

BEZPIECZNE ZAGOSPODAROWANIE CIEKŁYCH POZOSTAŁOŚCI PO ZABIEGACH OCHRONY ROŚLIN W SYSTEMACH BIODEGRADACJI I DEHYDRATACJI

Grzegorz Doruchowski, Ryszard Hołownicki, Waldemar Świechowski,
Artur Godyń

Zakład Agrotechnologii, Instytut Ogródnictwa w Skierniewicach

Streszczenie. Napełnianie i mycie opryskiwaczy wiąże się z powstawaniem ciekłych pozostałości skażonych pestycydami. Są one głównym powodem skażeń miejscowych i źródłem skażenia wód. Dyrektywa UE o zrównoważonym stosowaniu pestycydów narzuca Krajom Członkowskim obowiązek ochrony wód poprzez wdrażanie bezpiecznych metod zagospodarowania pozostałości po zabiegach ochrony roślin. Efektywne i praktyczne metody polegają na biologicznej neutralizacji pestycydów w systemach bioremediacji (np.: biobed, Phytobac, biofilter, biomassbed) lub na odparowaniu wody w systemach dehydratacji (np.: Heliosec, Osmofilm). Artykuł opisuje systemy neutralizacji ciekłych pozostałości.

Słowa kluczowe: biobed, Phytobac, biofilter, biomassbed, Heliosec, Osmofilm

Wstęp

Ciekłe pozostałości po zabiegach ochrony roślin powstają przede wszystkim w wyniku mycia wewnętrznego i zewnętrznego opryskiwaczy, a także podczas zmywania przypadkowo rozlanych lub rozsypanych preparatów z miejsc napełniania opryskiwaczy. Etykieta-instrukcja stosowania każdego środka ochrony roślin zawiera informację, że resztki cieczy użytkowej należy rozcieńczyć wodą, a następnie wypryskać na wcześniej traktowane uprawy. Podobnie należy postępować z popłuczynami po myciu instalacji cieczowej opryskiwacza. Zalecenie etykiety-instrukcji jest jednoznaczne i obligujące operatora opryskiwacza, ponieważ zapisy etykiety obowiązują z mocy ustawy o ochronie roślin.

Aby mycie wewnętrzne było efektywne należy je przeprowadzić w kilku, np. trzech cyklach [Godyń i Doruchowski 2009] z wykorzystaniem wody z dodatkowego zbiornika na opryskiwaczu lub pobieranej po każdym cyklu z ujęcia. Jeśli opryskiwacz jest dodatkowo wyposażony w zestaw do mycia zewnętrznego, np.: lanca ciśnieniowa, wąż i zwijacz węża [Roettele i in. 2011] to pewną część czystej wody można przeznaczyć także na przeprowadzenie mycia zewnętrznego na polu z zachowaniem bezpiecznej odległości od cieków i zbiorników wodnych oraz naturalnych ujęć wody lub studzienek melioracyjnych [Doruchowski i Hołownicki 2009]. Spłukiwane z opryskiwacza osady środków ochrony roślin w dużym rozcieńczeniu trafiają do gleby, czyli podłoża czynnego biologicznie, gdzie

substancje aktywne preparatów ulegają biodegradacji pod wpływem oddziaływania organizmów glebowych.

Opryskiwacz wyposażony w dodatkowy zbiornik na wodę i urządzenia do płukania instalacji cieczonej oraz zestaw do mycia zewnętrznego pozwala na kompleksowe rozwiązanie problemu zagospodarowania ciekłych pozostałości po myciu opryskiwacza poprzez rozproszanie ich w dużym rozcieńczeniu na polu, a więc w miejscu stosowania, środków ochrony roślin przewidzianym w procesie ich rejestracji. W przypadku opryskiwacza bez tych urządzeń płukanie instalacji cieczonej jest zadaniem czasochłonnym, wymagającym kilkakrotnego poboru wody, a mycie zewnętrzne na polu nie jest w ogóle możliwe do przeprowadzenia. Oznacza to konieczność mycia sprzętu w gospodarstwie, co wiąże się z ryzykiem kumulacji środków ochrony roślin z ciekłych pozostałości po myciu.

Ciekle pozostałości są powodem skażeń miejscowych, powstających w gospodarstwach rolniczych i będących głównym źródłem skażenia wody [Doruchowski i Hołownicki 2003]. W Dyrektywie 128/WE o zrównoważonym stosowaniu pestycydów [WE 2009] Komisja Europejska narzuca na kraje członkowskie UE obowiązek ograniczania ryzyka zanieczyszczenia środowiska, szczególnie wód powierzchniowych i podziemnych, oraz zagrożenia dla ludzi i zwierząt poprzez wdrażanie dobrych praktyk postępowania, minimalizujących powstawanie pozostałości oraz bezpiecznych metod ich zagospodarowania (Art. 13). Polska jest obecnie na etapie wdrażania zobowiązań wynikających z tej Dyrektywy. Upowszechnianie praktycznych rozwiązań infrastrukturalnych, pozwalających na efektywne i bezpieczne zagospodarowanie ciekłych pozostałości w gospodarstwach rolniczych jest działaniem na rzecz tego procesu. Celem niniejszego artykułu jest prezentacja istniejących sposobów zagospodarowania pozostałości w procesie bioremediacji (neutralizacji biologicznej) oraz dehydratacji (odparowanie wody i przekazanie pozostałości stałych do utylizacji).

Bioremediacja - biologiczna neutralizacja pozostałości

Bioremediacja ciekłych pozostałości skażonych środkami ochrony roślin polega na wykorzystaniu procesów ich rozkładu i mineralizacji, czyli biodegradacji, przebiegających w sposób naturalny lecz powolny w glebie oraz na podtrzymaniu tego procesu w ograniczonym i izolowanym obszarze, zwykle zlokalizowanym w gospodarstwie, w sąsiedztwie miejsc, w których powstają pozostałości (np. miejsce napełniania i mycia opryskiwacza). Biodegradacja jest wynikiem metabolicznych procesów mikroorganizmów glebowych, przede wszystkim grzybów, glonów i bakterii. Niektóre z nich, wytwarzają enzymy takie jak dioksygenaza, dehalogenaza, chlorohydrolaza czy oksydaza, które katalizują proces degradacji związków wchodzących w skład środków ochrony roślin, odpowiednio: dibenzofuranu, halogenoalkanów, atrazyny i insektycydów fosforoorganicznych [Zemleduch i Tomaszewska 2007].

Stworzenie dobrych warunków do namnażania i rozwoju mikroorganizmów intensyfikuje proces degradacji środków ochrony roślin. Dlatego w stanowiskach bioremediacyjnych środowisko bytowania mikroorganizmów glebowych w formie substratu jest wzbogacone o części organiczne, sprzyjające ich rozwojowi i aktywności. Zwykle 20-25% objętości substratu stanowi gleba pochodząca z pola lub plantacji, gdzie stosowane środki ochrony roślin pobudzają do działania mikroorganizmy rozkładające substancje biologicz-

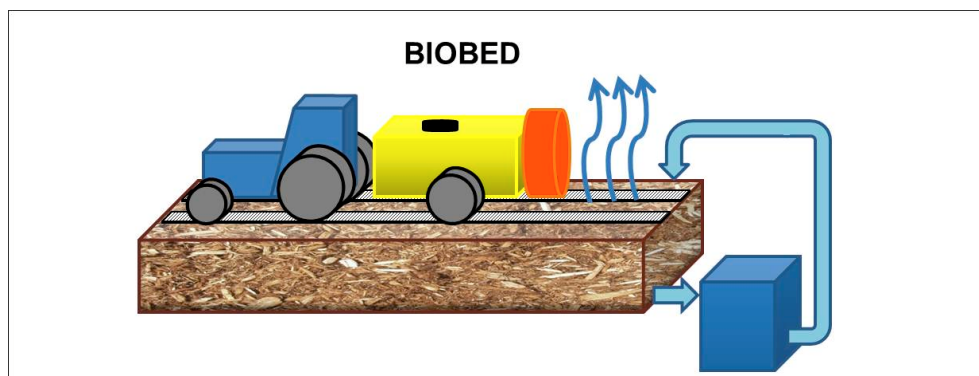
nie czynne tych środków [Fogg i in. 2003a]. Dodanie gleby do substratu ma zatem za zadanie zainicjowanie jego aktywności biologicznej. Główną masę organiczną w substracie stanowi zwykle torf lub kompost w ilości 25-40%, a rolę rozluźniacza substratu pełni ścięta słoma lub inne rozdrobnione części roślin (pędy winorośli, wióry łupin orzechów kokosowych, kora drzew liściastych), których udział objętościowy stanowi zwykle 40-50% [Castillo i Torstensson 2007]. Rozkład środków ochrony roślin, w tym szczególnie izoproturonu, można zintensyfikować inokulując dodatkowo do substratu grzyby „białej zgnilizny” *Phanerochaete chrysosporium*, z klasy *Basidiomycetes*, te same które powodują rozkład drewna w przyrodzie [Wirén-Lehr von i in. 2001]. Skład substratu zależy od rodzaju stanowiska bioremediacyjnego, regionu i dostępności poszczególnych produktów. W prawidłowo skomponowanym i utrzymanym środowisku proces biodegradacji jest bardzo efektywny i wynosi od 95 do 99% [Wilde de i in. 2007]. Wyniki uzyskane przez badaczy wskazują, że nawet po okresie intensywnego stosowania środków ochrony roślin i stosunkowo dużym wkładzie ciekłych pozostałości działalność mikroorganizmów przez okres zimy obniża koncentrację wszystkich stosowanych substancji aktywnych do poziomu wykrywalności [Spanoghe i in. 2004]. Efektywność rozkładu substancji chemicznych może się jednak zmniejszyć, a w stosunku do niektórych nawet ustać w wyniku nadmiernej koncentracji środków ochrony roślin w substracie [Fogg i in. 2003b], jego przesuszenia, oddziaływania ropopochodnych węglowodorów (oleje, smary) splukiwanych z maszyn czy ciągników oraz azotu zmywanego z rozsiewaczy nawozów lub opryskiwaczy po użyciu płynnych nawozów (RSM, mocznik). Dlatego stanowiska bioremediacyjne nie służą do zlewania resztek cieczy użytkowej oraz wody po płukaniu zbiornika i instalacji cieczonej opryskiwacza, lub składania niepełnowartościowych preparatów i innych skażonych odpadów o wysokiej koncentracji środków ochrony roślin.

Właściwości biologicznie czynnych substratów wykorzystywane są w stanowiskach typu *biobed* oraz stanowiskach pochodnych, takich jak *Phytobac*, *biofilter* czy *biomassbed*. Czas eksploatacji substratu dla pierwszych trzech typów stanowisk wynosi od 5 do 8 lat [Nilsson 2001], w zależności od warunków klimatycznych oraz intensywności użytkowania, a w ostatnim z przytoczonych należy go wymieniać co roku. Zużyty substrat, jeśli jest prawidłowo użytkowany, zawiera zwykle śladowe ilości substancji chemicznych. Niemniej jednak powinien być przez rok kompostowany, a następnie zużyty jako nawóz organiczny.

Biobed (rys. 1) to rodzaj zagłębionego w ziemi basenu wypełnionego podłożem bioaktywnym i wyposażonego w rampy najazdowe, które umożliwiają wjazd opryskiwacza na stanowisko [Torstensson 2000]. Z założenia *biobed* służy do bezpośredniego przejmowania wszelkiego rodzaju wycieków i rozprożeń, do których może dochodzić podczas przygotowania cieczy użytkowej i napełniania opryskiwacza, do zbierania skażonej wody użytej do zewnętrznego mycia sprzętu oraz wody opadowej, splukującej z opryskiwacza osady środków ochrony roślin podczas postoju maszyny. Spływające z opryskiwacza do podłoża substancje są w nim neutralizowane, a woda częściowo odparowuje lub w części nie adsorbowanej przez substrat spływa na dno stanowiska. Ścianki basenu muszą gwarantować jego szczelność dlatego należy je wykonać z odpowiedniej jakości betonu lub grubej folii. Na dnie układa się warstwę drenażową w postaci żwiru (ok. 10 cm) następnie warstwę zagęszczonej gliny, spowalniającej odpływ wody (ok. 5 cm), a na niej 50 cm substratu (słoma 50%, torf 25%, gleba 25%). Zbierające się w warstwie drenażowej odcieki całkowite lub częściowo zneutralizowanych pozostałości płynnych odprowadzane są przewo-

dem przez syfon do zbiornika, po napełnieniu którego można je z powrotem przepompować do stanowiska. W ten sposób biobed stanowi izolowany system o zamkniętym obiegu cieczy. Możliwość ustawienia opryskiwacza bezpośrednio na stanowisku eliminuje konieczność zorganizowania dodatkowego stanowiska o nieprzepuszczalnym podłożu (np. płyta betonowa z odpływem i separatorem części stałych i olejów) oraz zbiornika służących do zbierania i gromadzenia skażonej wody podczas mycia czy napełniania opryskiwacza. Dla pozostałych, opisanych niżej stanowisk taka konieczność istnieje.

Do celów projektowych przyjmuje się, że substrat stanowiska biobed może przerobić w ciągu roku ilość ciekłych pozostałości, równą połowie swojej objętości. Jeśli zatem biobed o wymiarach 3x5 m mieści ok. 7,5 m³ substratu to jego roczna przepustowość wynosi 3750 l ciekłych pozostałości, co pozwala na wielokrotne mycie opryskiwacza wystarczająco dużą ilością wody. Margines pojemności stanowiska oraz zbieranie odcieków jest potrzebne na wypadek intensywnych opadów deszczu. Z kolei w okresach suszy należy pamiętać o podlewaniu stanowiska aby cały czas utrzymać odpowiednią wilgotność podłoża. W okresie zimowym zalecane jest przykrycie stanowiska folią lub brezentem co zapobiega jego przelaniu i przemarzaniu [Nilsson 2001]. Stanowisko powinno być zlokalizowane co najmniej 20 m od cieków, zbiorników czy studni, w miejscu nie narażonym na zalania, najlepiej w bezpośrednim sąsiedztwie magazynu środków ochrony roślin i punktu czerpania wody (np. zbiornika pośredniego do napełniania opryskiwacza).

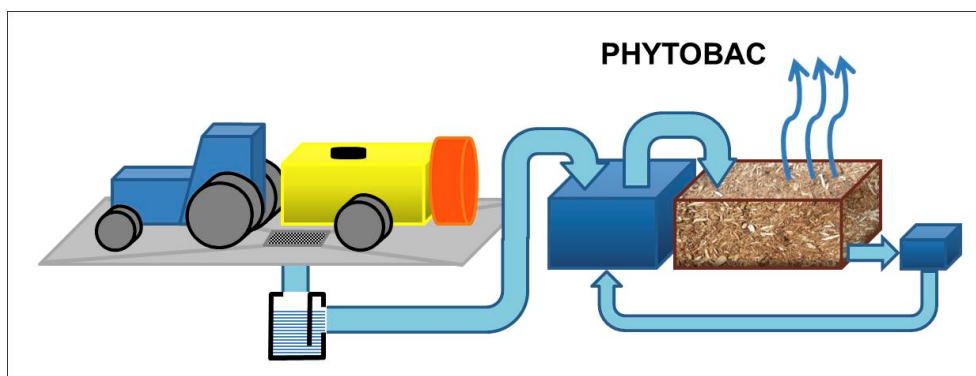


Źródło: opracowanie własne

Rys. 1. Stanowisko biobed
Fig. 1. Biobed stand

Phytobac (rys. 2) w klasycznym wykonaniu ma podobną budowę, wykorzystuje substrat o tym samym składzie i zachodzą w nim dokładnie te same procesy co w stanowisku biobed [Castillo i in. 2008]. Nie pozwala on jednak na wjazd opryskiwacza, co stwarza konieczność budowy w gospodarstwie specjalnego miejsca do napełniania i mycia opryskiwaczy z możliwością zbierania i gromadzenia ciekłych pozostałości. Spływająca z takiego miejsca ciecz powinna przechodzić przez separator części stałych i produktów ropopochodnych zanim trafi do zbiornika gromadzącego pozostałości. Ze zbiornika pobierana

jest sukcesywnie przez pompę i rozprowadzana równomiernie na powierzchni stanowiska do momentu obfitego zwilżenia substratu - zwykle raz lub dwa razy dziennie. Podobnie jak w przypadku stanowiska biobed odcieki z substratu, zbierające się w warstwie drenażowej na dnie stanowiska, odprowadzane są do zewnętrznego zbiornika po czym trafiają z powrotem do podłoża. Utrzymanie krążenia cieczy w zamkniętym cyklu oraz substratu w ciągłej wilgotności wymaga zastosowania pompy i dodatkowych urządzeń, takich jak wyłącznik czasowy, system rozprowadzania cieczy oraz czujnik uwodnienia podłoża. Przepustowość stanowiska określa się na takich samych zasadach co w przypadku systemu biobed. W gospodarstwach o niewielkim zużyciu środków ochrony roślin i ograniczonej przestrzeni na dodatkowe wyposażenie infrastrukturalne istnieje możliwość stosowania stanowisk Phytobac w wersji kompaktowej, wolnostojącej.

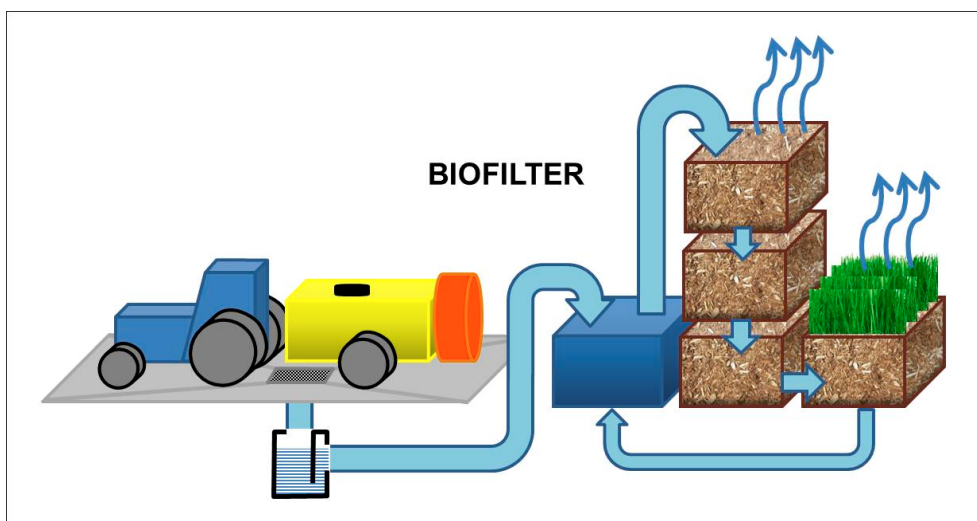


Źródło: opracowanie własne

Rys. 2. Stanowisko Phytobac
Fig. 2. Phytobac stand

Biofilter (rys. 3) to zestaw dwóch lub trzech otwartych kontenerów prostopadłościennych, z których każdy ma objętość ok. 1 m³ i jest wypełniony substratem o składzie takim jak w stanowisku biobed [Pigeon i in. 2005]. Kontenery te umieszczone są jeden nad drugim w formie kolumny tak aby ciekłe pozostałości doprowadzane ze zbiornika przeznaczonego na ich gromadzenie i rozprowadzane na powierzchni substratu w górnym kontenerze spływały grawitacyjnie do kontenerów dolnych. Podczas przepływu przez substrat kolejnych pojemników środki ochrony roślin ulegają niemal całkowitej biodegradacji. Przy dawce ciekłych pozostałości, wynoszącej 20-25 l dziennie odparowanie wody w okresie od maja do września jest na poziomie 60-70%. Odcieki z najniższego kontenera zasilają dodatkowy, boczny kontener, na podłożu którego rosną rośliny tolerancyjne na środki ochrony roślin, wykazujące zdolności fitoakumulacji (akumulacji substancji chemicznych głównie w pędach i liściach) oraz sprzyjające dobrej ewapo-transpiracji (ewaporacja plus transpiracja). Wymagania te spełnia np. turzycza prosowa (*Carex paniculata* L.) lub wierzba wiciowa (krzewiasta) (*Salix viminalis* L.). Dobrymi hiperakumulatorami są także: gryka (*Fagopyrum* Mill.), kukurydza (*Zea mays*), lucerna (*Medicago* L.), perz (*Elymus repens* L.),

tobołki alpejskie (*Thlaspi caerulescens* L) i mniszek lekarski (*Taraxacum officinale* F. H. Wigg.). Z użyciem roślin z bocznego kontenera usuwane są resztki substancji i odparowana jest woda. Przy niesprzyjających ewapotranspiracji warunkach pogodowych ewentualne odcieki z dodatkowego zbiornika kierowane są z powrotem do górnego kontenera stanowiska. Dawkowanie cieczy oraz jej obieg jest zwykle zautomatyzowany dzięki wykorzystaniu pompy z wyłącznikiem czasowym.



Źródło: opracowanie własne autorów

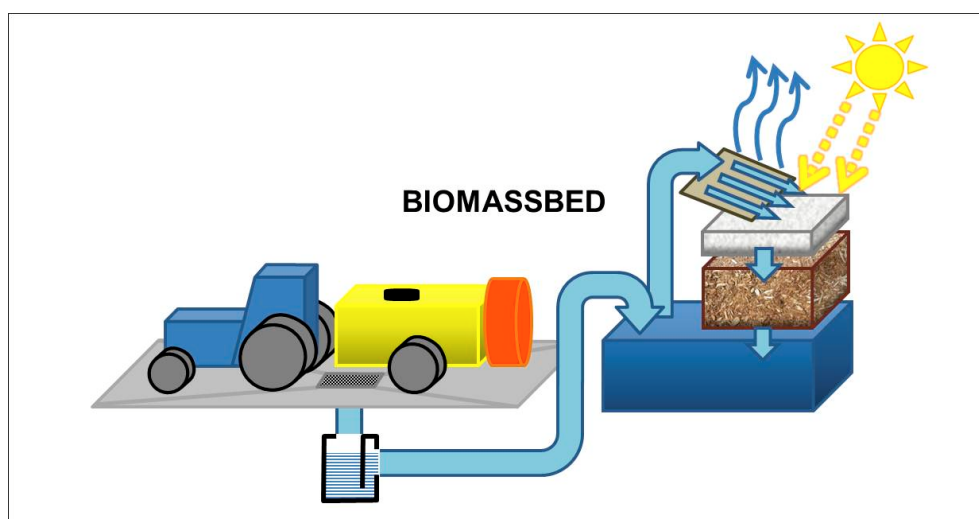
Rys. 3. Stanowisko biofilter
Fig. 3. Biofilter stand

Biomassbed (rys. 4) jest nową propozycją wśród systemów bioremediacji. Jego koncepcja polega na maksymalizacji efektywności procesu biodegradacji i przepustowości stanowiska przy stosunkowo niewielkich gabarytach. Osiąga się to przez zwiększenie przepływu ciekłych pozostałości przez substrat oraz stworzenie warunków do szybszego odparowania wody i fotodegradacji środków ochrony roślin pod wpływem promieni słonecznych [Vischetti i in. 2004]. Pomysł powstał we Włoszech, a więc kraju o ciepłym klimacie i dużym nasłonecznieniu gdzie parowanie i fotodegradacja istotnie polepsza efekt bioremediacji środków ochrony roślin w ciekłych pozostałościach.

W swojej najbardziej zaawansowanej i kompaktowej wersji (eksperymentalnej) stanowisko składa się z separatora piany, która tworzy się za pomocą pompy w wyniku intensywnego i wielokrotnego przepompowywania cieczy, panelu z kaskadą, który sprzyja fotodegradacji substancji chemicznych i intensyfikuje odparowanie wody, naturalnego filtra cząstek zawieszonych, które mogłyby zamulać substrat, reaktora z substratem (ok. 60-100 kg) i wodoprzepuszczalnym dnem, zbiornika na odcieki, umieszczonego pod reaktorem, oraz pompy i włącznika czasowego. Rolę filtra cząstek zawieszonych spełnia pojemnik wypełniony piaskiem koralowym (drobiny szkieletów koralowca). W skład substratu wchodzi:

kompost – 40%, pocięte pędy winorośli – 40% oraz gleba – 20%. W wersji uproszczonej można zrezygnować z takich elementów jak separator piany, panel z kaskadą i filtr cząstek zawieszinowych.

Na stanowisku biomassbed skażona, lecz oczyszczona z części stałych i olejów woda odpadowa po zewnętrznym myciu opryskiwacza przepuszczana jest przez substrat w trwających 15 minut cyklach uruchamianych 4 razy dziennie. Poddana bioremediacji ciecz krąży zatem wielokrotnie w systemie prowadząc do sięgającej ponad 95-99% biodegradacji większości substancji biologicznie czynnych już po kilku lub kilkunastu dniach. Substancje aktywne niektórych herbicydów (np. linuron, metolachlor, terbutylazyna) wymagają więcej czasu na rozkład do tak wysokiego poziomu.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 4. Stanowisko biomassbed
Fig. 4. Biomass stand

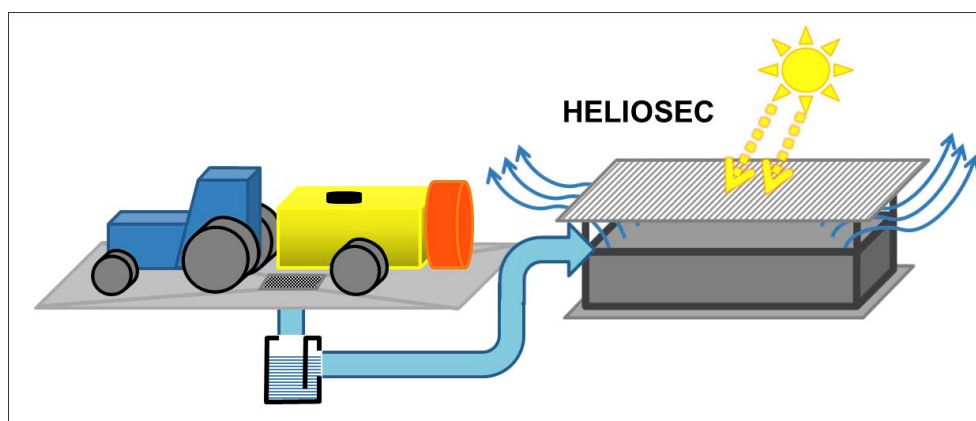
Dehydratacja - odparowanie wody z pozostałości

Inną metodą zagospodarowania ciekłych pozostałości jest ich dehydratacja, czyli odparowanie wody na stanowisku zlokalizowanym w gospodarstwie, a następnie bezpieczna utylizacja pozostałych po odparowaniu części stałych w specjalistycznych zakładach. W ten sposób duże objętości pozostałości ciekłych redukuje się kilkaset razy do osadów w ilości łatwej do transportu i utylizacji.

Główną zaletą systemów dehydratacyjnych jest brak wrażliwości na wyższe stężenia pozostałości, drobne ilości ropopochodnych węglowodorów, azotu z nawozów czy środki ochrony roślin niekorzystnie oddziałujące na mikroorganizmy w substratach systemów bioremediacyjnych (np. fungicydy miedziowe i siarkowe). Ponadto stanowiska dehydratacyjne nie wymagają dodatkowych urządzeń zużywających energię, są bardzo proste

w konstrukcji, a przebiegający w nich proces dehydratacji nie wymaga żadnej obsługi. Obecnie oferowane są dwa rodzaje stanowisk: **Heliosec** oraz **Osmofilm**.

Heliosec (rys. 5) to ustawiony na płaskim, betonowym podłożu prostopadłościenny zbiornik o objętości 4 lub 6 m³, z zawieszonym nad nim dachem z przezroczystego i trwałego tworzywa. Zbiornik wyłożony jest grubą folią, a dostęp postronnych osób (dzieci!) lub zwierząt do jego zawartości zabezpieczony jest siatką. W zbiorniku można zgromadzić do 2500 l ciekłych pozostałości. Proces odparowania wody z pozostałości przebiega spontanicznie pod wpływem działania naturalnej energii słońca i wiatru. Czynniki te dodatkowo powodują fotodegradację i utlenianie substancji chemicznych w cieczy. W warunkach umiarkowanego klimatu, w miesiącach letnich ze stanowiska Heliosec wyparowuje ok. 100 l wody w ciągu tygodnia. W okresie od kwietnia do października istnieje zatem możliwość odparowania ilości wody równej maksymalnej pojemności zbiornika.



Źródło: opracowanie własne

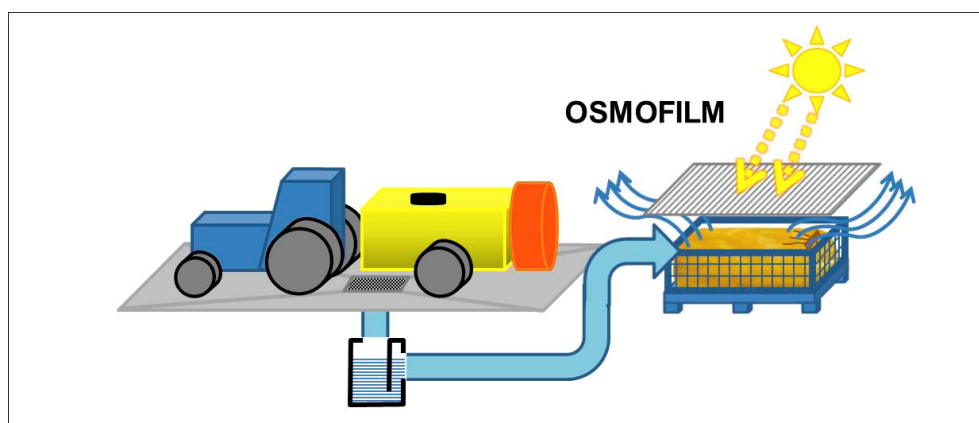
Rys. 5 Stanowisko Heliosec
Fig. 5. Heliosec stand

System Heliosec dostarczany jest z komputerowym modelem symulacyjnym, ułatwiającym racjonalne wykorzystanie stanowiska. Po wprowadzeniu do oprogramowania daty i ilości dodanej do stanowiska cieczy model prognozuje poziom cieczy w zbiorniku w poszczególnych tygodniach sezonu, według najkorzystniejszego i najmniej korzystnego scenariusza. W algorytmie prognozowania wykorzystywane są dane o lokalnym poziomie ewapotranspiracji, określane na podstawie wieloletnich danych o przebiegu warunków pogodowych dla określonego miejsca (regionu). Po zakończeniu sezonu folię z osadami substancji chemicznych przekazuje się specjalistycznym służbom do bezpiecznej utylizacji.

Osmofilm (rys. 6) jest stanowiskiem, w którym ciekłe pozostałości zamykane są w worku wykonanym z przezroczystej polimerowej folii, będącej wodoodporną membraną, przepuszczalną dla pary wodnej. Pod wpływem promieniowania słonecznego w worku powstaje efekt szklarniowy, powodujący intensywne odparowanie wody z cieczy. Para uwalniana jest do atmosfery przez półprzepuszczalną membranę.

Bezpieczne zagospodarowanie...

Worek ma pojemność 250 l i jest umieszczony w ażurowej skrzyniopaletce o wymiarach 1x1,2 m i głębokości 0,5 m. Może być sukcesywnie napełniany zgodnie z bieżącymi potrzebami, i szczelnie zamykany. W zależności od warunków meteorologicznych i rodzaju pozostałości roczna wydajność dehydratacji jednej skrzyniopalety wynosi od 750 do 1250 l czyli od 3 do 5 worków po 250 l. Niemal całkowite odparowanie wody z pozostałości zamkniętych w worku, do postaci gęstej papki osadów, pozwala na redukcję masy pozostałości o 95%. Zaletą stanowiska są jego małe wymiary. Jest to rozwiązanie dla gospodarstw wytwarzających stosunkowo niewielkie objętości ciekłych pozostałości.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 6. Stanowisko Osmofilm
Fig. 6. Osmofilm stand

Stanowiska bioremediacyjne i dehydratacyjne cieszą się coraz większym zainteresowaniem w niektórych krajach europejskich, takich jak Szwecja, Francja, Wielka Brytania czy Holandia. W kilku innych trwają badania nad procesami bioremediacji i wykorzystaniu ich do neutralizacji pozostałości. Systemy te pozwalają na bezpieczne zagospodarowanie ciekłych pozostałości na poziomie gospodarstwa i minimalizację ryzyka skażenia wód. Wpisując się w wymagania stawiane przez dyrektywę UE o zrównoważonym stosowaniu pestycydów mogą się stać elementem rolniczych programów pomocowych o charakterze środowiskowym.

W gospodarstwach prowadzących produkcję zwierzęcą alternatywą dla bioremediacji lub dehydratacji ciekłych pozostałości jest ich zagospodarowanie razem z gnojówką lub gnojowicą rozlewaną na polu. Skażona środkami ochrony roślin ciecz, zbierana ze stanowisk napełniania i mycia opryskiwaczy może być zatem odprowadzana do zbiorników na gnojówkę/gnojowicę gdzie ulega dalszemu rozcieńczeniu przed wywiezieniem i rozproszaniem na polu. Przepisy ograniczające objętość płynnych nawozów naturalnych, jaka może być stosowana na jednostkę powierzchni pola gwarantują odpowiednie rozłożenie przestrzenne pozostałości środków ochrony roślin, bez ryzyka ich kumulacji w glebie.

Bibliografia

- Castillo M.D.P., Torstensson L.** 2007. Effect of biobed composition, moisture, and temperature on the degradation of pesticides. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Nr. 14(55). s. 5725-5733.
- Castillo M.D.P., Torstensson L., Stenström J.** 2008. Biobeds for environmental protection from pesticide use - A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Nr. 15(56). s. 6206-6219.
- Doruchowski G., Hołownicki R.** 2003. Przyczyny i zapobieganie zanieczyszczeniom wód i gleby wynikającym ze stosowania środków ochrony roślin. *Zeszyty Edukacyjne*. Nr. 9. Wyd. IMUZ Falenty. ISSN 1428-3786.
- Doruchowski G., Hołownicki R.** 2009. Przewodnik Dobrej Praktyki Organizacji Ochrony Roślin. Kodeks DPOOR z komentarzem. Wyd. II uzupełnione i poprawione. Wyd. ISK Skierniewice. ISBN 978-83-60573-31-0.
- Fogg P., Boxall A.B.A., Walker A.** 2003a. Degradation of pesticides in biobeds: The effect of concentration and pesticide mixtures. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Nr 51. s. 5344-5349.
- Fogg P., Boxall A.B.A., Walker A., Jukes A.A.** 2003b. Pesticide degradation in a biobed composting substrate. *Pest Management Science*. Nr 5(59). s. 527-537.
- Godyń A., Doruchowski G.** 2009. Poradnik – Mycie opryskiwaczy. Wyd. ISK Skierniewice. ISBN 978-83-60573-32-7.
- Nilsson E.** 2001. Zagrożenia dla operatora i środowiska podczas stosowania środków ochrony roślin. Materiały z II Konferencji „Racjonalna Technika Ochrony Roślin” - Skierniewice 23-24.10.2001. Wyd. ISK Skierniewice. ISBN 83-88707-34-5.
- Pigeon O., de Vleeschouwer C., Cors F., Weickmans B., de Ryckel B., Pussemier L., Debongnie P., Culot M.** 2005. Development of biofilters to treat the pesticides wastes from spraying applications. *Communications in agricultural and applied biological sciences*. Nr. 4 (70). s. 1003-1012.
- Roettle M., Balsari P., Doruchowski G., Marucco P., Wehmann H.J.** 2011. EOS Handbook - Environmentally Optimized Sprayer. Background and Documentation [on-line]. [dostęp 25.08.2011] Dostępny w internecie http://www.prototype.toppo-eos.org/documents/EOS-Handbook_fin15_3-2011.pdf
- Spanoghe P., Maes A., Steurbaut W.** 2004. Limitation of point source pesticide pollution: results of bioremediation system. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*. Nr 4(69). s. 719-732.
- Wirén-Lehr von S., Del Pilar Castillo M., Torstensson L., Scheunert I.** 2001. Degradation of isoproturon in biobeds. *Biology and Fertility of Soils*. Nr. 6 (33). s. 535-540
- Torstensson L.** 2000. Experiences of biobeds in practical use in Sweden. *Pesticide Outlook*. Nr 11. s. 206-211.
- Vischetti C., Capri E., Trevisan M., Casucci C., Perucci P.** 2004. Biomassbed: a biological system to reduce pesticide point contamination at farm level. *Chemosphere*. Nr 55. s. 823-828.
- Wilde de 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 Management Science*. Nr 2(63). s. 111-128.
- Zemleduch A., Tomaszewska B.** 2007. Organizmy zmodyfikowane genetycznie w fitoremediacji związków organicznych. *Biotechnologia*. Nr 4(79). s. 66-81.
- WE.** 2009. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów. *Dz. U. UE L 309/71*. 24.11.2009

SAFE MANAGEMENT METHODS OF LIQUID REMNANTS AFTER PLANT PROTECTION TREATMENTS IN BIOREMEDIATION AND DEHYDRATION SYSTEMS

Abstract. Filling, and cleaning of sprayers used in plant protection entails forming liquid remnants contaminated with pesticides. They are the main cause of pollution point source and water contamination. The EU Directive on sustainable use of pesticides puts obligation on the Member States to protect water through implementation of safe methods remnants management. Effective and practical methods include biological neutralization of pesticides in the bioremediation systems (e.g. biobed, Phytobac, biofilter, biomassbed) or evaporation of water from remnants in dehydration systems (e.g. Heliosecc, Osmofilm). The article presents the liquid remnant managements systems.

Key words: biobed, Phytobac, biofilter, biomassbed, Heliosecc, Osmofilm

Adres do korespondencji:

Grzegorz Doruchowski; e-mail: gdoru@insad.pl
Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach
ul. Pomologiczna 18
96-100 Skierniewice