

Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska nr 64, 2014: 185–194  
(Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. 64, 2014)

Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences No 64, 2014: 185–194  
(Sci. Rev. Eng. Env. Sci. 64, 2014)

**Agata BARTKOWIAK<sup>1</sup>, Joanna LEMANOWICZ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gleb, <sup>2</sup>Zakład Biochemii  
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

<sup>1</sup>Department of Soil Science and Protection, <sup>2</sup>Biochemistry Research Unit  
University of Technology and Life Sciences in Bydgoszcz

## **Fosfor i metale ciężkie w glebach pod wpływem niekontrolowanych wysypisk śmieci**

### **The phosphorus and heavy metals in soils due to the effect of uncontrolled waste dumps**

**Słowa kluczowe:** metale ciężkie, fosfor, gleba, odpady

**Key words:** heavy metals, phosphorus, soil, waste

#### **Wprowadzenie**

Intensywny rozwój przemysłu oraz urbanizacji powoduje negatywne zmiany w naturalnym środowisku poprzez masowe składowanie odpadów w miejscach do tego nieprzeznaczonych, np.: peryferiach miast, obrzeżach lasów, pól uprawnych, stawów, rzek (Islam, Tusher, Mustawa i Mamun, 2012). W Polsce regulacja gospodarki odpadami jest niedostatecznie rozwinięta w porównaniu do wielu państw Unii Europejskiej (Górecka i Koda, 2010).

Negatywne oddziaływanie składowisk przejawia się w postaci emisji różnych zanieczyszczeń do poszczególnych elementów środowiska naturalnego, ponieważ odpady komunalne zawierają złożone substancje organiczne, azot mineralny w formie amonowej, ksenobiotyki, metale ciężkie, ropopochodne i inne (Ogundiran i Afolabi, 2008). Ich akumulacja w glebie, a szczególnie w wierzchniej warstwie (Lemanowicz i Bartkowiak, 2013a) stwarza zagrożenie dla organizmów roślinnych, zwierzęcych i człowieka ze względu na ich długotrwałe oddziaływanie na środowisko naturalne (Wychowiak, 2013). W praktyce wielkość skażenia może być trudna do oceny, ponieważ składają się na nie różne, zmienne czynniki, np.: przypadkowy skład odpadów, ich ilość,

czas deponowania, warunki glebowe, wodne i meteorologiczne. Badania, które wykonywane są zazwyczaj w trudnym do ustalenia okresie funkcjonowania takiego składowiska, nie są w stanie wychwycić dynamiki zachodzących zmian i migracji zanieczyszczeń (Szwalec, Mundała i Petryk 2011). Odnosi się to przede wszystkim do odpadów niebezpiecznych, które mogą być źródłem wnoszenia do środowiska przyrodniczego metali ciężkich. Formy, w jakich występują metale ciężkie w glebie, decydują o ich mobilności w środowisku i toksyczności (Kabata-Pendias i Pendias, 2001, Meers i inni, 2007). Biodostępna (aktywna) frakcja metali ciężkich jest łatwiej pobierana przez organizmy żywe, przez to bardzo niebezpieczna (Ociepa-Kubicka i Ociepa, 2012), a jednocześnie w łatwy sposób migruje w środowisku, stanowiąc istotne zagrożenie zarówno dla wód powierzchniowych, jak i podziemnych. Wyższe poziomy zawartości związków fosforowych w glebie mogą wzmocnić efekt stabilizacji zanieczyszczeń, ale mogą również spowodować przekroczenie dopuszczalnych ilości fosforu. Opracowany przez Houbę, Temminghoffa, Gaikhorsta i Varka (2000) test w wyciągu 0,01 M CaCl<sub>2</sub> jako łagodny, „fizjologiczny” pozostający w stanie równowagi z roztworem glebowym, umożliwia ekstrakcję form zarówno makro-, jak i mikroskładników aktualnie dostępnych dla roślin.

Celem pracy była ocena wpływu oddziaływania niekontrolowanych wysypisk śmieci zlokalizowanych na glebach piaszczystych na zawartość aktualnie przyswajalnych form fosforu i wybranych metali ciężkich (Zn, Cu, Ni i Cr) oznaczonych w wyciągu 0,01 M CaCl<sub>2</sub>.

## Material i metody

Próbki pobrano wiosną (trzecia dekada kwietnia) 2013 roku. Badaniami objęto pięć obiektów niekontrolowanych wysypisk śmieci, powstałych przed czterema laty, znajdujących się na obrzeżach lasów południowej części miasta Bydgoszczy, w obrębie dzielnicy Łęgnowo (województwo kujawsko-pomorskie). Były one zlokalizowanych na glebach piaszczystych. Na wytypowanych wysypiskach znajdował się głównie zużyty sprzęt gospodarstwa domowego, odpady z tworzyw sztucznych, folie aluminiowe i plastikowe, niewielka ilości materii organicznej i gruzu. Według Mizgajskiego i Łankiewicz (2007), badane odpady zakwalifikowano do I i IV klasy. Były to wysypiska punktowe zajmujące powierzchnie około 25 m<sup>2</sup> (łącznie około 125 m<sup>2</sup>).

W środkowej części wysypisk (W) pobrano próbki glebowe z następujących głębokości: 0–20, 20–30 i 30–50 cm. Z tych samych głębokości pobrano próbki glebowe w odległości 100 m w kierunku południowym od składowisk (W 100) oraz z miejsc niebędących pod wpływem oddziaływania nielegalnych wysypisk śmieci (kontrola K). Łącznie do analizy pobrano 45 próbek.

W powietrznie suchych próbkach glebowych o naruszonej strukturze, przesianych przez sito o średnicy oczek 2 mm oznaczono wybrane właściwości fizykochemiczne: pH w roztworach H<sub>2</sub>O i w 0,01 M CaCl<sub>2</sub> (PN-ISO 10390, 1997), węgiel organiczny metodą Tiurina (Lityński, Jurkowska i Gorlach, 1976), skład granulometryczny przy użyciu analizatora cząstek Mastersizer 2000, zawartość fosforu aktywnego (P) w glebie

metodą Houby i innych (2000), formy biodostępne wybranych metali oznaczono metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej po ekstrakcji roztworem 0,01 M CaCl<sub>2</sub> według procedury Houby i innych (2000).

Dla populacji otrzymanych wyników wyliczono miary położenia (średnią arytmetyczną oraz medianę), miary zmienności (odchylenie standardowe – SD, współczynnik zmienności – CV).

Współczynnik zmienności analizowanych parametrów obliczono ze wzoru:

$$CV = (SD / X) \times 100\%$$

gdzie:

CV – współczynnik zmienności [%],

SD – odchylenie standardowe,

X – średnia arytmetyczna.

Wartości w przedziałach 0–15, 16–35, oraz >36% wskazują odpowiednio na małą, umiarkowaną i bardzo dużą zmienność.

Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji, a istotność różnic między średnimi weryfikowano testem Tukeya na poziomie ufności  $p = 0,05$ . Do obliczeń wykorzystano program FR-ANALWAR na bazie Microsoft Excel. Ponadto wyniki wykonanych analiz badanych cech poddano analizie korelacji prostej ( $p < 0,05$ ), która określa stopień zależności pomiędzy poszczególnymi cechami. Analizę korelacji wykonano w programie Statistica for Windows Pl.

## Wyniki badań i dyskusja

Odczyn badanych gleb był kwaśny. Wartości wyrażone w pH H<sub>2</sub>O wahały się bowiem w przedziale od 4,01 do 6,44,

a w 0,01 M CaCl<sub>2</sub> od 3,82 do 6,24 (tab. 1). W próbkach pobranych bezpośrednio spod zdeponowanych odpadów, z poziomów powierzchniowych, stwierdzono wyższe pH niż w pozostałych obiektach. Malinowski i inni (2012) podają, że niekontrolowane wysypiska, dość powszechnie występujące na glebach lekkich, przyczyniają się do zmian ich właściwości, zwłaszcza chemicznych. Na ogół dostarczane głównie z gruzem różne formy wapna, powodowały zmniejszenie zakwaszenia powierzchniowej warstwy gleby, na której były składowane.

Badane gleby charakteryzowały się składem granulometrycznym odpowiadającym piaskom gliniastym, słabogliniastym i luźnym, wśród których dominującą frakcją była frakcja piasku o średnicy od 2,0 do 0,05 mm (PTG, 2009). Literatura podaje że, dotychczas większość niekontrolowanych wysypisk spotyka się na glebach piaszczystych o składzie granulometrycznym piasku luźnego bądź słabogliniastego (Niedźwiecki, 2007; Malinowski i inni, 2012).

Zawartość węgla organicznego w glebie kształtowała się w zakresie 0,9–5,4 g·kg<sup>-1</sup> (w zależności od obiektu oraz głębokości pobierania prób). Największe jej ilości stwierdzono w poziomach powierzchniowych pobranych ze wszystkich obiektów, a wyliczony współczynnik zmienności CV = 78,37%, wskazywał na dużą zmienność uzyskanych wyników.

Głównie działalność bytowa człowieka jest źródłem znacznej ilości odpadów organicznych, przyczyniając się w glebie pod odpadami do zwiększenia ilości węgla związków organicznych (Meller i inni, 2012). W niniejszych badaniach w składzie zdeponowanych

TABELA 1. Wybrane właściwości fizykochemiczne  
TABLE 1. Selected physicochemical properties

Obiekty/ /Objects	Poziom/ /Horizon cm	pH		Fracje/Fractions [%]		
		H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>	2,0–0,05 mm	0,05–0,002 mm	<0,002 mm
K	0–15	4,01	3,82	79,8	19,5	1,08
	15–30	4,16	3,86	87,3	12,8	0,68
	30–50	4,49	4,13	90,6	8,82	0,58
W	0–15	6,44	6,24	80,7	17,4	1,87
	15–30	5,29	5,31	78,9	19,5	1,59
	30–50	5,01	4,58	84,2	14,1	1,70
W 100	0–15	5,32	4,95	89,7	8,93	1,35
	15–30	4,74	4,32	83,1	15,2	1,66
	30–50	5,11	5,15	94,2	5,16	0,68

K – kontrol/control; W – wysypisko/waste dump; W 100 – odległość 100 m od wysypiska/100 m distance from the waste dump.

niekontrolowanych odpadów stwierdzono natomiast głównie zużyty sprzęt gospodarstwa domowego, folie, odpady z tworzyw sztucznych przy niewielkiej ilości materii organicznej i gruzu.

Zawartość fosforu aktywnego ( $P_{AK}$ ) oznaczonego metodą Houby i innych (2000) pozwalała na określenie aktualnej dostępności fosforu będącego w roztworze glebowym, który znajduje się jednak w bardzo niewielkich ilościach (Lemanowicz i Bartkowiak, 2013b). Jego zawartość w badanej glebie była mała i mieściła się w zakresie 1,99–5,85 mg·kg<sup>-1</sup>, przy średniej zawartości wynoszącej 3,46 mg·kg<sup>-1</sup>. Zakres ten wskazuje na dużą zmienność uzyskanych wyników. Potwierdzeniem tego zróżnicowania może być duży współczynnik zmienności, osiągający wartość 58,9%. Analiza rozkładu wykazała, że większość wyników jest niższa od wartości średniej, czego potwierdzeniem jest mniejsza od średniej wartość mediany. Jako krytyczną zawartość fosforu aktywnego w glebie potrzebnego do prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin

uważa się wartość 6–8 mg·kg<sup>-1</sup>. Na podstawie przeprowadzonej analizy wariancji stwierdzono istotny wpływ zarówno miejsca pobierania próbek glebowych, jak i głębokości. Największą zawartość  $P_{AK}$  uzyskano w próbach pobranych w odległości 100 m od zdeponowanych odpadów – 5,85 mg·kg<sup>-1</sup> (tab. 2). Bielińska, Futa i Kłos (2009) stwierdzili brak ujemnego wpływu wysypisk odpadów na wybrane właściwości gleb pobranych w odległości 150 m od ich krawędzi. Największą akumulację fosforu aktywnego uzyskano w glebie pobranej z warstwy 0–15 cm – średnio 4,46 mg·kg<sup>-1</sup>. Wraz ze wzrostem głębokości zawartość tego makropierwiastka stopniowo malała. Fosfor należy do pierwiastków mało mobilnych w glebie – raz wprowadzony nie ulega szybkim zmianom. Podobną zależność uzyskali wcześniej Meller i inni (2012) oraz Lemanowicz i Bartkowiak (2013a).

Naturalna zawartość pierwiastków śladowych w glebach jest pochodną składu chemicznego skały macierzystej, procesów geologicznych, glebotwórczych

i nie stanowi na ogół zagrożenia dla organizmów żywych. W warunkach silnej antropopresji dochodzi do przekroczenia dopuszczalnego stężenia tych pierwiastków w glebie, co z kolei może wpłynąć szkodliwie na jej aktywność biologiczną (Rooney, Zhao i Mc Grath, 2007). Mobilność metali ciężkich zależy w dużej mierze od ich rozpuszczalności, na którą oddziałuje wiele czynników, takich jak pH, potencjał oksydo-redukcyjny, zawartość frakcji ilastej i próchnicy. W glebach zanieczyszczonych przy występowaniu korzystnych warunków fizykochemicznych następuje zwiększenie potencjalnie dostępnych form (Ibragimow, Głosińska, Sępak i Walna, 2010). W analizowanych próbkach glebowych zawartość mineralnych form cynku mieściła się w przedziale 1,24–10,35 mg·kg<sup>-1</sup> (tab. 2), miedzi 0,70–2,23 mg·kg<sup>-1</sup>, niklu 0,10–2,83 mg·kg<sup>-1</sup> oraz chromu 1,33–8,28 mg·kg<sup>-1</sup> (tab. 3). Pod wpływem zastosowanych czynników zawartość oznaczonych metali ciężkich układu się w następującym szeregu: Cr > Zn > Ni > Cu. W badaniach stwierdzono dużą niejednorodność zawartości form cynku, niklu i chromu, o czym świadczyły duże współczynniki zmienności (CV) wyliczone dla tych pierwiastków, odpowiednio 63,3, 48,3, 41,1% (tab. 4). Tylko w przypadku cynku i niklu największa akumulacja form aktualnie biodostępnych została odnotowana w poziomach powierzchniowych, 7,51 mg·kg<sup>-1</sup> Zn i 1,74 mg·kg<sup>-1</sup> Ni. Zarówno zawartości cynku, jak i miedzi ekstrahowane roztworem 0,01 M CaCl<sub>2</sub> były większe od poziomów deficytowych dla roślin, za które przyjęto 0,8 mg·kg<sup>-1</sup> dla cynku oraz 0,12–0,25 mg·kg<sup>-1</sup> dla miedzi (Sims i Johnson, 1991). Należy jednak zwrócić uwagę na

TABELA 2. Zawartość węgla związków organicznych (C<sub>org</sub>), fosforu (P) oraz cynku (Zn)

TABLE 2. The content of the organic carbon (C<sub>org</sub>), phosphorus (P) and zinc (Zn)

Obiekt/Object I czynnik/I factor	C <sub>org</sub> [g·kg <sup>-1</sup> ]					P [mg·kg <sup>-1</sup> ]					Zn [mg·kg <sup>-1</sup> ]					
	Poziom II czynnik/Horizon II factor [cm]					Średnia/Mean					Średnia/Mean					
	0-15	15-30	30-50	Średnia/Mean	0-15	15-30	30-50	Średnia/Mean	0-15	15-30	30-50	Średnia/Mean	0-15	15-30	30-50	Średnia/Mean
K	3,05	1,60	1,40	2,02	2,41	2,08	1,48	1,99	7,59	3,17	1,94	4,23				
W	6,70	2,31	0,62	3,20	3,06	2,76	1,84	2,56	10,2	1,60	5,93	5,69				
W 100	6,51	4,81	0,75	4,00	7,90	1,84	3,93	5,85	4,67	5,93	1,26	3,95				
Średnia/Mean	5,42	2,91	0,92	3,10	4,46	3,51	2,42	3,46	4,46	3,51	2,42	4,62				
NIR 0,05																
I factor			1,650				0,328					0,220				
II factor			1,650				0,328					0,220				
Interaction																
I/II			2,858				0,567					0,381				
II/I			2,858				0,567					0,381				

K – kontrola/controla; W – wysypisko/waste dump; W 100 – odległość 100 m od wysypiska/100 m distance from the waste dump.

TABELA 3. Zawartość miedzi (Cu), niklu (Ni) oraz chromu (Cr)  
 TABLE 3. The content of the cooper (Cu), nickel (Ni) and chromium (Cr)

Objekt/Object I czynnik I factor	Cu [mg·kg <sup>-1</sup> ]				Ni [mg·kg <sup>-1</sup> ]				Cr [mg·kg <sup>-1</sup> ]			
	Średnia/Mean				Średnia/Mean				Średnia/Mean			
	0-15	15-30	30-50	Średnia/Mean	0-15	15-30	30-50	Średnia/Mean	0-15	15-30	30-50	Średnia/Mean
K	1,25	1,50	0,62	1,13	2,51	1,47	0,10	1,36	5,88	4,43	4,03	4,78
W	1,05	1,26	2,23	1,51	1,23	1,35	2,83	1,77	3,57	7,91	6,47	5,98
W 100	1,76	1,16	1,73	1,55	1,57	1,48	1,70	1,58	1,33	8,28	7,60	5,73
Średnia/Mean	1,35	1,30	1,53	1,40	1,74	1,43	1,54	1,57	3,59	6,87	6,34	5,48
NIR 0,05												
I factor	0,052				0,006				0,027			
II factor	0,052				0,006				0,027			
Interaction												
I/II	0,09				0,01				0,047			
II/I	0,09				0,01				0,047			

K – kontrola/controla; W – wysypisko/waste dump; W 100 – odległość 100 m od wysypiska/100 m distance from the waste dump.

fakt, że różne gatunki roślin mają różne potrzeby pokarmowe. Określając natomiast dopuszczalne limity metali pod kątem ich fitotoksyczności, stwierdzono, że w przypadku wszystkich analizowanych pierwiastków nie nastąpiło przekroczenie tych limitów (Korzeniowska i Stanisławska-Głubiak, 2003).

Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej uzyskano istotną zależność między wartościami zawartości w glebie fosforu aktywnego a węgla organicznego (rys. 1A). Bardzo ważną rolę w obiegu składników pokarmowych odgrywa występująca w glebach substancja organiczna, której obecność decyduje o jakości środowiska glebowego.

Pobieranie metali ciężkich może być ograniczane lub hamowane przez niektóre makro- i mikroślądniki. Obecność fosforu w glebie jest ważnym czynnikiem ograniczającym pobieranie metali ciężkich przez rośliny, gdyż przy większej zawartości jego łatwo rozpuszczalnych form mogą wytrącać się trudno rozpuszczalne fosforany cynku, kadmu, ołowiu i miedzi (Lemanowicz i Bartkowiak, 2013b). W niniejszej pracy nie wykazano jednak istotnych korelacji między zawartością w glebie aktywnej formy fosforu a formami omawianych mikroelementów.

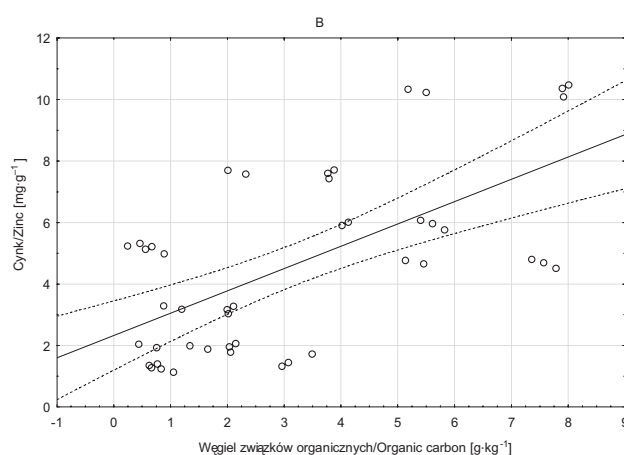
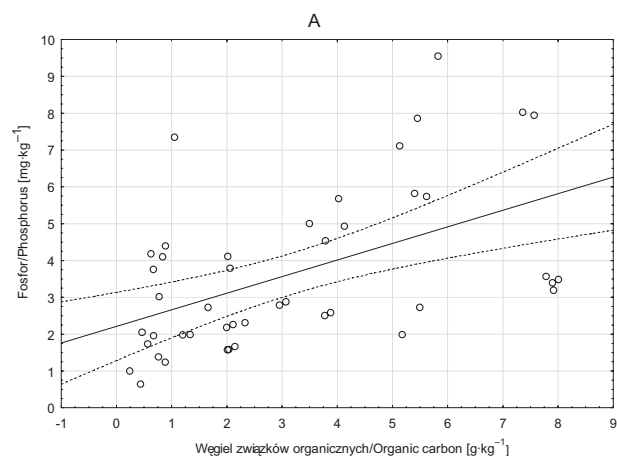
Przyswajalność metali ciężkich oraz mikroślądników pokarmowych pobieranych przez rośliny w formie kationów wzrasta wraz z zakwaszeniem gleby, gdyż w tych warunkach ich rozpuszczalność wzrasta (Filipek i Skowrońska, 2009). W analizowanych próbkach glebowych nie stwierdzono jednak współzależności między omawianymi parametrami gleby a zawartością form przyswajalnych tychże pierwiastków. Odnotowano natomiast

TABEL 4. Wybrane wartości statystyczne dla zbiorczych próbek glebowych pobranych na obszarze nielegalnych wysypisk odpadów

TABLE 4. Selected statistical calculations of the properties of composite soil samples taken within and outside the area of illegal waste dumping sites

Wyszczególnienie/ /Specification	C <sub>org</sub>	P	Zn	Cu	Ni	Cr
SD	2,41	2,04	2,92	0,43	0,75	2,26
CV [%]	78,4	58,9	63,3	30,8	48,3	41,1
Minimum	0,57	1,38	1,24	0,70	0,10	1,33
Maximum	7,90	7,94	10,4	2,22	2,83	8,28
Mediana	2,18	2,72	4,66	1,27	1,47	5,88

SD – odchylenie standardowe/standard deviation; CV – współczynnik zmienności/coefficient of variation.



RYSUNEK 1. Relacje między zawartością węgla związków organicznych a zawartością fosforu ( $r = 0,65$ ;  $p < 0,05$ ) (A) oraz zawartością węgla związków organicznych i cynku ( $r = 0,64$ ;  $p < 0,05$ ) (B)

FIGURE 1. The relationships between of the content the organic carbon and the available phosphorus ( $r = 0.65$ ;  $p < 0.05$ ) (A) and between of the content the organic carbon and the zinc ( $r = 0.64$ ;  $p < 0.05$ ) (B)

istotną zależność między zawartością form mineralnych cynku a zawartością węgla organicznego (rys. 1B).

## Wnioski

1. Niekontrolowane wysypiska śmieci wpłynęły istotnie na wzrost pH badanej gleby oraz na zmiany zawartości form aktywnych niklu, chromu i cynku.
2. W poziomach powierzchniowych gleb (0–15 cm) znajdujących się bezpośrednio pod warstwą zdeponowanych odpadów stwierdzono większe zawartości węgla i fosforu.
3. Wysypiska nie wpłynęły znacząco na zanieczyszczenie gleb badanymi metalami ciężkimi. Stwierdzono, że zawartość metali ciężkich rozpatrywanych pod kątem ich fitotoksyczności nie przekroczyła dopuszczalnych limitów.
4. Stwierdzono brak ujemnego wpływu wysypisk odpadów na wybrane właściwości gleb pobranych w odległości 100 m od ich krawędzi. Zawartości węgla organicznego, fosforu aktywnego i miedzi były istotnie większe w glebie pobranej z tego obiektu.

## Literatura

- Bielińska, E.J., Futa, B. i Kłos, A. (2009). Wpływ niekontrolowanych wysypisk odpadów na obszarach leśnych na cechy strukturalne i funkcjonalne krajobrazu. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 535, 55-63.
- Filipek, T. i Skowrońska, M. (2009). Optymalizacja odczynu gleby i gospodarki składnikami pokarmowymi w rolnictwie polskim. *Post. Nauk Roln.*, 1, 25-37.
- Górecka, A. i Koda, E. (2010). Analiza możliwości ograniczenia zagrożeń środowiska wodno-gruntowego, wynikających z eksploatacji modernizowanego składowiska odpadów komunalnych. *Sci. Rev. Eng. Env. Sci.*, 3 (49), 48-62.
- Houba, V.J.G., Temminghoff, E.J.M., Gaikhorst, G.A. i Vark, W. (2000). Soil analysis procedures using 0.01 M calcium chloride as extraction reagent. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 31 (9-10), 1299-1396.
- Ibragimow, A., Głosińska, G., Siepak, M. i Walna, B. (2010). Heavy metals in fluvial sediments of the Odra River flood plains – introductory research. *Quaestiones Geographicae*, 29 (1), 37-47. doi:10.2478/v10117-010-0004-7.
- Islam, Md.S., Tusher, T.R., Mustawa, M. i Mamun, S. (2012). Investigation of soil quality and heavy metal concentrations from a waste dumping site of Konabari industrial area at Gazipur in Bangladesh. *J. Environ. Sci., Tox. Food Technol.*, 2 (1), 1-7.
- Kabata-Pendias, A. i Pendias, H. (2001). *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Korzeniowska, J. i Stanisławska-Głubiak, E. (2003). Fitotoksyczne zawartości niektórych metali ciężkich w glebie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 493, 167-173.
- Lemanowicz, J. i Bartkowiak, A. (2013a). Wpływ intensywności uprawy roślin na zawartość i rozmieszczenie fosforu oraz metali ciężkich w wybranych profilach glebowych. *Sci. Rev. Eng. Env. Sci.*, 61, 273-280.
- Lemanowicz, J. i Bartkowiak, A. (2013b). Diagnosis of the content of selected heavy metals in the soils of the Pałuki region against their enzymatic activity. *Archi. Environ. Prot.*, 39 (3), 23-32. doi:10.2478/aep-2013-0026.
- Lityński, T., Jurkowska, H. i Gorlach, E. (1976). *Analiza chemiczno-rolnicza*. Warszawa: PWN.
- Malinowski, R., Niedzwiecki, E., Meller, E., Sammel, A., Wojcieszczuk, M. i Jarnuszewski, G. (2012). Some chemical properties of sandy soils affected by uncontrolled dump sites in the west Pomeranian province. *Soil. Sci. Ann.*, 62 (2), 31-35. doi:10.2478/v10239-012-0021-4.



- Meers, E., Samson, R., Tack, F.M.G., Ruttens, A., Vandegehuchte, M., Vangronsveld, J. i Verloo, M.G. (2007). Phytoavailability assessment of heavy metals in soils by single extractions and accumulation by *Phaseolus vulgaris*. *Environ. Experim. Bot.*, 60, 385-396.
- Meller, E., Niedźwiecki, E., Protasowicki, M., Malinowski, R., Sammel, A. i Jarnuszewski, G. (2012). Influence of uncontrolled dump sites on some chemical properties of organic and mineral soils developed from clay and loam in west Pomeranian. *Soil., Sci. Ann.*, 62 (2), 36-41. doi:10.2478/v10239-012-0022-3.
- Mizgajski, A. i Łankiewicz, E. (2007). Dzikie wysypiska odpadów – diagnoza problemu na przykładzie Poznania. *Prz. Komunal.*, 10 (193), 34-35.
- Niedźwiecki, E. (2007). Zanieczyszczenia środowiska glebowego metalami ciężkimi przez niekontrolowane wysypiska odpadów. *Ochr. Środow. i Zasob. Natur.*, 31, 126-131.
- Ociepa-Kubička, A. i Ociepa, E. (2012). Toksyczne oddziaływanie metali ciężkich na rośliny, zwierzęta i ludzi. *Inż. Ochr. Środ.*, 15 (2), 169-180.
- Ogundiran, O.O. i Afolabi, T.A. (2008). Assessment of the physicochemical parameters and heavy metal toxicity of leachate from municipal solid waste open dumpsite. *International J. Environ. Sci. Technol.*, 5 (2), 243-250.
- PTG. (2009). Klasyfikacja uziarnienia gleb i utworów mineralnych – PTG 2008. *Rocz. Glebozn.*, 60 (2), 5-16.
- Rooney, P.C., Zhao, F.J. i Mc Grath, P.S. (2007). Phytotoxicity of nickel in a range of European soils: Influence of soil properties on Ni solubility and speciation. *Environm. Pollution*, 145, 596-605.
- Sims, J. i Johnson, G. (1991). Micronutrient soil tests. W J. Mortverdt, F. Cox, L. Shuman i R. Welch (red.), *Micronutrients in Agriculture*. (strony 427-476). Madison: Soil Sci. Soc. Am.
- Szwalec, A., Mundała, P. i Petryk, A. (2011). Zanieczyszczenia wybranymi metalami ciężkimi gleb dzikich składowisk odpadów na terenie Lipnicy Małej i Domaradza. *Ochr. Środow. i Zasob. Natur.*, 49, 407-416.
- Wychowiak, D. (2013). Migracja zanieczyszczeń w rejonie starego składowiska odpadów z pionową przesłoną filtracyjną. *Sci. Rev. Eng. Env. Sci.*, 59, 45-55.

## Streszczenie

**Fosfor i metale ciężkie w glebach pod wpływem niekontrolowanych wysypisk śmieci.** W pracy przedstawiono wyniki dotyczące oddziaływania niekontrolowanych wysypisk śmieci zlokalizowanych na glebach piaszczystych województwa kujawsko-pomorskiego na zawartość rozpuszczalnych form fosforu i wybranych metali ciężkich (Zn, Cu, Ni i Cr) oznaczonych w wyciągu 0,01 M CaCl<sub>2</sub>. Stwierdzono, że nielegalne składowanie odpadów przyczyniło się do wzrostu pH badanej gleby oraz miało wpływ na zawartości form aktywnych niklu, chromu i cynku. W poziomach powierzchniowych gleb znajdujących się 100 m od wysypisk, bezpośrednio pod warstwą zdeponowanych odpadów odnotowano większe zawartości węgla, fosforu i miedzi. Odpady składowane na obszarze badanych wysypisk nie wpłynęły znacząco na zanieczyszczenie gleb metalami ciężkimi. Przeprowadzona analiza wariancji wykazała istotny wpływ badanych czynników (obiekty oraz głębokość pobierania prób) na zmiany zawartości C<sub>org</sub>, P, Zn, Cu, Cr oraz Ni. Bardzo duże wartości współczynników zmienności (CV%) badanych parametrów wykazały dużą niejednorodność uzyskanych wyników. Zawartość oznaczonych metali ciężkich układu się w następującym szeregu: Cr > Zn > Ni > Cu.

## Summary

**The phosphorus and heavy metals in soils due to the effect of uncontrolled waste dumps.** The paper presents the results on the effect of uncontrolled garbage dumps located on sandy soils of the Kujawy and Pomorze Province on the content of phosphorus and selected heavy metals (Zn, Cu, Ni and Cr) assayed in the extract of 0.01 M CaCl<sub>2</sub>. It was found that illegal dumping resulted in the changes in the physicochemical properties of the soils analysed. In the soil surface horizons waste 100 m distance from the

waste dump there were higher contents of organic carbon, phosphorus and copper. The waste stored in the area of the dumps investigated did not show a considerable effect on the contamination of soils with heavy metals and their content was connected with the biogeochemical cycle in nature. The analysis of variance showed a significant effect of the factors studied (objects and soil sampling depth) on the changes in the content of  $C_{org}$ , P, Zn, Cu, Cr as well as Ni. High values of the coefficients of variation (CV%) of the parameters showed a high heterogeneity of the results. With the factors applied the content of the heavy metals assayed comes in a following series: Cr > Zn > Ni > Cu.

**Author's address:**

Agata Bartkowiak  
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy  
w Bydgoszczy  
Wydział Rolnictwa i Biotechnologii  
Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gleb  
ul. Bernardyńska 6, 85-129 Bydgoszcz  
Poland  
e-mail: bartkowiak@utp.edu.pl