, vagy a tervezettnél nagyobb mennyiségű szennyvíz bevezetés esetén a rendszer telítődik, vagy túlfolyik. A telítődés komolyan veszélyezteti a növényvédőszer szűrőanyagokon történő megkötését és lebontását, és ez kimosódáshoz vezethet (Fogg et. al, 2004.) A telítődés megakadályozható azzal, ha a rendszert eső ellen tetővel védjük, illetve ha a folyadékterhelés megfelelő időközökben történik. A zárt rendszerű tisztító legnagyobb előnye, hogy nincs csurgalék, de ez csak akkor igaz, ha a párolgás nagyobb, mint a rendszerre vitt szennyezett víz mennyisége.

A nyitott rendszerű tisztító inkább egy átfolyó rendszerhez hasonlít, ahol a víz egy része elpárologtatásra kerül, a további részét, mint csurgalék vizet gyűjtik össze. Egy nyitott rendszerben 1 m^3 aktív szűrőanyag keverék (talaj, szalma, tőzeg) kb., $1,5\text{ m}^3$ szennyezett vizet tud feldolgozni, amelyből kb. $0,5\text{ m}^3$ elpárolog, és kb. 1 m^3 csurgalékvíz maradhat. A példák közül az derül ki, hogy nyitott rendszerű tisztító rendszerben több szennyvizet lehet kezelni ugyanolyan mennyiségű szűrőanyaggal, de a csurgalék vizet össze kell gyűjteni egy külön tartályban. Ezt a vizet totális gyomirtó szerek kijuttatásához lehet újra használni (permetlékészítés), vagy recirkuláltatni lehet a biológiai tisztítórendszeren. Ha növényeket is használunk akkor azok a csurgalék további tisztulását, illetve elpárologtatását is segítik. A rendszeren belüli 95%-os páratartalomnál lehet folyamatos terhelés mellett a legjobb eredményre számítani.



21–22. ábra: A szennyezett folyadék felületen való szétosztása fém lappal (balra, Forrás: CRAw) vagy perforált csőhurokkal (jobbra, Forrás: pcfruit)

Eszközök a biotisztító rendszerekbe történő folyadékbevitelhez

A szennyezett folyadékot a biológiai tisztítórendszer felületére kell juttatni. Ehhez különböző technikai eszközöket használhatunk. A 21. ábrán egy fémlap szórja szét a szennyezett folyadékot a bioszűrő aktív szűrőanyagának (szubsztrát) felületén. Egy perforált csőhurok (22. ábra) a bioszűrő szűrőanyagának felületén sokkal egyenletesebben juttatja ki a szennyezett folyadékot. Permetező szórófejek is megfelelő szétosztást produkálnak (23. ábra). A permetező szórófejek, amelyek kisebb

és nagyobb méretű rendszerekben is használhatók, illetve a perforált csövek (24. ábra), a csepegtető öntöző rendszer (BASF et al., 2004) viszonylag egyszerű módjai a szennyezett víz nagy felületen való szétosztásának. A bioremediációs rendszerek rendszeres terhelése esetén szükség van egy olyan tartályra, amelyben a szennyezett víz összegyűjthető.



23–24 ábra: A szennyezett folyadék felületen való szétosztása permetező fejekkel (balra, Forrás: POVLТ) vagy perforált keringtető csővel (jobbra, Forrás: Bayer CropScience)



25–26 ábra: A beton helyett a bioágyat műanyaggal is lehet szigetelni, EPDM (balra, Forrás: ADAS) és PE tartályok (jobbra, Forrás: Mybatec)

A rendszer szigetelése

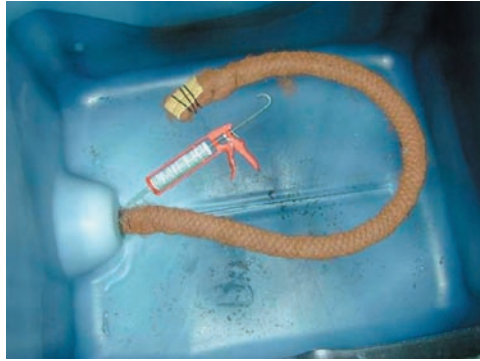
Biotisztító rendszereket át nem eresztő anyaggal kell szigetelni. Általában a bioágy oldala betonból készül, de használható műanyag is, pl. EPDM (25. ábra) vagy PE (26. ábra) is. A bioszűrőket általában 1m³-es konténerekből állítják össze, amelynek anyaga PE IBCs. Meg kell jegyezni, hogy a műanyagok élettartama rövidebb, mint a betoné. Fénynek kitett PE konténer kb. 10 évig használható.

Eső elleni védelem és / vagy esővíz és más nem szennyezett víz elkülönített elvezetése

A biológiai tisztítórendszereket eső ellen be kell fedni, ha a töltő- és tisztítóhelyektől elkülönített helyen vannak. Növényi vegetáció alkalmazása esetén lefedés nem szükséges, de ha mégis lefedjük a rendszert, ügyeljünk rá, hogy elegendő fény biztosítsunk a növényeknek. A lefedésre vonatkozó példák a 3., 4., 24., 26., 32., 33., 37. ábrákon láthatók. A biotisztító rendszerek befedése a tiszta víz rendszerbe kerülését megakadályozza, így elkerülhető a bioágy telítődése, illetve túltöltése. Az előzőekben leírt okok miatt el kell kerülni, hogy a töltő és mosóhelyekről bármilyen, nem szennyezett víz a biológiai tisztítórendszerekbe jusson.

A rendszer drénezése

A nyitott rendszerű bioszűrőkhöz mindig szükséges csatlakoztatni minden tartály aljához egy folyadékgyűjtő eszközt, amely a csurgalékot a következő szűrőegységre, vagy csurgalék gyűjtő tartályba vezeti. Legegyszerűbb a 27. ábrán látható elvezető (drén)cső alkalmazása. Ilyen dréncső nem csak a vizet vezeti el hatékonyan, hanem biztosíték arra is, hogy aktív szűrőanyag darabok (talaj, szalma, tőzeg) nem okoznak a folyadék rendszerben, a folyadékaramban eltömődést. Dréncsövek a bioágyaknál is alkalmazhatók. Mint ahogy a 10. ábra mutatja, agyag és kavics kombinált használata is lehetséges. Vegye figyelembe, hogy az agyag a drénezést jelentősen lelassítja, és be is repedezhet, ha kiszárad.



27. ábra: Dréncső a bioszűrő alján

A zárt tisztítórendszereknél számolni kell azzal a kockázattal, hogy kisebb párolgásnál, vagy a tervezettnél nagyobb mennyiségű szennyvíz bevezetés esetén a rendszer telítődik, vagy túlfolyik. A telítődés komolyan veszélyezteti a növényvédő szerek szűrőanyagon történő megkötését és lebontását, és ez kimosódáshoz vezethet (Fogg et. al, 2004). A telítődés megakadályozható azzal, ha a rendszert eső ellen tetővel védjük, illetve ha a folyadékterhelés megfelelő időközökben történik. A zárt rendszerű tisztító legnagyobb előnye, hogy nincs csurgalék, de ez csak akkor igaz, ha a párolgás nagyobb, mint a rendszerre vitt szennyezett víz mennyisége.

Vegetáció (növények) használata

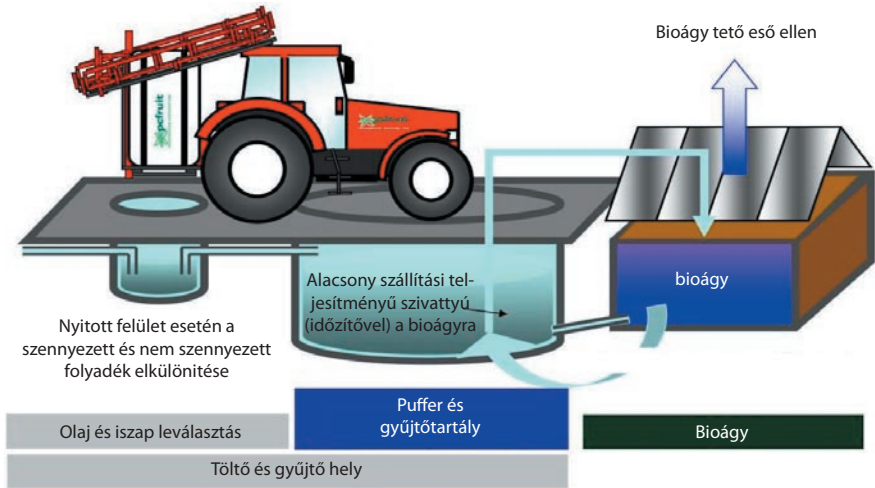
Növények használatának számtalan előnye lehet. A közvetlenül terhelt bioágy felületén levő füves réteg a felesleges víz elpárologtatásával megfelelő nedvességet biztosít a rendszerben, és megakadályozza a felső réteg kiszáradását (2., 10., 11., 28. ábra). A gyökérrendszernek pedig abban van szerepe, hogy a növényvédő szerek lebontásában részt vevő mikroorganizmusok számára optimális talajkörülmények alakuljanak ki. Ha a bioágyat közvetlenül terhelő szennyezett folyadék nem kerül eléggé felhígításra a felületen levő fűre fitotoxikus lehet. A füves bioszűrők felülete kiegészítő egységként akkor tud jól működni, ha a növényvédő szerek koncentrációja (különösen a gyomirtó szereké), elég alacsony ahhoz, hogy garantáltan ne legyen fitotoxikus az ott élő növényekre (29. ábra).



28–29 ábra: Fűves réteg a közvetlenül terhelt bioágy felületén
(balra, Forrás: Visavi) és Carex fajok egy bővített bioszűrő utolsó egységében
(jobbra, Forrás: pcfruit)

Kutatási eredmények azt mutatják, hogy fűvek (*Carex* spp) a leginkább ellenállóak a gyomirtó szerekre, de a bokroknak és fáknek (*Salix* spp) nagyobb a párologtató kapacitása (Debaer et al., 2007.) Az 1 m²-re telepített *Carex* fajok több mint 500 literrel növelik a rendszer párologtató kapacitását évente, míg a *Salix* fajok 1000 literrel, vagy még ennél nagyobb mennyiséggel. Ha elegendő számú növényvel be-telepített egységet használunk a felesleges víz elpárologtatására, a nyitott bioszűrőknél nem kell számolni csurgalékkal.

Példák – szigetelt bioágy rendszer



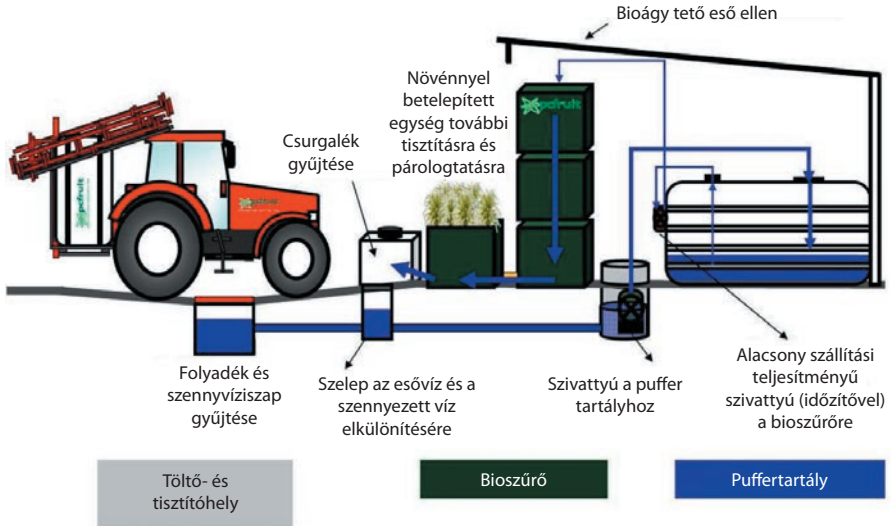
30. ábra: Sematikus rajz egy modern bioágy megtervezésére és felszerelésére.

A szennyezett víz az esővíztől, az iszaptól elkülönítetten kerül kezelésre.

A puffer és gyűjtőtartály lehetővé teszi, hogy a különálló töltő- és tisztítóhelyekről érkező folyadék és kémiai terhelés megfelelő időben kerüljön a tisztító rendszerre.

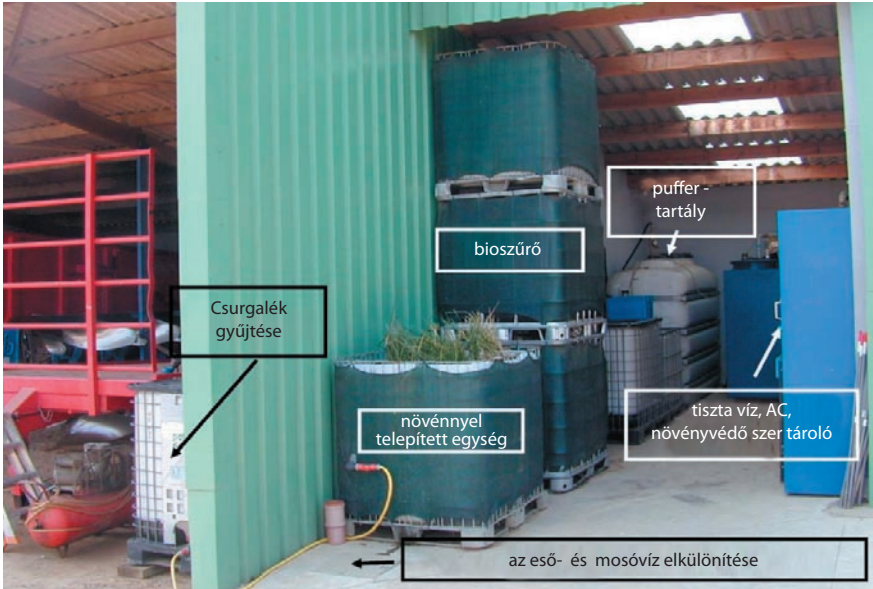
Az esetleges telítődést a bioágy befedésével, dréncsövek alkalmazásával, illetve a lehetséges csurgalék recirkulációjával lehet megoldani (Forrás: pcfruit).

Példák bioszűrő rendszerre

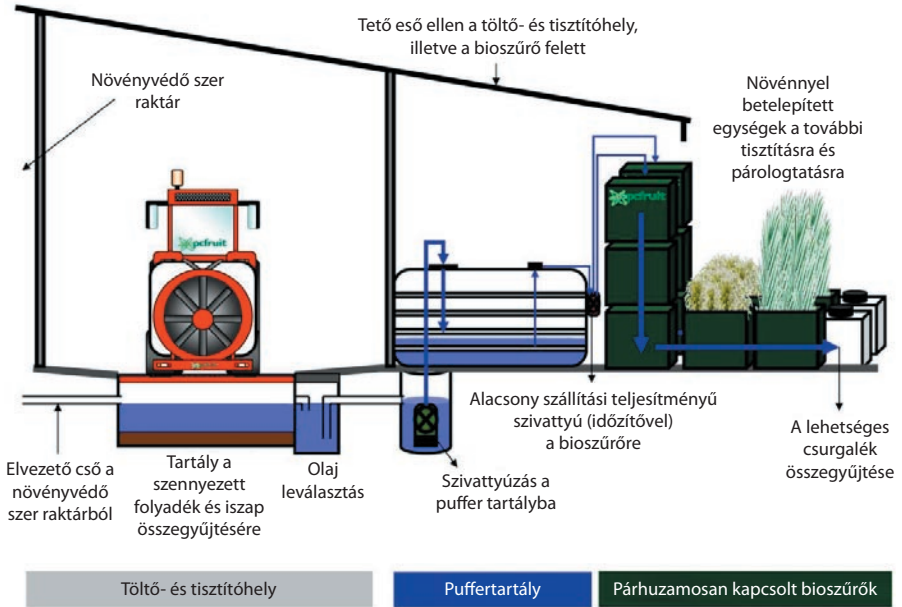


31. ábra: Nyitott töltő- és tisztítóhely, 3+1 egységes bővített bioszűrővel ellátva (Forrás: pcfruit). A tiszta esővíz és a mosóvíz elválasztása szelepek segítségével történik.

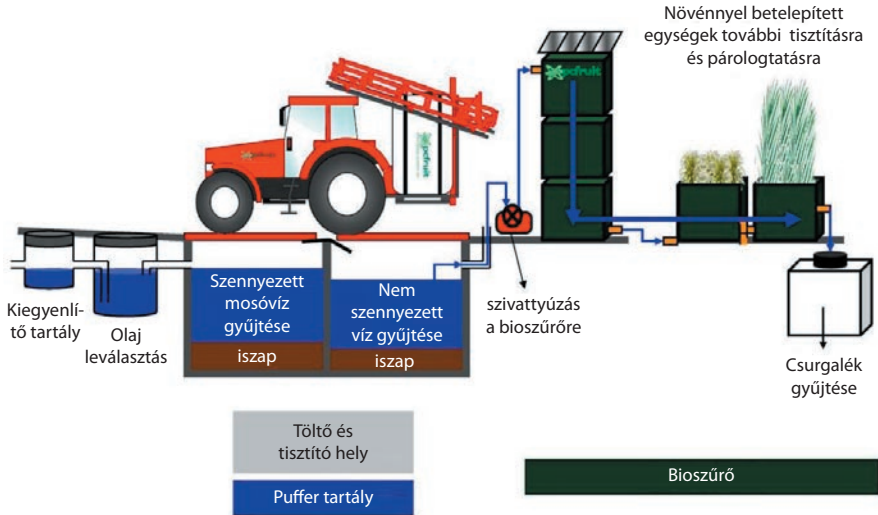
A szennyezett folyadék egy 4000 literes puffertartályba kerül szivattyúzásra. A tartályból napi 25 liter folyadék kerül a szűrő tetejére. A rendszer 2007-ben 6300 liter szennyezett folyadékkal került terhelésre, 4000 liter csurgalékvíz került összegyűjtésre, és 2300 liter folyadék párologott el (Debaer et al.,2007).



32. ábra: Integrált töltő- és tisztítóhely, 3+1 egységes bővített bioszűrővel ellátva (Forrás: pcfruit). A növénykonténer túlfolyójának elvezetése közvetlenül a növény gyökérszónája alatt van. Valamennyi csurgalék összegyűjtésre kerül.



33. ábra: Integrált töltő- és tisztítóhely, két párhuzamos 3+2 egységes kibővített bioszűrővel ellátva. A töltő- és tisztítóhely és a bioszűrők fedett helyen vannak (a növényvel telepített konténereket kivéve), így módon az esővíz nem kerül a rendszerbe. Valamennyi csurgalékvíz összegyűjtésre kerül.



34. ábra: Töltő- és tisztítóhely 3+2 egységes bővített bioszűrővel ellátva (Forrás: pcfruit). Az eső és mosóvíz a töltő- és tisztítóhely alatt elhelyezett, két különálló puffertartályba kerül összegyűjtésre. A szennyezett folyadék egy időzítővel felszerelt szivattyúval kerül a fedett bioszűrő tetejére. Valamennyi csurgalékvíz összegyűjtésre kerül.

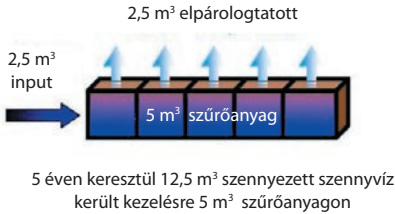


35–36. ábra: A bővített bioszűrő két felső egységében a megfelelő nedvesség biztosítására egy telítődési zónát hagytak a tartályok alján, lehetővé téve, hogy a víz a kapilláris erők hatására felfelé mozduljon. Ezt úgy lehet elérni, hogy a tartály kimenetét egy felfelé hajló csőre csatlakoztatják, amelynek az egység felső része felé vezető légjárata van. A telítődési zóna magasságát a felfelé hajló cső hossza határozza meg. Különböző magasságot lehet választani a telítődési zónákban, de egy 300 literes telítődési zóna megfelelő lehet (jobbra). A kivezető cső meghajlítása után vezesse a végét a következő egység tetejére, és juttassa oda csurgalékot, ahogyan azt a 21-24. ábrák mutatják. A képeken látható további vezetékek a rendszer mintázására szolgálnak, illetve a folyadékok téli tároláskori leengedésére, megelőzve a vezetékek kifagyását (Forrás: pcfruit)

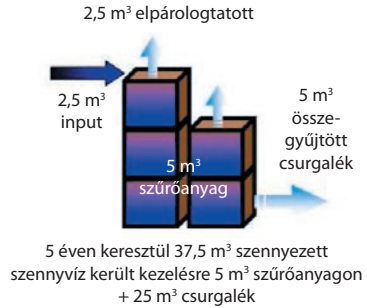
5. A biotisztító rendszer méretezése

Az előzőekben már tárgyaltuk (4. fejezet IV. rész), hogy mekkora mennyiségű szűrőanyag (szubsztrát) szükséges adott mennyiségű szennyezett folyadék kezelésére. A zárt rendszereknél a kapacitás méretezésének alapja a lehetséges párologtatás mértéke, amely a szűrőanyag keverék telítődését megakadályozza. Nyitott rendszereknél a szűrő hatékonysága a legfontosabb (Pussemier et al., 2004; Pigeon et al., 2005; Debaer et al., előkészítés alatt). Bár létezik olyan általános vélekedés, hogy a bioágyak (zárt rendszerek), több szennyezett folyadékot képesek kezelni, mint a bioszűrők (nyílt rendszerek). Ez valószínű azon a tényen alapszik, hogy a bioágyak általában nagyobb méretű rendszerek, több szubsztrátot (szűrőanyagot) tartalmaznak, mint a kisebb méretű bioszűrők. Ténylegesen azonban azonos mennyiségű szűrőanyaggal a nyitott rendszerekben jóval nagyobb mennyiségű szennyezett folyadékot lehet kezelni, ha a maradék csurgalék összegyűjtésre és újrahasználásra kerül. A nyitott rendszerek, amennyiben növényeket is használnak, megfelelő méretezéssel zero kimenetelű rendszerré alakíthatók, csurgalék sem marad. Az bármelyik rendszerre vonatkozóan egyértelmű, hogy a rendszerbe történő folyadék és a kémiai bevitel minimalizálni kell. A rendszer kimeneti oldalán a folyadék és szilárd hulladékot a szükséglethez igazodó méretezéssel lehet minimalizálni. A tisztítás fő elve a növényvédő szerek lebontása, és nem egyszerűen csak a koncentrációjuk csökkentése. Ezért a tisztítórendszer tervezése során a ki- és bemenetek egyensúlyát kell megteremteni. Ezt legegyszerűbben a nyitott- (bioszűrők), a zárt- (bioágyak), valamint a zero kimenetelű rendszerek (bővített bioszűrők) példái alapján lehet legjobban megérteni, amelyet a 37. ábrán mutatunk be.

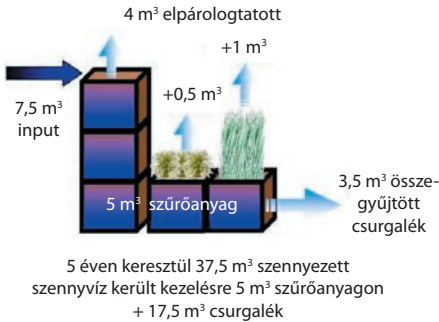
1. ZÁRT RENDSZER (BIOÁGY)



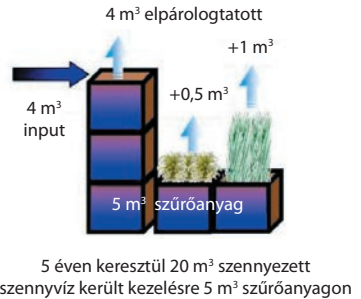
2. NYITOTT RENDSZER (BIOSZŰRŐ)



3. NYITOTT RENDSZER + NÖVÉNY (KIBŐVÍTETT BIOSZŰRŐ)



4. ZÉRO KIMENETELŰ NYITOTT RENDSZER (MÉRETEZETT KIBŐVÍTETT BIOSZŰRŐ)



37. ábra: Példák a biológiai tisztító berendezések méretezésére.

1. Tipikus bioágy rendszer, ahol nagy mennyiségű szűrőanyagra van szükség
2. Tipikus bioszűrő rendszer jelentős mennyiségű csurgalékval, amelyet a rendszerre lehet visszavinni, vagy újra fel kell használni (permetlékészítés)
3. Példa arra, hogy a növények megnövelik a felesleges víz párolgását, amely nyitott átfolyó rendszer esetén működőképes. $(2,5+0,5+1=4m^3)$. A tapasztalatok szerint ebben a példában az első három egység tisztítási hatásfoka nem elegendő arra, hogy a növények túléljék a kezelést a 4. és 5. egységben, ha a szennyezett folyadék hígítás nélkül kerül a rendszerre (ha nem történik tisztítás a kezelés helyszínén).
4. Azt az esetet mutatja, amikor jól méretezett tisztítórendszer, növényeket használva, zero kimenetelű rendszert eredményez, a rendszer a szennyezett vizet a legnagyobb kapacitással, a legjobb hatásfokkal kezeli. Ugyanakkor a nagy térfogatú szennyezett vizek kezelésénél a technológiai megoldásokra nagyobb figyelmet kell fordítani (Forrás: pcfruit).

6. Aktív szűrőanyag (szubsztrát) keverék (különböző anyagok és szerepük)

Eredetileg a biológiai tisztítórendszerben használt keverék 50% szalmából, 25% tőzgeből, 25% talajból (termőréteg) állt. Különböző tanulmányok vizsgálták a keverékek arányait, és olyan alternatív szűrőanyagok használatát, amelyek legjobban megfelelnek a növényvédő szerek lebontásához.

Felső rétegű talaj (termőréteg) mikroorganizmusok forrása

A termőrétegből származó talaj a keverékben a növényvédő szerek lebontásához nélkülözhetetlen mikroorganizmusokat biztosítja. A felső talajrétegben levő mikroorganizmusok lehetnek gombák, vagy baktériumok, amelyek a növényvédő szereket táplálkozásuk szén forrásaként használják. Fontos, hogy a talaj az adott gazdaságból származzon, mert a mikroorganizmusok már adaptálódtak a szántóföldön használt növényvédő szerekhez. A termőrétegből származó talaj az egyetlen, amit az összetevők közül nem lehet alternatív anyagokkal kicserélni. A talaj százalékos arányát ugyanakkor lehet csökkenteni anélkül, hogy a lebontás hatékonysága csökkenne. Ez akkor lehet előnyös, ha a szűrőanyagot a használat után el kell égetni, mert a gazdaság földjeire való kijuttatása nem engedélyezett.

Szalma

A szalma a mikroorganizmusok számára további tápanyagforrást jelent. A szalma a forrása a ligninnek, amely nélkülözhetetlen a lignin-bontó enzimeket termelő baktériumok számára. Ez az enzim a növényvédő szerek széles spektrumának lebontására képes. A szalma ugyanakkor N forrás is, egy jó C/N arányt biztosít a lebontó baktériumoknak. Az aktív szűrőanyag a szalmát gyorsan mineralizálja, kb. éves 10%-os szubsztrát csökkenést eredményezve. Ennek következtében minden szezonban a szalmát a rendszerbe pótolni kell.

Kókusz héj

Kókuszdió héja (részben) szénforrás, a szalmát helyettesítheti, ami jó vízmegtartó képességgel is párosul, és jól is szellőzik. A szubsztrát keverék kókusz kéreggel vagy héjjal, sokkal lassabban mineralizálódik, mint a szalma, ezért nem szükséges évenként újratölteni és összekeverni a szubsztrát keveréket. A szalma kókusz héjjal történő cseréje nem csökkenti a lebontás hatékonyságát.

Tőzeg

A tőzeg az az anyag, amely a növényvédő szereket különböző módon köti meg. Segít fenntartani a levegőzést és a nélkülözhetetlen nedvességet is, mivel nagy a víztartó képessége. Ugyanakkor a tőzeg tápanyagként nem számottevő.

Virágföld

A virágföldnek ugyanaz a funkciója és karaktere, mint a tőzegnek, ezért a szűrőanyag keverékben helyettesítheti azt. A virágföld gyakran tartalmaz fehér és fekete tőzeget, de a virágföldekben, részben vagy egészben gyakran helyettesítik kókusz származékokkal.

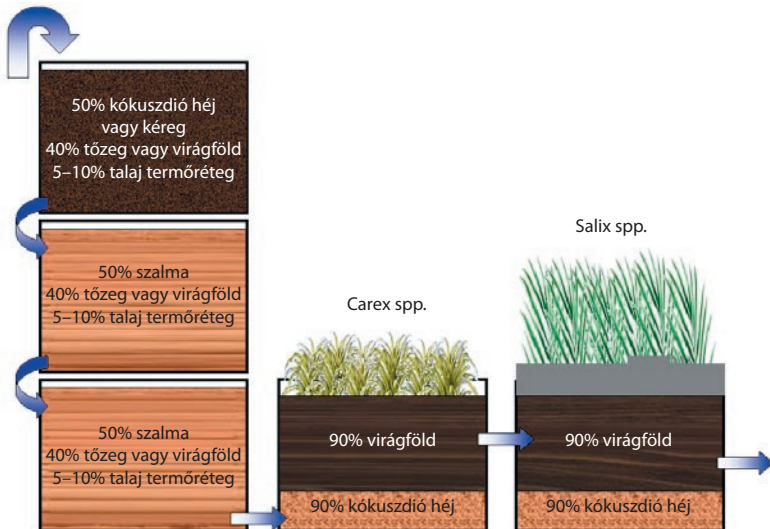
Szarvasmarha trágya

A trágya a benne levő nitrátok miatt elsősorban N forrás növelésére szolgáló adalékanyag. Kutatások (Genot et al, 2002) kimutatták, hogy a trágya adagolása növelheti a POPS anyagok (perzisztens szennyezők) lebontását.

7. A szűrőanyagok keverése

A bioágynban használt keverék eredetileg 50% szalmából, 25% tőzezből és 25% talajból állt. Ugyanakkor a jelenleg is folyó kutatások azt bizonyítják, hogy

- A talaj felső rétegéből származó frakció a legalkalmasabb a rendszer „beoltására”, és részarányát 5% alá is lehet vinni anélkül, hogy a lebontó kapacitás csökkenne (Sniegowski et al., előkészítés alatt). A talaj részarány csökkentése a növényvédő szerek retencióját növelheti a rendszeren, ennek következtében a biodegradációt is (De Wilde et al., előkészítés alatt).
- Olyan alternatív anyagok, mint a kókuszdió héj és a virágföld különböző arányú bekeverése az aktív szűrőanyagba a retenciót nem befolyásolja. (De Wilde et al, folyamatban).
- 5-10 % közötti szarvasmarha trágya adagolása növelheti a növényvédő szerek szűrő anyagon történő retencióját és a lebomlását (Genot et al., 2002; De Wilde et al., előkészítés alatt).



38. ábra: Példa aktív szűrőanyagok keverékére bővített bioszűrőn (Forrás: pcfruit).

A 38. ábra a szűrőanyag különböző keverékeinek jelenlegi kutatás szerinti lehetőségeit mutatja. A kibővített bioszűrő legfelső tartályában a szalma lecserélése kókuszdió héjjal pufferolja a rendszert. A következő egységben a talajfrakció csökkentésre került 5–10%-kal, és a virágföld arányát 40%-ra növelték. Mindez jobb retenciós potenciált eredményezett az egységben, növelve a biológiai lebontást. 5-10% közötti szarvasmarha trágya adagolással a virágföld aránya 30–35%-ra csökkenthető. A növényt tartalmazó tartály aljára legjobb, ha drénező réteggént 10% kókusz származékot teszünk, majd 80–90% virágföldet a tetejére, 0–10% szarvasmarha trágyával keverve.

A szűrőanyagok (szubsztrátok) arányát mindig térfogatban adjuk meg. Homogén keverék előállítására valamennyi alkotó méretét 2-4 cm között kell tartani (pl. a szalmaszálak hossza legfeljebb 4 cm legyen). Megfelelő szűrőanyag keveréket hagyományos betonkeverőben készíthetünk.

A biológiai tisztító berendezések megtöltése szűrőanyag keverékkel

A tisztítórendszer sor szűrőanyag keverékkel történő feltöltésénél egyfajta egyensúlyra kell törekedni. Ha keverék nagyon össze van tömörítve, akkor a lassú beszívódás miatt a visszatartás is nagy lesz, és hosszú az érintkezési idő a szennyezett folyadék és a szűrőanyag között. Ugyanakkor a nagyon összetömörített anyag nem fog elég jól levegőzni ahhoz, ami a növényvédő szerek lebontásához szükséges lenne. Más oldalról, ha az aktív szűrőkeverék egyáltalán nincs tömörítve a folyadék visszatartás alacsony lesz – különösen akkor, ha a szennyezett folyadék nincs megfelelően szétosztva a felületen – és a csurgalék gyorsan meg fog jelenni. Ha a keverék kevesebb mennyiségű talajt, és így nagyobb mennyiségű tőzeget vagy virágföldet tartalmaz, akkor a talaj – még ha a keverék jobban össze is van tömörítve – jobban levegőzik.

Aktív mátrix fenntartása

Minél hosszabb ideig működik a rendszer az összes széntartalom és a mikrobiológiai aktivitás, a szűrőanyag mineralizációja következtében csökkenni fog. Az aktív szűrőanyag mineralizációja az összetételtől és a szűrőanyag részecske méretétől függ. Olyan keverék, amely 50% aprított szalmát tartalmaz évente kb. 10 cm nagyságban fog mineralizálódni, illetve ennyivel csökken az aktív szűrőanyag réteg. Ennek a veszteségnek a pótlására minden évben, vagy minden második évben friss anyagot kell a rendszerbe adni, amelyet össze kell keverni az ott levő maradék szűrőanyaggal. A szűrőréteget mindig legalább 50 cm-esnek kell lenni. Néhány év után az egész szűrőanyagot ki kell cserélni, mert elhasználódik, kifárad. Tostensson (2000) szerint Svédország déli részén az aktív szűrőanyagot 5–6 évente kell cserélni.

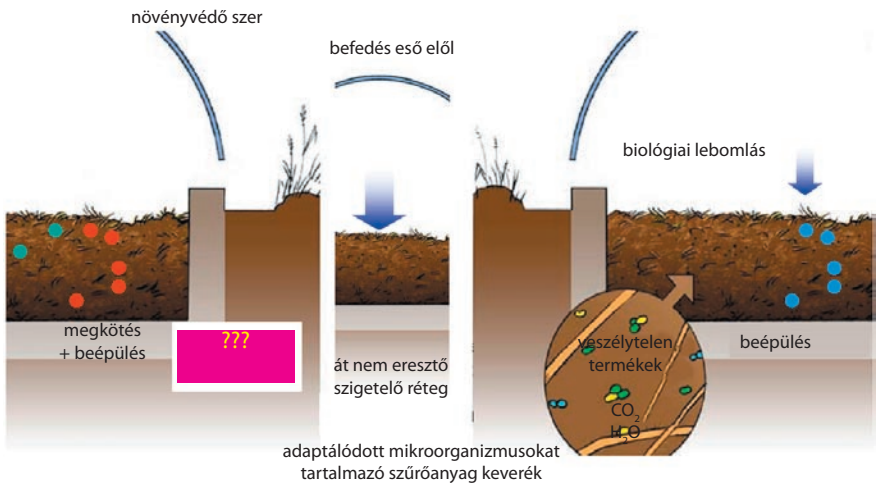
8. Kötődési és biológiai lebontási folyamatok

Nemzetközi kutatások kimutatták, hogy különböző, és nem is mindig optimális működtetési körülmények között a terhelésként rendszerbe vitt növényvédő szerek 93%-a biológiai lebontásra került, kb. 4%-a a csurgalék vízbe jutott, és kb. 3%-a az aktív szűrőanyagokon maradt. Optimális körülmények között a növényvédő szerek több mint 99%-a (néhány speciális, „mobilis” növényvédő szer kivételével) a biológiai tisztító rendszerben maradt, illetve lebontásra került.

Elvek

A biológiai tisztítórendszerek ellenőrzése és optimalizálása számos tényező komplex értelmezését teszi szükségessé. Ezen a faktorok közül az egyik a szennyezők lebontására képes mikroba populáció folyamatosan hozzáférhető jelenléte. Környezeti faktorok, mint a talaj típusa, a hőmérséklet, a pH, az oxigén, vagy más redukáló anyag jelenléte és a tápanyagok ugyancsak befolyásolják a lebontás haté-

konyságát (Vidali, 2001). Egy másik meghatározó dolog a növényvédő szerek mikroorganizmusok számára való hozzáférhetősége (biológiai hozzáférés – Thompson, 2001). A szerves komponensek biológiailag akkor bomlanak jól, ha a szennyező anyag oldott állapotban van a mikroorganizmust körülvevő talajnedvességben (párában). Más szóval, ha ez egy vékony vízrétegben van a szűrőanyag darabok felületén, ahol a mikroorganizmusok is megtelepedtek. Ennek következtében a szűrőanyag tényleges felületének növelése – anélkül, hogy a mikropórusok (agyag) által elősegített biológiai hozzáférés korlátozódna – a mikroorganizmusok által végzett biológia lebontást segíti. (39. ábra)



39. ábra: Két kémiai folyamat a növényvédő szerek biológiai lebontásában. Baloldalon a kötődés és az anyag beépülése, jobb oldalon a növényvédő szerek biológiai lebontása látható, amely a növényvédő szerek szűrőanyagon történő kötődése után következik be. A mikroorganizmusok lebontják a növényvédő szereket és a bomlás-termékek egy részét magukba építik. (Forrás: Bayer CropScience and KULeuven).

A kötődést és a biológiai lebomlást befolyásoló fontosabb faktorok

A különböző faktorok lebomlásra való hatásával számos tanulmány foglalkozott.

- Magas növényvédő szer koncentráció korlátozhatja a lebomlást (Fogg et al., 2003.) Ezért, mint ahogy az korábban már említésre került, feltétlenül javasolt, hogy a permetezőgép a kezelés helyén tisztításra kerüljön, ezt követően a biológiai tisztítórendszerben optimális hatékonyságot lehet elérni. Kezelésre tehát csak hígított permetlevek kerüljenek.
- A lebomlási folyamatok átmenetileg leállhatnak a felső talajrétegben, amikor pl. növényvédő szer keveréket juttatunk ki, de nem áll le a szűrőanyag keveréken, jelezve, hogy a biológiai tisztítórendszerek a növényvédő szer keverékek széles spektrumát képesek lebontani (Fogg et al., 2003).
- A biotisztító rendszerekben a páratartalom nélkülözhetetlen a biológiai tisztítási folyamatokhoz (95% az optimális). Ugyanakkor a telítődés (100%), a rendszeren levő vízterheléstől függően lemosódást eredményezhet (Fogg et al., 2004.) A mobilis növényvédő szerek lemosódásának elkerülésére, a bio tisztítórendszerek magasságát növelni kell, illetve el kell kerülni a szűrőanyag telítődését.
- Bizonyos növényvédő szerek, több szezonban történő ismételt használata növelheti a lebomlást, mivel a mikroorganizmusok már adaptálódtak a szerhez (Fournier et al., 2004).

9. Lemosódás

A csurgalékot folyamatosan gyűjteni kell. SOSE VEZESSE A CSURGALÉKOT FELSZÍNI VIZEKBE, VAGY AZOK KÖZELÉBE. Az érvényes szabályoknak, illetve a helyi körülményeknek megfelelően a következő megoldások, illetve intézkedések lehetségesek:

- A csurgalék recirkulációja a tisztító rendszeren. A párologtatással csökken a mennyisége.
- A csurgalék újra használata totális gyomirtó permetlé készítéséhez.
- A csurgalék kijuttatása a termőföldre, ügyelve a felszíni vizekre vonatkozó biztonsági távolságokra.
- A csurgalék elpárologtatása növények segítségével az utolsó tisztítási fázisban.
- A csurgalék átadása hivatalos hulladékkezelő cégnek, ha más jogszerű lehetőség nincs.

10. A szűrőanyag kezelése használat után

A szűrőanyagot 6–8 évi használat után teljesen ki kell cserélni. Az érvényes szabályoknak, illetve a helyi körülményeknek megfelelően a következő megoldások, illetve intézkedések lehetségesek:

- A használt anyag trágyaszóróval történő kijuttatása a termőföldre, a földben korábban ott maradt növényvédő szerekkel együtt történő lebontására.
- A keverék komposztálása egy fedett, át nem eresztő rendszerben, elkerülve, hogy bármilyen csurgalék innen a felszíni vizekbe kerüljön a következő egy-két évben. A komposztot évente kétszer össze kell keverni, és a növényvédő szerek minél jobb lebontása érdekében nedvesen kell tartani. 1-2 év után a komposzt biztonságosan kiszórható a termőföldekre.
- Ártalmatlanítsa a keveréket legális égetőműben, ha más jogszerű megoldás nincs.

11. Javaslatok a biotisztító rendszerek gyakorlati használatához

Milyen tisztító rendszert válasszunk egy adott gazdaság részére? A következő kérdéskörökre adott válaszok segítenek a legmegfelelőbb rendszer kiválasztásában.

A biotisztító rendszerben nagy mennyiségű és magas koncentrációjú folyadék kerül feldolgozásra (nincs tisztítás a permetezés helyszínén).

A gazdaságban évente több mint 10 000 liter szennyezett folyadék termelődik, és a permetezőgép külső-belső tisztítására a termőföldön nem nagyon, vagy egyáltalán nincs lehetőség. Ilyen esetben, a várható folyadékterhelésnek megfelelően méretezett, szigetelt bioágy rendszer a legmegfelelőbb.

- Minden 1000 liter folyadékterhelésre 2m^3 szűrőanyaggal kell számolni.
- Gondoskodni kell arról, hogy a szennyezett folyadék a szűrőanyag felületére egyenletes éves elosztásban, megfelelő időzítéssel kerüljön.
- Előzze meg, hogy esővíz, vagy más nem szennyezett víz a tisztító rendszerbe kerüljön. Ezzel megelőzhető a szűrőanyag telítődése, illetve kimosódása.

A biológiai tisztítórendszer szennyezett folyadékkal történő közvetlen terhelése

Nincs lehetőség arra, hogy a szennyezett folyadékot ideiglenesen tároljuk, illetve a kémiai- és folyadékterhelés éves eloszlása nem egyenletes. Ilyen esetben a legjobb megoldás egy szigetelt bioágy rendszer alkalmazása, amely megfelelően van méretezve a folyadékterhelésre.

- Minden 1000 liter folyadékterhelésre 2m³ szűrőanyaggal kell számolni.
- Gondoskodni kell arról, hogy folyadékbevitel a szűrőrendszer felületére egyenletes elosztásban történjen. Meg kell előzni, hogy a rendszer oldalánál jelentős folyadék áram alakuljon ki, és a bejutatott folyadék a falak mentén a bioágy kikerülésével jusson a csurgalékba.
- A rendszer időbeli terhelése nagyon rendszertelen. Recirkulációra általában szükség van, amellyel megakadályozható, hogy a szűrőréteg felső rétegei kiszáradjanak, amelynek az lenne a következménye, hogy a párologtatás és a biológiai tisztítás megszűnik. Amennyiben minden alkalommal nagyobb mennyiségű folyadékkal terheljük a rendszert a növényvédő szer az aktív szűrőanyagról lemosódhat. Recirkulációval a csurgalék megfelelően tisztítható.
- Előzze meg, hogy esővíz, vagy más nem szennyezett víz a tisztító rendszerbe kerüljön. Ezzel megelőzhető a szűrőanyag telítődése, illetve a növényvédő szerek szűrőanyagról történő lemosódása.

Ha a használt szűrőanyagot szabályok szerint nem lehet a szántóföldre kijuttatni

A bioágy rendszerek nagyobb mennyiségű szűrőanyaggal dolgoznak. Ha a használt (kimerült) szűrőanyagok jogszabály szerint a termőföldön nem kerülhetnek elhelyezésre, feldolgozásuk égetőben történhet, amelynek jelentős költség vonzata van. Ebben az esetben egy sorba kapcsolt bioszűrő rendszer alkalmazása lenne előnyösebb a bioágy helyett.

A biotisztító rendszer közvetett módon, kis térfogatú vagy hígított szennyezett folyadékkal kerül terhelésre (tisztítás a kezelés helyén)

Évente 10000 liternél kevesebb szennyezett víz keletkezik a gazdaságban és / vagy a permetezőgép a kezelés helyén kerül kimosásra és tisztításra. A várható csurgalékot újra lehet használni, vagy a termőföldre juttatható ki. A legjobb megoldás egy sorba „kapcsolt” bioszűrő rendszer alkalmazása, amely a várható folyadékterhelésnek megfelelően van méretezve.

- Minden 1500 liter folyadék bevitelre 1m^3 aktív szűrőanyag szükséges. Ez évente kb. 1000 liter csurgalékot fog eredményezni, ha növényvel beültetett további egységek nem kerülnek beiktatásra. Gyűjtse össze és használja újra a csurgalékot a termőföldön, ha lehetséges.
- Előzze meg, hogy esővíz, vagy más nem szennyezett víz a rendszerbe kerüljön. Ezzel megelőzhető az aktív szűrőréteg telítődése és kimosódása. Ha növényvel telepített egységeket is használ, gondoskodjon, hogy azok elegendő fényt kapjanak.
- Gondoskodni kell arról, hogy az aktív szűrőréteg felületére történő folyadékbevitel mennyiségben és időben is egyenletes legyen. Gyűjtse össze a szennyezett folyadékot és a csurgalékot egy puffertartályban. Használjon kis szállítási teljesítményű szivattyút (dózis szivattyú), vagy elektromos időzítővel ellátott normál szivattyút, hogy a napi folyadékterhelés kis mennyiségű (kb. 30 l) legyen. Példa: 5000 literes évi szennyezett folyadékmennyiségnél, 200 napos működési idővel számolva napi 25 liter legyen a terhelés.
- A bioszűrő összeállítására fekete tartályokat, vagy IBCs konténereket javasolt használni. Ez a tartályban magasabb hőt eredményez, ami stimulálja a mikroorganizmusokat.
- Ha a rendszer terhelése időben rendszertelen javasolt, hogy egy telített zónát alakítson ki a bioszűrő egység felénél lejjebbi részében, hogy az aktív zóna mindig megfelelő mennyiségű nedvességet kapjon.
- Használjon növényeket a szűrő egységekben a csurgalék csökkentésére, illetve a rendszer zéro kimenetű rendszerré való alakítására. Ebben az esetben a csurgalék recirkulációjára nem lesz szükség.

Köszönetnyilvánítás

A biológiai tisztítórendszerek gyakorlati kérdéseivel foglalkozó kiadványunkat Christof Debaer (pcfruit npo) állította össze az eddigi kutatási tapasztalatok és a következőkben felsorolt hivatkozási munkák alapján

Hivatkozások

Balsari, P., Marucco, P., Oggero, G. (2006). “External contamination of sprayers in vineyards.” *Aspects of Applied Biology* 77: 215-221.

Basford, W.D., Rose, S.C., Carter, A.D. (2004). “On-farm bioremediation (biobed) systems to limit point source pesticide pollution from sprayer mixing and washdown areas.” *Aspects of Applied Biology*. 71: 27-34.

Castillo, M. d. P., von Wirén-Lehr, S., Scheunert, I., Torstensson, L. (2001). “Degradation of isotoproturon by the white rot fungus *Phanerochaete chrysosporium*.” *Biol Fertil Soils* 33: 521-528.

De Wilde, T., Spanoghe, P., Debaer, C., Ryckeboer, J., Springael, D., Jaeken, P. (2007). “Overview of on-farm bioremediation systems to reduce the occurrence of point source contamination.” *Pest Manag Sci* 63: 111-128.

De Wilde, T., Mertens, J., Simunek, J., Sniegowski, K., Ryckeboer, J., Jaeken, P., Springael, D. & Spanoghe, P. In preparation. **Characterizing pesticide sorption and degradation** in macro scale biopurification systems using column displacement experiments.

Debaer, C., Jaeken, J. (2006). “Modified bio filters to clean up leftovers from spray loading and cleaning; experience from pilot installations.” *Aspects of Applied Biology* 77: 247-252.

Debaer C., Springael D., Ryckeboer J., Spanoghe P. & Jaeken P. 2007. The use of plants for optimization of a biofilter system used for bio purification of spray remnants. Oral Communication on 2nd Biobed Workshop 11-12 December 2007, Ghent.

Debaer C., Springael D., Ryckeboer J., Spanoghe P., Balsari P., Taylor WA. & Jaeken P. 2008. Volumes of residual of sprayers and their International Standards: impact on farm water treatment systems. *Aspect of Applied Biology* 84: pp. 193 – 199. International Advances in Pesticide Application 2008, Robinson College, Cambridge, UK.

Debaer C., Rutten N., Springael D., Ryckeboer J., Spanoghe P. & Jaeken P. In preparation. Influence of different surface treatments, volumes of cleaning water and dry time on the removal of external copper contamination on PE surfaces of a sprayer.

Debaer C., Rutten N., Springael D., Ryckeboer J., Spanoghe P. & Jaeken P. In preparation. Modified biofilters used in practise: chemical and hydraulic load, retention efficiency and optimized evaporation of leachate by plants.

Fogg, P., Boxall, A.B.A., Walker, A. (2003). “Degradation of Pesticides in Biobeds: The Effect of Concentration and Pesticide Mixtures.” *J. Agric. Food. Chem.* 51(18): 5344-5349.

Fogg, P., Boxall, A.B.A., Walker, A., Jukes, A. (2004). “Leaching of Pesticides from Biobeds: Effect of Biobed Depth and Water Loading.” *J. Agric. Food. Chem.* 52(20): 6217-6227.

Fournier, J. C. 2004. A survey of INRA studies on biobeds. European Biobed Workshop, 28-29 September, Malmö, Sweden.

Franssens, V., De Rocker, E. & Debaer C., In preparation. Risk of point source contamination by PPP in the Demer catchment area: results of a questionnaire on spray equipment, operator behaviour and farm infrastructure.

Genot, P., Van Huynh, N., Debongnie, Ph., & Pussemier, L. 2002. Effects of addition of straw, chitin and manure to new or recycled biofilters on their pesticides retention and degradation properties. *Med Fac Landbouww Univ Gent* 67: 117-128.

Pigeon, O., De Vleeschouwer, C., Cors, F., Weickmans, B., De Ryckel, B., Pussemier, L., Debongnie, Ph., Culot, M. (2005). “Development of biofilters to treat the pesticides wastes from spraying applications.” *Comm. Appl. Biol. Sci.* 70(4): 1003-1012.

Pussemier, L., De Vleeschouwer, C., Debongnie, Ph. (2004). “Self-made biofilters for on-farm clean-up of pesticides wastes.” *Outlooks on Pest Management* April 2004: 60-63.

Sniegowski, K., Ryckeboer J., Spanoghe P, Jaeken P. and Springael D. (in preparation). Pesticide-primed Soils as Supplement for On-farm Biofilters to improve Pesticide-Contaminated-Wastewater Treatment.

Thompson, I. P., Singer, A.C., Bailey, M.J. (2001). Improving the exploitation of microorganisms in environmental clean-up. *Pesticide Behaviour in Soils and Water*, BCPC Symposium Proceedings No. 78: 197-204.

Torstensson, L., Castillo, M.dP. (1997). “Use of biobeds in Sweden to minimize environmental spillages from agricultural spraying equipment.” *Pesticide Outlook* 8(3): 24-27.

Torstensson, L. (2000). “Experiences of biobeds in practical use in Sweden.” *Pesticide Outlook* 11(5): 206-211.

Vidali, M. (2001). “Bioremediation. An overview.” *Pure Appl. Chem.* 73: 1163-1172.

Wehmann, H. J. (2006). “Cleaning of sprayers; an emerging ISO standard that is critical to environmental interests.” *Aspects of Applied Biology* 77: 31-38.