



Aplikacyjne zastosowanie kompostu sokólskiego do ochrony terenów uprawnych wokół mogilnika pestycydowego

*Katarzyna Ignatowicz
Politechnika Białostocka*

1. Wstęp

Nieprzydatne środki ochrony roślin i opakowania po nich to bardzo istotny problem nie tylko w Polsce, ale przede wszystkim w krajach byłego ZSRR – Armenii, Białorusi, Mołdawii, Kazachstanie, Kirgizji, Uzbekistanie, Ukrainie i Rosji oraz Albanii, Rumunii, Turcji. [1, 3, 4, 6÷9, 16, 17] Składowiska przeterminowanych i nieprzydatnych środków ochrony roślin stanowią największe zagrożenie środowiska naturalnego, jakie przyniosła chemizacja rolnictwa. Mogilniki i stan jakości wód w ich okolicach stanowią od wielu lat jeden z najtrudniejszych problemów do rozwikłania, stwarzający ogromne niebezpieczeństwo dla człowieka jak również środowiska naturalnego. Jedną z przyczyn powstawania mogilników w Polsce była duża ilość nieprzydatnych środków ochrony roślin w latach 60. Zjawisko to uległo nasileniu w latach 70., gdy część środków uważanych za szkodliwe została wycofana z użytku. Mogilniki budowano najczęściej z kręgów betonowych izolowanych smołą lub lepikiem, wykorzystywano również stare obiekty wojskowe takie jak bunkry

i fortyfikacje wojskowe. Przy lokalizacji mogilników nie dokonywano rozpoznania hydrologicznego terenu, wybierano zwykle miejsca oddalone od miejscowości. Problemem tym zaczęto interesować się dopiero w latach 90. ubiegłego stulecia, kiedy to mogilniki zaczęto traktować jako obiekty niebezpieczne dla środowiska naturalnego z powodu ich nieszczelności, czego efektem jest przenikanie przeterminowanych pestycydów do środowiska i jego skażenie. W związku z tym podjęto działania dotyczące inwentaryzacji mogilników. Według Państwowego Instytutu Geologicznego liczba mogilników i magazynów z przeterminowanymi pestycydami w Polsce w 2003 roku wynosiła 284 [16]. Według szacunków Ministerstwa Środowiska (sprzed 2009 r.) zdeponowano w nich około 13,9 Mg niebezpiecznych odpadów. Zgodnie z inwentaryzacją przeprowadzoną w 2009 roku przez Regionalne Dyrekcje Ochrony Środowiska i uaktualnionymi danymi podanymi przez Ministerstwo Środowiska w lipcu 2010 roku liczba ta wzrosła prawie dwustukrotnie, bo aż do 2567,81 Mg. W samym tylko województwie zachodniopomorskim jest jeszcze 19 mogilników, w których zdeponowano 1010,9 Mg odpadów, zaś na Podlasiu zlokalizowanych jest 10 mogilników, w tym 5 do likwidacji zawierających 18,41 Mg pestycydów. Stan konstrukcji mogilników pogarsza się z roku na rok. Powoduje to duże zagrożenie i zanieczyszczenie środowiska naturalnego, a także może stanowić niebezpieczeństwo dla okolicznych mieszkańców, gdyż wydostające się do środowiska zanieczyszczenia są niezauważalne. Dochodzi do skażeń wód gruntowych i powierzchniowych, a także gleby w wyniku przenikania odpadów pestycydowych z nieszczelnych mogilników. Wycieki te po dotarciu do warstwy wodonośnej są przemieszczane zgodnie z kierunkiem wód podziemnych i mogą ulec przechwyceniu przez wody powierzchniowe. Z tego względu podejmowane są działania dotyczące likwidacji mogilników, które powinny być prowadzone w sposób rzetelny i zgodny z aktualną wiedzą. Każdy obiekt powinien być traktowany indywidualnie, dlatego przeprowadza się badania jakości wód naturalnych celu określenia skażenia i migracji pestycydów w jego okolicach. W przypadku korozji oraz uszkodzenia konstrukcji mogilników stały wpływ zanieczyszczeń do wód otwartych ma oraz będzie miał miejsce przez wiele lat [1, 3, 8, 9].

Warto pamiętać, że nawet po likwidacji mogilnika skutki składowania substancji toksycznych będą obserwowane przez wiele lat zarów-

no w glebie jak i wodzie. Stąd też, zachodzi konieczność szukania sposobów na ograniczenie migracji pestycydów w środowisku oraz wdrażania nowych rozwiązań. W związku z tym, celowym wydało się przeprowadzenie badań nad zastosowaniem procesu sorpcji na wybranych materiałach odpadowych jako bariery przenikania pestycydów oraz metali (będących składnikami pestycydów) do środowiska w celu ograniczenia ich migracji z istniejących mogiłników i magazynów.

2. Materiał i metody badań

2.1. Teren badań

Badania rozpoznawcze przeprowadzono na obiektach zlokalizowanym na Podlasiu w Folwarkach Tylwickich, Rybołach, Majdanie, Baciutach, Łapach, Zbójnej, Słochach Annopolskich. Eksperyment zasadniczy realizowano w Folwarkach Tylwickich. Jest to czynny mogiłnik zbudowany z trzech zbiorników składających się z betonowych kręgów studziennych izolowanych papą i lepikiem oraz z nieizolowanych dołów ziemnych.



Rys. 1. Mapa okolicy mogiłnika i widok na studnię nr 1

Fig. 1. Map of graveyard's area. View on well no. 1



Rys. 2. Widok na studnię nr 2 i nr 3 mogilnika oraz niezaizolowany dół ziemny z odpadami pestycydowymi w Folwarkach Tylwickich

Fig. 2. View on well no. 2 and 3 and not insulated earth pit with waste pesticide in Folwarki Tylwickie



Rys. 3. Zdjęcie odkrywki studni nr 1

Fig. 3. Photo of well no. 1 outcrop

Należy on do I kategorii zagrożenia. Analizowane zbiorniki mają następujące objętości: 1,26, 1,8 oraz 1,8 m³. W mogilniku tym zgodnie z inwentaryzacją z 2009 roku zdeponowano prawie 2,3 Mg przeterminowanych pestycydów, zaś szacowana masa niebezpiecznych odpadów pestycydowych do unieszkodliwienia wynosi 43,3 Mg. Składowisko to posadowione zostało w piaskach różnoziarnistych i średnioziarnistych, które posiadają dobrą przepuszczalność (współczynnik filtracji $k = 10^{-3} \div 10^{-4}$ m/s). W takich utworach bez większych trudności mogą migrować wraz z wodami opadowymi wszelkie substancje niebezpieczne wydostające się z nieszczelnych komór. Mogilnik funkcjonuje na głębokości około 1,6 m, przy czym głębokość zalegania wód podziemnych wynosi tu 2 m. Ujęcie wód powierzchniowych znajduje się w odległości około 4,5 km, zaś gruntowych około 1 km (najbliższa studnia wiercona w odległości 1000 m, zaś studnie kopane 800 m). W pobliżu (około 1,5 km) płynie rzeka Małynka. Mogilnik usytuowany jest wśród zarośli bezpośrednio w polu uprawnym, w pobliżu obszarów chronionych (Ostoja Knyszyńska) i zabudowy zwartej.

2.2. Materiał badawczy

Na podstawie danych literaturowych [1, 3, 4, 16, 17] oraz badań własnych [6÷9] jako reprezentatywne anality (sorбаты) wytypowano najczęściej i w największych stężeniach występujące w okolicach mogilników pestycydy chloroorganiczne. Zastosowano pojedyncze czyste substancje aktywne HCH, HCB, DDE, DDT, DMDT, DDD, pirymikarb, chloroprofam, heptenofos oraz aldrynę. W badaniach jako materiał odniesienia zastosowano węgiel aktywny, zaś jako sorbenty następujące materiały odpadowe: osad mleczarski, kompost z osadu mleczarskiego i odpadów leśnych, kompost z osadów ściekowych komunalnych uzyskany w halach, kompost z osadów ściekowych komunalnych uzyskany z wykorzystaniem dżdżownicy kalifornijskiej.

Na podstawie badań wstępnych do aplikacyjnego zastosowania wybrano kompost sokólski. Powstaje on jako produkt uboczny na oczyszczalni ścieków w Sokółce z osadów ściekowych. Mechaniczno biologiczna oczyszczalnia ścieków w Sokółce oczyszcza ścieki bytowo-gospodarcze i przemysłowe – głównie mleczarskie. Jest ona przykładem oczyszczalni, w której część biologiczna oparta jest o działanie reaktorów sekwencyjnych typu SBR. Przepustowość oczyszczalni wynosi 6000 m³/d, a ilość wytwarzanych osadów wynosi około 330 ton s.m./rok.

Oczyszczalnia ścieków w Sokółce należy do nielicznych tego typu obiektów położonych na terenie województwa podlaskiego, w których kompleksowo rozwiązano problem gospodarki osadowej.



Rys. 4. Pryzmy kompostowe na Oczyszczalni ścieków w Sokółce
Fig. 4. Compost heaps in Sokółka WWTP

Tabela 1. Charakterystyka kompostu z Sokółki
Table 1. Characteristics of compost from Sokółka

Właściwości						
Fizyczne, %						
pH	Uwodnienie	Sucha masa	Substancje organiczne			
6,7	67,5	32,5	67,5			
Nawozowe, g/kg sm						
Ca	Mg	Nog	N-NH ₄ ⁺	Pog	K	
56,1	4,6	13,9	0,09	14,7	4,5	
Metale, mg/kg sm						
Pb	Cu	Cd	Cr	Ni	Zn	Hg
7,0	22,7	0,63	9,9	5,8	210	2,5

Na terenie oczyszczalni prowadzi się kompostowanie osadu. Proces ten opiera się na następującej technologii: odwodniony osad podawany jest taśmociągami do zadaszonych boksu, gdzie następuje jego mie-

szanie z nośnikami węgla i trocinami. Tak przygotowana mieszanka służy do usypywania pryzm kompostowych. Pryzmy zostają usypane w specjalnych halach. W trakcie usypywania do wnętrza pryzm wkładane są ruszty odciągające gazy, które powstają w procesie kompostowania. Po zakończeniu pierwszej fazy kompostowania pryzmy przykrywa się folią i pozostawia na trzy tygodnie. W tym czasie zachodzą intensywne procesy fermentacji osadów z równoczesnym wzrostem temperatury w pryzmie do 60°C. Po tym okresie do ułożonych wcześniej rusztów podłączony jest wentylator w celu wytworzenia warunków tlenowych w pryzmie (napowietrzanie trwa około 14÷20 dni). Wytworzony kompost jest przetrzymywany w pryzmach (do około 2,5 miesiąca).

2.3. Metody badawcze

Badania prowadzono od 2000 roku i obejmowały one kilka etapów:

- I. Określenie jakościowe i ilościowe pozostałości pestycydów w elementach środowiska otaczającego mogilniki,
- II. Określenie przydatności różnych materiałów naturalnych i odpadów do sorpcji pestycydów składowanych w mogilnikach,
- III. Badania aplikacyjne w skali rzeczywistej na terenie czynnego mogilnika.

I. Określenie jakościowe i ilościowe pozostałości pestycydów w elementach środowiska otaczającego mogilniki

W bezpośrednim otoczeniu składowiska przeterminowanych pestycydów przeprowadzono analizy próbek roślin, gleby (w promieniu do 30 m od składowiska), wód naturalnych, między innymi wody spożywanej przez okolicznych mieszkańców (w promieniu do 2 km od składowiska). Materiał do badań pobierano wiosną w okresie roztopów oraz silnych deszczy, w pozostałe miesiące w okresie nawalnych deszczy. Pobrane, nie przesączone próbki wód zbadano na zawartość 47 biologicznie czynnych substancji aktywnych pochodzących z różnych grup chemicznych pozostałości pestycydów: chloroorganicznych, fosforoorganicznych, pyretroidów, nitrofenoli, triazyn i fenoksykwasów, będących składnikami preparatów najczęściej składowanych. W analizowanych próbkach wody oznaczono także metale ciężkie, które często były komponentami środków ochrony roślin (np. w pestycydach rtęcioorganicznych): glin, arsen, bor, bar, beryl, bizmut, kadm, kobalt, chrom, miedź,

żelazo, gal, rtęć, lit, mangan, molibden, nikiel, ołów, selen, stront, tal, wanad oraz cynk.

II. Określenie przydatności różnych materiałów naturalnych i odpadowych do sorpcji pestycydów składowanych w mogilnikach

Badania w warunkach statycznych prowadzono według metodyki amerykańskiej firmy Chemviron Carbon oraz danych literaturowych [5, 10÷12, 17]. Miały one na celu wykreślenie izoterm adsorpcji, dzięki którym możliwe jest porównanie wielkości sorpcji różnych adsorbatów na różnych sorbentach. Analizę procesu sorpcji przeprowadzono na podstawie uzyskanych wyników (wykorzystując program Statistica) estymowano izotermy Freundlicha, Langmuira, BET, Huttiga oraz Dubinina-Raduszkiewicza jako modele nieliniowe metodą najmniejszych kwadratów za pomocą algorytmu Gaussa-Newtona lub Lovenberga-Marquandta [2, 10÷14, 17].

III. Badania aplikacyjne w skali rzeczywistej na terenie czynnego mogilnika

Badania aplikacyjne przeprowadzono w województwie podlaskim, w gminie Zabłudów, w miejscowości Folwarki Tylwickie. Miejsce badań znajduje się bezpośrednio w polu uprawnym (rys. 5).

2.4. Metody analityczne

We wszystkich próbkach określano zgodnie z obowiązującą metodyką w akredytowanym laboratorium stężenie pestycydów z wykorzystaniem chromatografu gazowego AGILENT6890 przy zastosowaniu kolumn ECD1 oraz NPD2. Ponadto po mineralizacji próbek według procedury EPA 3015 za pomocą mineralizatora mikrofalowego Mars 5 określono także stężenie metali metodą atomowej spektrofotometrii emisyjnej ze wzbudzaniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej ICP-AES, przy czym rtęć oznaczano metodą atomowej spektrofotometrii absorpcyjnej metodą zimnych par CV-AAS [3÷9, 15, 17, 18].

Tabela 2. Wykaz substancji aktywnych i metody oznaczania w pobranych próbkach wody; H – herbicydy, IC – insektycydy karbaminowe, OC – insektycydy chloroorganiczne, OP – insektycydy fosforoorganiczne, P – pyretroidy, LD – limit detekcji

Table 2. List of substances evaluated by gas chromatography in water and soil samples; H – herbicides IC – carbamate insecticides, OC – chloroorganic insecticides, OP – organophosphate, P – pyrethroids, LD – limit of detection

Substancje aktywne	Metoda	LD [mg/dm ³]	Substancje aktywne	Metoda	LD [mg/dm ³]			
H	Atrazine	GC – NP	0.0001	OC	HCB	GC – EC	0.0001	
	Chlorpropham*	GC – NP	0.0006		α -HCH	GC – EC	0.0001	
	Dichlorprop*	GC – EC	0.0038		β -HCH	GC – EC	0.0002	
	Dinoseb	GC – NP	0.0015		γ -HCH	GC – EC	0.0001	
	DNOK	GC – NP	0.0010		δ -HCH	GC – EC	0.0001	
	MCPA*	GC – EC	0.0020		Methoxychlor	GC – EC	0.0001	
	Mecoprop*	GC – EC	0.0033		Bromfenvinfos	GC – EC	0.0004	
	Simazine	GC – NP	0.0001		Chlorfenvinfos	GC – EC	0.0003	
2,4-D*	GC – EC	0.0010	Chlorpyrifos*	GC – EC	0.0002			
IC	Carbaryl	GC – NP	0.0030	OP	Chlorpyrifos – methyl	GC – EC	0.0002	
	Carbofuran	GC – NP	0.0004		Diazinon	GC – NP	0.0001	
	Pirimicarb*	GC – NP	0.0001		Dimethoate*	GC – NP	0.001	
	Propoxur*	GC – NP	0.0005		Fenthion	GC – NP	0.0002	
OC	Chlorfenson	GC – EC	0.0002		Fenitrotion	GC – NP	0.0002	
	p,p'-DDD	GC – EC	0.0002		Heptenophos	GC – NP	0.0004	
	o,p'-DDT	GC – EC	0.0002		Izofenphos	GC – NP	0.0001	
	p,p'-DDE	GC – EC	0.0001		Methidation	GC – NP	0.0052	
	p,p'-DDT	GC – EC	0.0002		Parathion	GC – NP	0.0001	
	Dieldrine	GC – EC	0.0010		Thiometon	GC – NP	0.0001	
	DMDT	GC – EC	0.0010		Triazophos	GC – NP	0.0002	
	endrine	GC – EC	0.0010		Cypermethrin*	GC – EC	0.0004	
	α - β Endosulfan	GC – EC	0.0001		Deltamethrin*	GC – EC	0.0005	
	Endosulfan – sulfate	GC – EC	0.0001		P	Fenpropathrin*	GC – EC	0.0003

*związki obecnie stosowane

2.5. Wyniki i dyskusja

Przeprowadzone analizy potwierdziły obecność pestycydów w środowisku otaczającym mogilniki Podlasia. Wykryte stężenia pestycydów podano w publikacjach autora [5÷9]. Najwięcej pozostałości substancji biologicznie czynnych stwierdzono w próbkach gleb (tabela 3). W badanych próbkach gleby stwierdzono obecność 10 z 16 badanych związków chloroorganicznych: pirymikarb, o,p-DDT, DDE, p,p-DDT, α -HCH, γ -HCH, δ -HCH, HCB, metoksychlor oraz endrynę. Są to związki najbardziej trwale i najtrudniej biodegradowalne w środowisku.

Tabela 3. Stężenia pestycydów wykrytych w próbkach wody i gleby

Table 3. Concentrations of pesticides determined in water and soil samples

Substancje aktywne		Woda [$\mu\text{g}/\text{dm}^3$]			Gleba [$\mu\text{g}/\text{kg}$]	Substancje aktywne		Woda			Gleba [$\mu\text{g}/\text{kg}$]
		studnia	piezometr	rzeka				studnia	piezometr	rzeka	
H	Atrazine	2,23		3,35	700	OC	HCB				53
	Chlorpropham			0,15			α -HCH	13,6	0,88	0,04	3,59
	Dichlorprop						β -HCH		0,20		
	Dinoseb	3,0		3,9			γ -HCH	0,15	9,00	0,18	13
	DNOK						δ -HCH	21,7	0,04		1,72
	MCPA	30,0		23,0			Methoxychlor		0,18	0,10	20,8
	Mecoprop			10,9			Bromfenvinfos				
	Simazine						Chlorfenvinfos				
IC	2,4-D					OP	Chlorpyrifos				
	Carbaryl						Chlorpyrifos – methyl				
	Carbofuran						Diazinon				
	Pirimicarb				10		Dimethoate				
Propoxur	0,2		0,30		Fenthion						
OC	Chlorfenson						Fenitroton				
	p,p'-DDD	3,6	1,99				Heptenophos				
	o,p'-DDT	0,25	0,18	0,35	927		Izofenphos				45
	p,p'-DDE		0,47		175		Methidation				
	p,p'-DDT	0,63	0,18	0,20	136		Parathion				
	Dieldrine		0,10				Thiometon		0,28		
	DMDT						Triazophos		0,84		
	endrine		0,20	0,01	2	P	Cypermethrin				
	α - β Endosulfan		0,62				Deltamethrin				
	Endosulfan – sulfate						Fenpropathrin				

Uzyskane wyniki badań gleby [6÷9] pokazują, że teren na dość dużej powierzchni jest skażony związkami pestycydowymi pochodzącymi najprawdopodobniej z nieuszczelnionych komór składowiska lub z zakopanych w ziemi odpadów pestycydowych. Stwierdzono obecność związków fosforoorganicznych, pyretroidów oraz herbicydów. Uzyskane zawartości pestycydów świadczą o rozprzestrzenianiu się zanieczyszczeń w glebie. W mogiłnikach najwięcej zdeponowano pestycydów z grupy insektycydów chloroorganicznych [6÷9, 16], co odzwierciedla obecność tych toksyn i ich metabolitów także w środowisku otaczającym mogiłnik w Folwarkach Tylwickich. Bardzo charakterystyczne jest występowanie izomeru p,p' DDT w stężeniu od 0,11 do 0,63 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ w wodach oraz 136 $\mu\text{g}/\text{kg}$ w glebie, a także γ -HCH (lindan) (0,15÷9,0 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$) oraz 13 $\mu\text{g}/\text{kg}$ w glebie, który jest najtrudniej degradowalny ze wszystkich metabolitów HCH [3]. Te bardzo toksyczne związki charakteryzują się długim okresem rozkładu i trudno ulegają biodegradacji. Czas rozkładu 95% DDT w środowisku wynosi od 4 do 30 lat, zaś γ -HCH od 3 do 10 lat [3].

W drugim etapie badań, po określeniu, jakie związki pestycydowe ulegają emisji z mogiłnika do środowiska, przeprowadzono szereg doświadczeń mających na celu stwierdzenie przydatności sorbentów naturalnych do ograniczenia tej emisji. Uzyskane wyniki badań w pracach autora [10÷13]. Charakterystyka zastosowanych sorbentów odpadowych wskazuje, że spełniają one warunki, jakim powinny odpowiadać osady stosowane do przyrodniczego wykorzystania. Proces sorpcji opisano równaniami Freundlicha (F), Langmuira (L), BET, Dubinina-Raduszkiewicza (DR) oraz Huttiga (H). Stałe w modelach matematycznych wyznaczono metodą najmniejszych kwadratów za pomocą pakietu statystycznego STATISTICA, a następnie określono wielkości błędów tych stałych. Wartości parametrów stałych, a także współczynniki korelacji R poszczególnych adsorbatów przedstawiono w tabelach prac [10÷13] oraz w tabeli 4. Wszystkie wyliczone współczynniki korelacji są na podobnym poziomie od 0,947 dla węgla aktywnego oraz wermikompostu do 0,770 dla osadu młeczarskiego. Dopasowanie zastosowanych modeli opisu procesu sorpcji jest zbliżone.

Najwięcej informacji wnosi równanie Freundlicha. Znajomość wartości parametru $1/n$ równania Freundlicha pozwala ocenić intensywność adsorpcji danej substancji z fazy wodnej na sorbencie, natomiast wielkość stałej a określa pojemność sorpcyjną sorbenta przy stężeniu

równowagowym w roztworze. Większa wartość współczynnika a odpowiada większej pojemności sorpcyjnej. W prowadzonych badaniach używano wysokie wartości współczynnika a (dla osadu mleczarskiego $a = 3264,79$, dla kompostu z Rudki $a = 626,79$, dla kompostu sokólskiego $a = 1678,13$, dla wermikompostu $a = 2399,5$) (tabela 4), co potwierdza przydatność materiałów odpadowych do zastosowania jako ekranu sorpcyjnego do ograniczenia migracji pestycydów chloroorganicznych i fosforoorganicznych wokół mogilnika pestycydowego. Na węglu aktywnym wartość ta wynosiła $a = 643,75$. Biorąc pod uwagę, iż osad i badane komposty są materiałem odpadowym, który należy zagospodarować zaś koszt węgla jest wysoki, tym bardziej z powodzeniem można zastosować je jako sorbent. Stała $1/n$ równania Freundlicha jest współczynnikiem kierunkowym izotermy, równym tangensowi kąta nachylenia prostej w układzie współrzędnych logarytmicznych. W związku z tym, im większa wartość $1/n$, tym proces sorpcji zachodzi intensywniej. W prowadzonych badaniach wyliczono, iż współczynnik $1/n$ w przypadku osadu mleczarskiego jest ponad dwukrotnie mniejszy od tego parametru dla badanych kompostów (dla osadu $1/n = 0,919$, wermikompostu $3,535$, kompostu sokólskiego $2,512$), co świadczy o większej intensywności zatrzymywania pestycydów chloroorganicznych na kompoście.

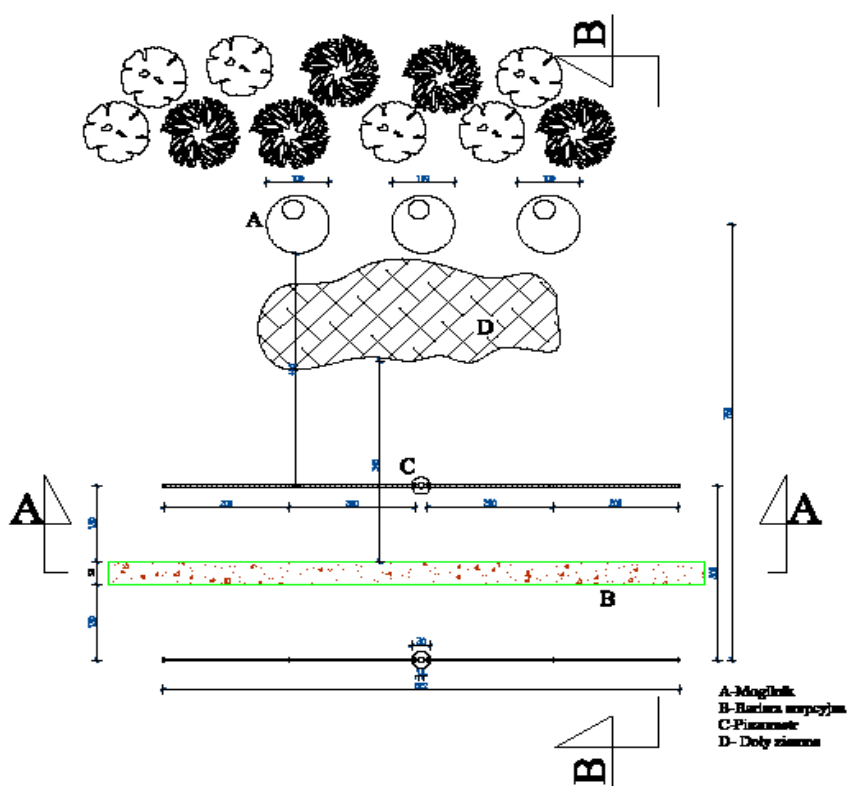
Tabela 4. Izotermy Freundlicha grupy badanych pestycydów na sorbentach odpadowych

Table 4. Freundlich isotherms of investigated pesticides on waste sorbents

Sorbent	Wzór izotermy Freundlicha $A=a c^{1/n}$		Współczynnik korelacji R
	a	1/n	
Węgiel aktywny	643,75	0,547	0,947
Osad mleczarski	3264,79	0,919	0,770
Kompost z Rudki	626,79	0,487	0,880
Kompost sokólski	1678,13	2,512	0,822
Wermikompost	2399,50	3,535	0,947

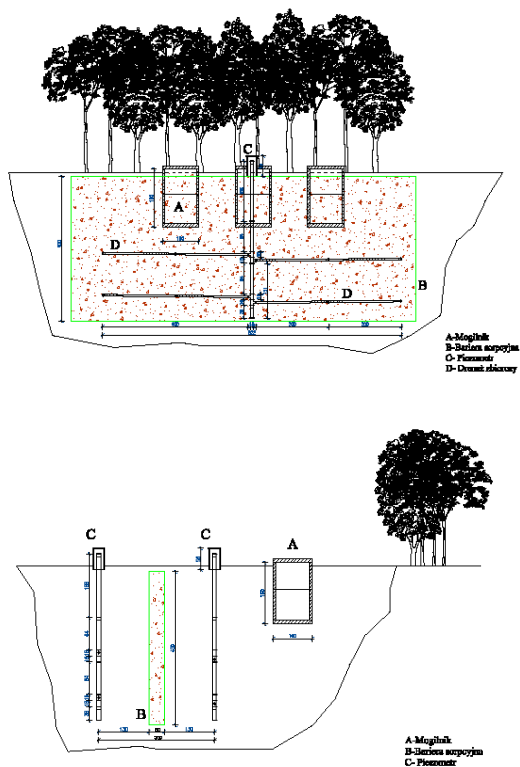
Na podstawie badań przeprowadzonych na etapach I-II, w celu zapobieżenia migracji pestycydów, zaprojektowano barierę sorpcyjną usytuowaną obok mogilnika na linii spływu wód powierzchniowych i podziemnych. Projekt bariery pokazano na rysunkach 5, 6. Jest to opaska o szerokości 0,5 m i głębokości 4 m do warstwy nieprzepuszczalnej gruntu.

Badania aplikacyjne przeprowadzono w 2009 roku w województwie podlaskim, w gminie Zabłudów, w miejscowości Folwarki Tylwickie. Miejsce badań znajduje się bezpośrednio w polu uprawnym (rys. 7, 8). Prace badawcze w terenie rozpoczęto od porządkowanie terenu z gałęzi i kamieni przy pomocy ciężkiego sprzętu (rys. 7). Mogilnik ten składa się z 3 studni zbudowanych z betonowych kręgów studziennych, które zostały zaizolowane papą i lepikiem. Podczas prac badawczych w sąsiedztwie studni natrafiono na niezaisolowany dół ziemny wypełniony pestycydami (rys. 2). Mogilnik ten został zakwalifikowany do *I kategorii zagrożenia*.



Rys. 5. Rzut terenu wokół mogilnika

Fig. 5. View of graveyards area



Rys. 6. Przekrój przez mogilnik oraz barierę sorpcyjną
Fig. 6. Cross-section of graveyard and sorption barrier



Rys. 7. Oczyszczanie terenu mogilnika. Praca koparki na terenie mogilnika
Fig. 7. Refining of graveyard area. Excavator near graveyard



Rys. 8. Teren mogilnika – widok na pole kukurydzy

Fig. 8. Graveyard area. View on corn's field

W celu założenia bariery został wykopany dół (pomiędzy mogilnikiem a polem uprawnym) o głębokości 4 m i szerokości około 4 m (rys. 9). Do wykonania bariery sorpcyjnej jako wypełnienie został wykorzystany kompost sokólski jako naturalny sorbent odpadowy. Następnie został założony drenaż oraz piezometry po skrajnych stronach bariery sorpcyjnej (rys. 10). Jeden piezometr został założony bliżej mogilnika (przed barierą), natomiast drugi bliżej pola uprawnego (za barierą). Tak rozmieszczone piezometry miały za zadanie zbierać wodę (przed i za barierą sorpcyjną) w celu potwierdzenia skuteczności działania bariery.

Drenaż został wykonany z rur o średnicy 50 mm, które nawiercono, aby mogła się w nich zbierać woda, a na wywiercone otwory została założona siatka z włókna szklanego, aby nie mógł się tam dostać np. piasek. Na skrajnych końcach drenażu zostały zamontowane odejścia o średnicy 50 mm z którymi połączono rury PVC o średnicy 110 mm służące za piezometry. Na końcach założono korki w celu zabezpieczenia przed dostaniem się np. piasku. Kompost, który służył jako naturalny sorbent odpadowy, został usypany od dna wykopu do powierzchni gruntu między piezometrami (rys. 11). Piezometry zostały zabezpieczone karbowanymi rurami o średnicy 315 mm w celu ochrony przed ich przypadkowym uszkodzeniem przez właściciela gruntu (bariera sorpcyjna znajduje się na polu uprawnym). Wykop został zrównany z gruntem (rys. 12).



Rys. 9. Wykop pod barierę
Fig. 9. Excavation for barrier



Rys. 10. Piezometr wraz z fragmentem bariery
Fig. 10. Piezometer with drainage and part of compost barrier

Od momentu założenia bariery wiosną 2009 roku do jesieni 2010 roku systematycznie (w okresie silnych deszczy oraz roztopów śniegu) pobierano próbki wody z założonych piezometrów. Średnie z uzyskanych analiz przedstawiono w tabeli 5. Na podstawie przeprowadzonych analiz GC, pomimo obecności pestycydów w piezometrze przed barierą, nie stwierdzono ich występowania w wodzie za barierą. Można więc wstępnie przyjąć, że ekran ochronny spełnia swoją funkcję. Jednak w celu potwierdzenia wyników badań pilotażowych analizy będą nadal prowadzone. Po upływie dwóch lat pobrane zostaną próbki kompostu w celu określenia pozostałości pestycydów w barierze ochronnej.

Tabela 5. Stężenie pestycydów w próbkach wody z piezometrów

Table 5. Concentrations of pesticides determined in water samples from piezometers

Substancje aktywne	Woda [$\mu\text{g}/\text{dm}^3$]		Substancje aktywne	Woda [$\mu\text{g}/\text{dm}^3$]		
	Piezometr "przed"	Piezometr "za"		Piezometr "przed"	Piezometr "za"	
H	Atrazine		O C	HCB		
	Chlorpropham			α -HCH	0,92	
	Dichlorprop			β -HCH	0,25	
	Dinoseb			γ -HCH	9,00	
	DNOK			δ -HCH	0,06	
	MCPA			Methoxychlor	0,22	
	Mecoprop			Bromfenvinfos		
	Simazine			Chlorfenvinfos		
IC	2,4-D		OP	Chlorpyrifos		
	Carbaryl			Chlorpyrifos – methyl		
	Carbofuran			Diazinon		
	Pirimicarb			Dimethoate		
Propoxur		Fenthion				
O C	Chlorfenson			Fenitroton		
	p,p'-DDD	1,89		Heptenophos		
	o,p'-DDT	0,20		Izofenphos		
	p,p'-DDE	0,52		Methidation		
	p,p'-DDT	0,18		Parathion		
	Dieldrine	0,12		Thiometon	0,28	
	DMDT			Triazophos	0,94	
	endrine	0,22		P	Cypermethrin	
	α - β Endosulfan	0,65			Deltamethrin	
	Endosulfan – sulfate				Fenpropathrin	

pgo – poniżej granicy oznaczalności



Rys. 11. Widok na fragment bariery
Fig. 11. View of a barrier



Rys. 12. Teren mogilnika po zakończeniu prac
Fig. 12. The final view of graveyard area

4. Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazały znaczne zanieczyszczenie pestycydami środowiska otaczającego mogilniki. Na podstawie przeprowadzonych analiz próbek środowiskowych można przypuszczać, że w ciągu minionych lat nastąpiła korozja betonowych ścian mogilnika. Przede wszystkim jednak emisja pestycydów do środowiska następuje z odpadów nagromadzonych w nieizolowanym dole ziemnym. W próbkach wody i gleby na podstawie analiz chemicznych stwierdzono obecność aktywnych substancji pestycydów chloroorganicznych i fosforoorganicznych.

Na podstawie izoterm sorpcji stwierdzono, iż osad mleczarski jak i komposty powstające z odpadów leśnych, osadów komunalnych i wermikompost z powodzeniem można zastosować jako barierę na drodze emisji pestycydów z mogilnika do środowiska. Potwierdzone zostało to badaniami na terenie istniejącego mogilnika. Przeprowadzone przez autora badania nad zastosowaniem sorpcji do ograniczenia emisji pestycydów z mogilników pozwolą na ochronę różnych elementów środowiska, a w efekcie końcowym wód spożywanych przez człowieka jak i roślin uprawianych na polach i w sadach w bezpośrednim sąsiedztwie mogilników.

Podziękowania

*Praca powstała w ramach realizacji pracy badawczej N N304 274840
w Katedrze Technologii w Inżynierii i Ochronie Środowiska
Politechniki Białostockiej.*

Literatura

1. 8th International HCH and Pesticides Forum Sofia, Bułgaria 26÷28.05.2005.
2. **Atkins P.W.:** *Chemia fizyczna*. PWN, Warszawa 2001.
3. **Biziuk M.:** *Pestycydy. Występowanie, oznaczanie i unieszkodliwianie*. WNT, Warszawa 2001.
4. **Feng K., Yu B.Y., Ge D.M., Wong M.H., Wang X.C., Cao Z.H.:** Organochlorine pesticide (DDT and HCH) residues in the Taihu Lake Region and its movement in soil-water system – I. Field survey of DDT and HCH residues in ecosystem of the region *Chemosphere*, vol 50(6), pp. 683÷687(5). 2003.
5. **Ignatowicz K.:** *Zastosowanie sorpcji na odpadowych materiałach naturalnych do ograniczenia migracji pestycydów z mogilników*. Przemysł Chemiczny, 2008.

6. **Ignatowicz K.:** *Zanieczyszczenie wód podziemnych i powierzchniowych środkami ochrony roślin w pobliżu mogilnika pestycydowego.* Gaz, Woda i Technika Sanitarna, nr 9, s. 13÷15. 2008.
7. **Ignatowicz K.:** *Content of harmful substances in natural environment elements near pesticide tomb.* Oceanological and Hydrobiological Studies, Vol. XXXVI, No.3, s. 163÷170. 2007.
8. **Ignatowicz K.:** *Evaluation of pesticide remains and heavy metals concentrations near burial grounds.* Polish Journal of Environmental Studies. Vol.16, nr 3B, s. 177÷181. 2007.
9. **Ignatowicz K.:** *Określenie wielkości migracji pozostałości pestycydów i metali ciężkich z mogilników do wód naturalnych.* Rocznik Ochrona Środowiska Tom 9 Rok 2007. s. 281÷293. 2007.
10. **Ignatowicz K.:** *Selection of sorbent for removing pesticides during water treatment.* Journal of Hazardous Materials, vol. 169, s. 953÷957. 2009.
11. **Ignatowicz K.:** *Sewage sludge compost applying for migration reduction of pesticide from graveyards.* Polish Journal of Environmental Studies. Series of Monographs Vol.6, s.49÷54. 2009.
12. **Ignatowicz K.:** *Sorption process for migration reduction of pesticides from graveyards.* Archives of Environmental Protection, vol. 34 no 3, s.143÷149. 2008.
13. **Ignatowicz K.:** *Zastosowanie modeli matematycznych do opisu procesu sorpcji przeterminowanych pestycydów z mogilników na węglu aktywnym.* Ekologia i Technika, nr 6(91), s. 225÷230. 2007.
14. **Popovski D., Mitrevski V.:** *Agricultural and Food Chemistry.* 4(3), 945. 2005.
15. **Siepak, J., Kowalski, A., Astel, A., Barański, A., Gworek, B.:** *Mercury mobility and bioavailability in soil from contaminated area Boszke L.* 2008 Environmental Geology 55 (5), pp. 1075÷1087.
16. **Silowicki A.:** *Iwentaryzacja odpadów środków ochrony roślin.* Mat. IOR, projekt w ramach Projektu GEF w Polsce, 2003.
17. **Spadotto, C.A., Hornsby, A.G.:** *Soil sorption of acidic pesticides: modeling pH effects.* Journal Environmental Quality. 32, 949÷95. 2003.
18. **Wiater J.:** *Assessment of manurial value of composts made from municipal wastes.* Pol. J. Environ. Stud. – Vol.16, nr 2A s.707÷710. 2007.

Application of Sokolka Compost to Protect Pesticide Graveyard Area

Abstract

After liquidation of graveyard consequences of depositing toxic substances will be seen for many years both in soil and water. Therefore, it is necessary to find ways to reduce the migration of pesticides in the environment and implementing new solutions. Therefore, it seemed advisable to carry out studies on the application of sorption process on selected waste materials as a barrier against penetration of pesticides and metals (which are a component of pesticides) into the environment and in order to reduce their migration from existing graveyards and warehouses. Exploratory research was conducted on the premises located in Podlasie region in Folwarki Tylwickie, Ryboły, Majdan, Baciuty, Łapy, Zbójna, Słochy Annopolskie. The major experiment was carried out in Folwarki Tylwickie. It is a open graveyard consisting of three reservoirs made of concrete well circles and isolated with tar paper and asphalt and additional earth pits.

The results of investigations show significant contamination with pesticides of environment surrounding the graveyard. On the basis of analysis of environmental samples it may be assumed that in the past years there has been a corrosion of the concrete walls of graveyard. Above all, the emission of pesticides into the environment comes from waste accumulated not sealed earth pit. In samples of water and soil presence of active substances of chloroorganic and phosphoroorganic pesticides was determined on the basis of chemical analysis.

Chosen waste materials were tested in order to build barrier for pesticide migration from existing graveyards. Due to preliminary investigations Sokolka compost was selected for farther research. The sorption barrier was designed down by the surface and underground water run-off. The line of the barrier was made around the centre of graveyard, with 0.5 meter of width and 4.0 meters of depth up to the non permeable ground layer. GC analyses have shown presence of pesticides in piezometer before barrier and no pesticides in water outside sorption barrier. The pilot scale researches and analyses must be continued.

