

Natalia Florencka*, Piotr Wojtanowicz*

Pionowy rozkład zawartości rtęci w wybranych profilach glebowych w rejonie Alwernii**

1. Wprowadzenie

Gleba jest jednym z głównych źródeł składników pokarmowych dla organizmów lądowych. Wszelkie zmiany w jej składzie chemicznym wpływają bezpośrednio na rośliny, a poprzez łańcuch pokarmowy również na zwierzęta i człowieka. Jednym z najbardziej toksycznych w środowisku przyrodniczym metali ciężkich jest rtęć. Ze względu na swoją aktywność chemiczną i biologiczną oraz zmienność postaci występowania uważana jest ona za pierwiastek chemiczny w bardzo wysokim stopniu zagrażający środowisku [2].

Głównym źródłem zanieczyszczenia środowiska przez rtęć (oprócz naturalnych procesów geochemicznych) jest różnorodna działalność gospodarcza: spalanie paliw, produkcja chloru, wytwarzanie i składowanie baterii, lamp, produkcja i stosowanie środków ochrony roślin, składowanie i spalanie odpadów komunalnych [2, 7, 11].

Rtęć zatrzymywana jest w glebie dzięki adsorpcji jej jonów przez substancje organiczne i mineralne, wskutek powstawania organicznych wiązań rtęci oraz tworzenia trudno rozpuszczalnych związków (siarczany, fosforany, węglany) [6]. Specyficzne zachowanie się rtęci w różnych ekosystemach nie pozwala przewidzieć ekologicznych skutków jej występowania, co w konsekwencji prowadzić może do zagrożenia środowiska przyrodniczego i zdrowia człowieka [2].

Monitoring gleb wokół źródła zanieczyszczeń wymaga zrealizowania określonego zakresu prac terenowych związanego najczęściej z poborem dużej ilości próbek do analiz laboratoryjnych. Optymalizacja tych prac dotyczy rozwiązania dwóch podstawowych problemów:

- 1) wyboru miejsc próbowania (gęstość opróbowania)
- 2) głębokości opróbowania.

* Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska

** Praca realizowana w ramach grantu KBN nr 8 T 12 E 007 20

Miejsca lokalizacji powierzchni badawczych muszą uwzględniać cel badań, powierzchnię terenu, a także skalę dokumentacji kartograficznej. Odległość pomiędzy sąsiednimi punktami poboru wpływa bezpośrednio na dokładność oceny. Od głębokości opróbowania profilu glebowego zależy wiarygodność informacji o rzeczywistym stopniu zanieczyszczenia poszczególnych warstw czy poziomów genetycznych, a jednocześnie jakość danych potrzebnych do wyjaśnienia mechanizmu pochodzenia podwyższonych zawartości badanych polutantów. Należy jednak podkreślić, że pobór próbek z większych głębokości znacząco podnosi koszty zarówno prac terenowych, jak i laboratoryjnych. Doniesienia naukowe dotyczące zanieczyszczeń gleb wskazują, że większość metali ciężkich, w tym także rtęć, kumuluje się w górnych poziomach glebowych, co powinno być wykorzystane w metodyce postępowania.

2. Cel i metodyka badań

Celem badań było określenie pionowego rozmieszenia zawartości rtęci w wybranych profilach glebowych w celu uściślenia głębokości, do której należy prowadzić badania wystarczające dla określenia stopnia zanieczyszczenia tym pierwiastkiem.

Badania zawartości rtęci przeprowadzono w rejonie Alwerni, w sąsiedztwie Zakładów Chemicznych „Alwernia” S.A. Miejsca poboru materiału badawczego zlokalizowane zostały w obrębie gleb użytkowanych jako łąki oraz lasy, na zachód i południowy zachód od zakładu. Próby z poszczególnych profili glebowych pobierano z głębokości 0÷5, 5÷10, 10÷15, 15÷20, 20÷30 cm oraz z poziomu ścióły w lasach i z poziomu słabo rozłożonej darni w przypadku użytków zielonych. Łącznie opróbowano 13 profili glebowych (7 na użytkach zielonych oraz 6 w lasach), z których przeanalizowano 78 próbek.

W glebach oznaczono podstawowe właściwości fizyczne i chemiczne, w tym zawartość metali ciężkich, metodami ogólnie przyjętymi w gleboznawstwie. Rtęć oznaczono za pomocą analizatora rtęci AMA-254.

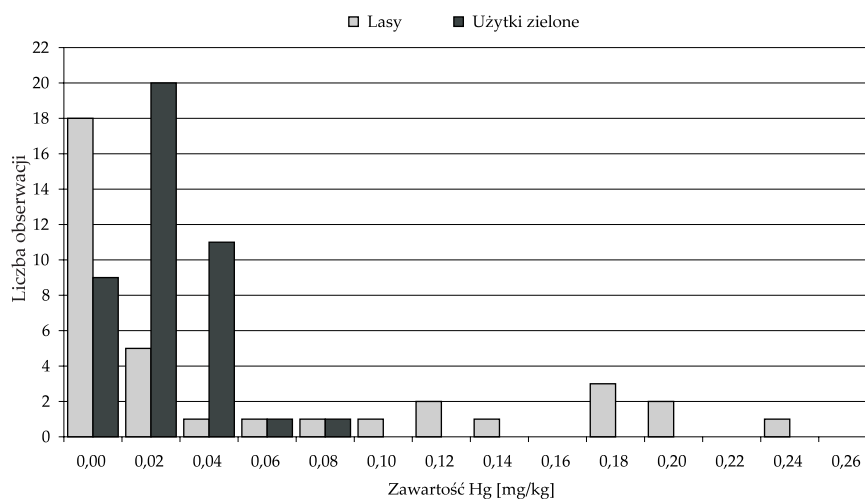
3. Wyniki badań

Badane gleby wg PTGleb wytworzone zostały z piasków luźnych i słabogliniastych. Odczyn analizowanych utworów glebowych mieścił się w zakresie 3,2÷6,7 w KCl.

Zawartość manganu, żelaza, niklu, miedzi, cynku, strontu i kadmu prawie we wszystkich profilach była niska, zarówno na terenach łąkowych, jak i leśnych, mieszcząca się w zakresie wartości podawanych jako tło geochemiczne gleb Polski [5]. Wyjątek stanowi profil L-6, zlokalizowany w lesie, w odległości 500 m od zakładu, gdzie naturalne tło zostało nieznacznie przekroczone. Największe nagromadzenie metali ciężkich zaobserwowano w górnych warstwach profili (do głębokości około 10 cm). Poniżej stwierdza się wyraźne obniżenie zawartości pierwiastków, nawet 10-krotne. Szczególnie jest to widoczne w profilu L-6, gdzie zmiany zawartości niektórych metali w obrębie całej odkrywki są niekiedy 350-krotne (warstwa do 5 cm w stosunku do warstw położonych głębiej). Gleby terenów leśnych miały koncentrację badanych metali średnio 2–3-krotnie większą niż użytki zielone, w tej samej warstwie.

W przypadku chromu (głównego źródła zanieczyszczenia w analizowanych glebach) stwierdzono bardzo duże rozpiętości stężenia w badanych profilach. Mieściły się one w zakresie od ilości śladowych do 6850 mg/kg na użytkach zielonych oraz do 24 600 mg/kg w lasach. Porównując uzyskane wyniki ze standardami jakości gleby, stwierdzono, iż zostały one przekroczone we wszystkich analizowanych profilach. Zawartość chromu spada wraz z głębokością i na poziomie 20÷30 cm na łąkach oraz 10÷30 cm w lasach obniżała się do ok. 150 mg/kg, czyli wartości dopuszczalnej dla gleb użytków rolnych, gruntów leśnych i zadrzewionych [8]. Zbliżone wyniki uzyskano w profilach gleb gruntów ornych [10].

Zawartość rtęci w analizowanych profilach była na poziomie niskim (rys. 1), poniżej 0,25 mg/kg, nie przekraczała zatem wartości ogólnie przyjmowanych jako geochemiczne tło gleb [5].



Rys. 1. Histogram zawartości rtęci w profilach glebowych

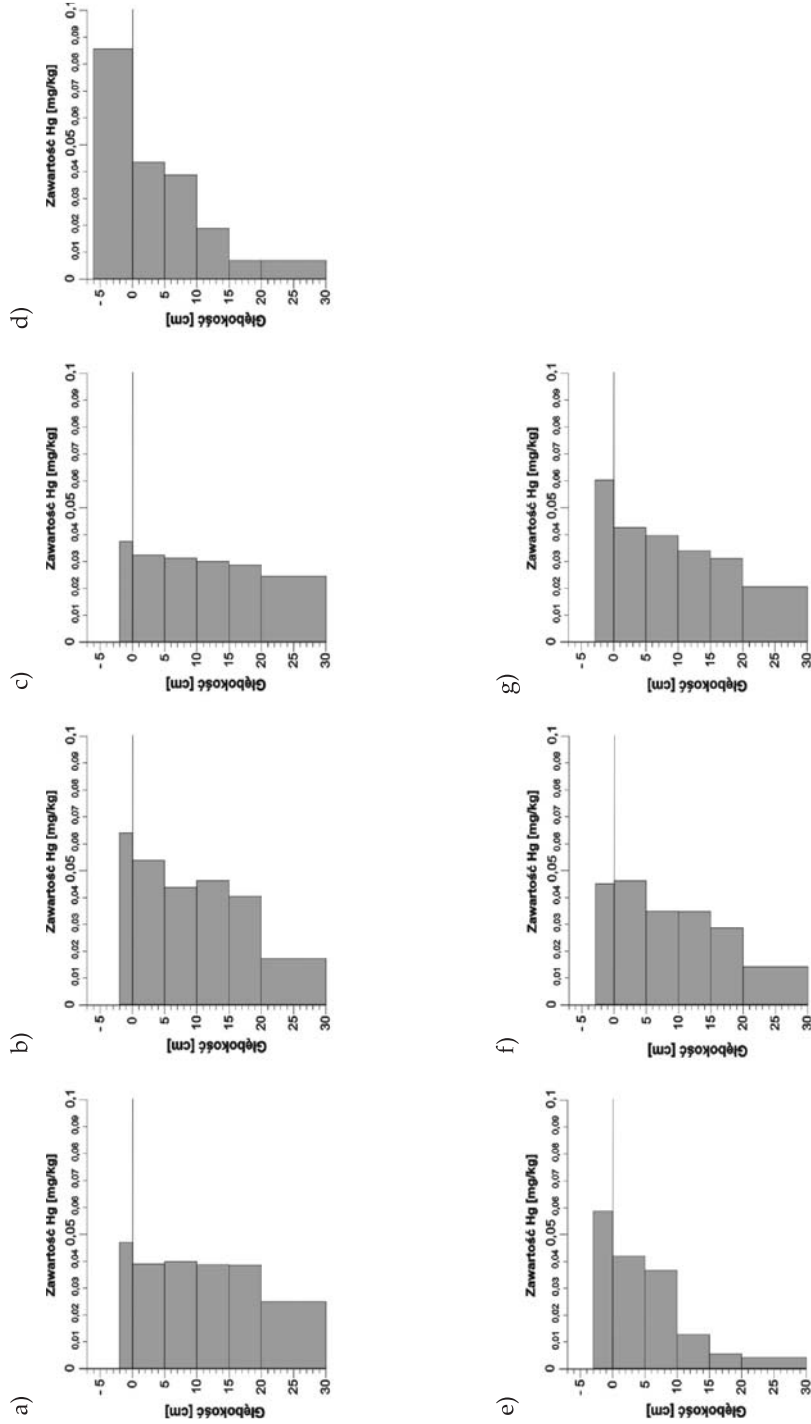
Na podstawie badań scharakteryzowano pionowy rozkład stężenia tego pierwiastka w zależności od sposobu użytkowania gleb.

W obrębie profilu gleb użytkowanych jako łąki największą kumulację rtęci odnotowano w warstwie słabo rozłożonej darni oraz w warstwie gleby 0÷5 cm (rys. 2). Maksymalne stężenie tego pierwiastka stwierdzono w warstwie darni profilu Z-4 (0,086 mg/kg). W pozostałych profilach wartość ta nie przekraczała na ogół 0,05 mg/kg. W miarę wzrostu głębokości zawartość rtęci stopniowo się obniżała, do wartości nieprzekraczających 0,025 mg/kg. Największy spadek (warstwa darni w stosunku do warstwy 20÷30 cm) zanotowano w profilach Z-4, gdzie zawartość Hg zmieniła się z 0,086 do 0,007 mg/kg, oraz Z-5 – odpowiednio 0,059 do 0,004 mg/kg. Najmniejsze zmiany stężenia Hg w badanych glebach odnotowano w profilu Z-3. Były one bardzo małe, ponieważ stężenie spadło tylko o około 30% (z 0,037 do 0,025 mg/kg).

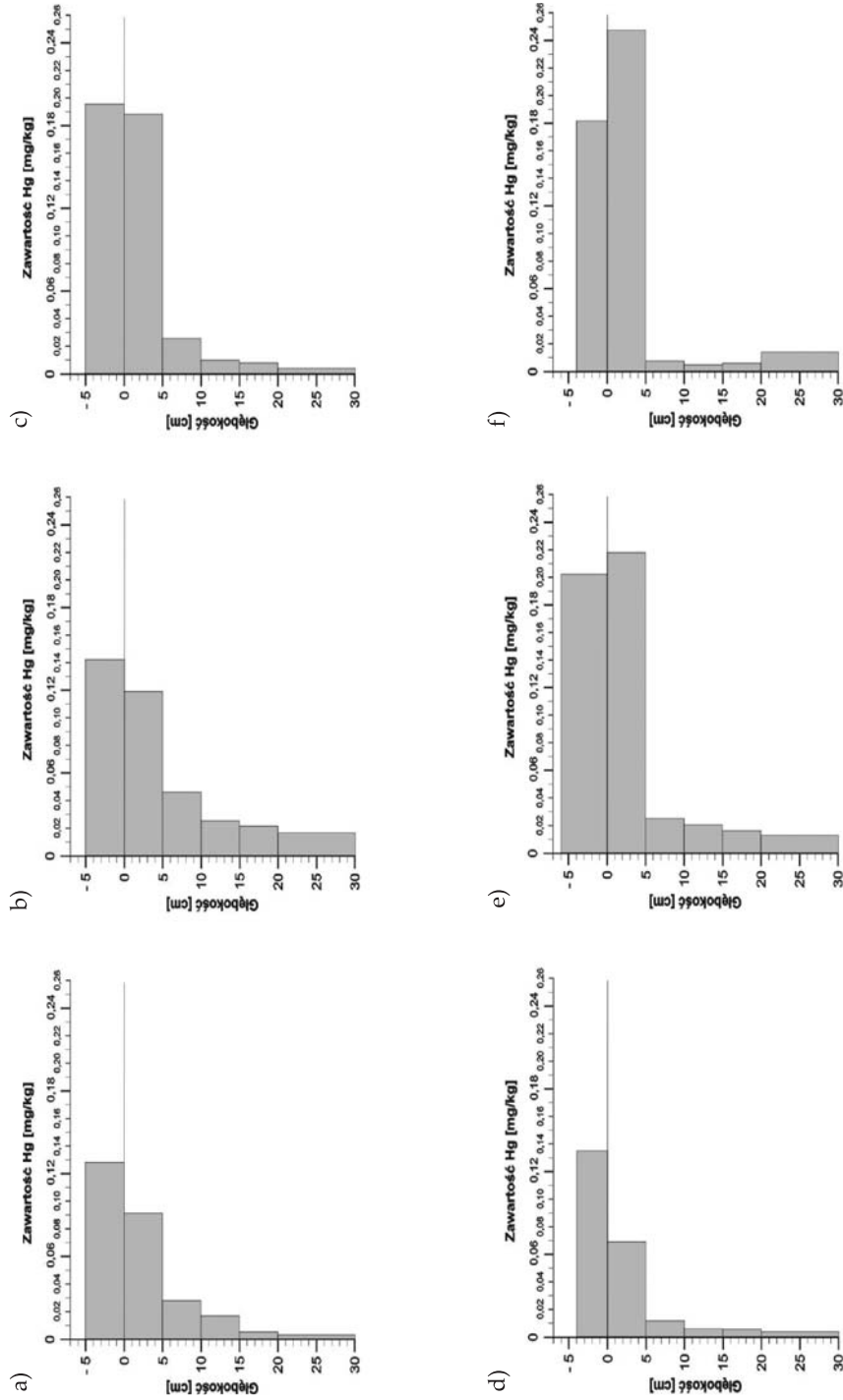
W glebach pod lasami, podobnie jak w przypadku gleb pod użytkami zielonymi, największą kumulację rtęci stwierdzono w górnej części profilu: w ściółce oraz warstwie gleby 0÷5 cm (rys. 3). Jednak stężenia w tym przypadku były zdecydowanie wyższe i wahały się w granicach od 0,069 do 0,202 mg/kg. Najwyższą wartość zanotowano w profilu L-6, w warstwie 0÷5 cm, gdzie wyniosła ona 0,202 mg/kg. Również i tutaj odnotowano spadek stężenia Hg w miarę oddalania się od powierzchni gleby. Najniższe stężenia rtęci odnotowano w najgłębiej położonych warstwach (20÷30 cm), gdzie nie przekraczały one 0,020 mg/kg. Z powodu wyższej zawartości badanego pierwiastka w wierzchnich warstwach gleby, zmiany stężenia w profilu pionowym były zdecydowanie większe niż w przypadku łąk. W warstwie 20÷30 cm odnotowano najwyżej 12% zawartości rtęci w stosunku do warstw wierzchnich gleby (ściółki lub 0÷5 cm). Największe spadki wystąpiły w profilach L-3 i L-4, gdzie zawartość w najgłębszej badanej warstwie nie przekroczyła 2,5% zawartości w warstwach wierzchnich.

Podsumowując, można stwierdzić, że największe stężenia rtęci odnotowano w wierzchnich warstwach gleb (warstwa słabo rozłożonej darni na użytkach zielonych oraz w poziomie ściółki w lasach). Większe zawartości stwierdzono w glebach leśnych. Warstwy te charakteryzowały się dużą zasobnością w materię organiczną.

W miarę oddalania się od powierzchni zawartość rtęci sukcesywnie się obniżała, osiągając najniższe stężenia w najgłębszej badanej warstwie (20÷30 cm). Nie przekraczało ono tam na ogół 0,025 mg/kg. Jest to zgodne z badaniami innych autorów [1, 3, 6, 9], gdzie stwierdza się, iż rtęć gromadzi się przede wszystkim w wierzchniej warstwie i stężenie jej maleje wraz z głębokością, o ile nie wchodzi w grę podwyższona zawartość tego pierwiastka w skale macierzystej. Wskazuje to na silne wiązanie i zatrzymywanie rtęci przez związki próchniczne.



Rys. 2. Zawartość rtęci w profilach gleb pod użytkami zielonymi:
 a) profil Z-1; b) profil Z-2; c) profil Z-3; d) profil Z-4; e) profil Z-5; f) profil Z-6; g) profil Z-6; h) profil Z-7



Rys. 3. Zawartość rtęci w profilach gleb pod lasami
 a) profil Z-1; b) profil Z-2; c) profil Z-3; d) profil Z-4; e) profil Z-5; f) profil Z-6

Potwierdziła to również analiza statystyczna uzyskanych wyników, którą wykonano w celu uchwycenia ewentualnych związków i korelacji pomiędzy zawartością rtęci a innymi cechami gleby (tab. 1). Analiza wykazała istotną korelację w glebach użytków zielonych na poziomie $p = 0,05$ pomiędzy ilością rtęci a zawartością azotu ($R = 0,90$), węgla organicznego ($R = 0,88$) i materii organicznej ($R = 0,84$). W przypadku gleb leśnych korelacje stwierdzono z materią organiczną ($R = 0,98$) i fosforem ogólnym ($R = 0,86$). Wskazuje to na wysoką zdolność wiązania rtęci przez substancje organiczne gleb [6].

Tabela 1. Współczynniki korelacji (R), kwadraty współczynników korelacji (R^2) oraz wartości poprawionych kwadratów współczynników korelacji ($Popr R^2$) zawartości rtęci z innymi cechami glebowymi (zamieszczono tylko korelacje istotne na poziomie $p = 0,05$)

Cecha gleby	Użytki zielone			Lasy		
	R	R^2	$Popr R^2$	R	R^2	$Popr R^2$
sód	–	–	–	0,72	0,52	0,50
magnez	0,40	0,16	0,14	0,65	0,43	0,41
potas	–	–	–	0,58	0,34	0,32
wapń	0,53	0,28	0,26	0,68	0,46	0,44
chrom	0,38	0,14	0,12	0,69	0,48	0,46
mangan	0,35	0,12	0,10	0,80	0,64	0,63
żelazo	0,64	0,41	0,39	0,83	0,69	0,68
nikiel	0,41	0,17	0,15	0,71	0,50	0,49
miedź	0,87	0,76	0,75	0,94	0,88	0,88
cynk	0,72	0,52	0,51	0,85	0,73	0,72
stront	–	–	–	0,69	0,48	0,46
kadm	0,68	0,46	0,45	0,87	0,76	0,75
ołów	0,76	0,58	0,57	0,96	0,93	0,92
ciężar obj.	–0,90	0,81	0,80	–0,95	0,90	0,89
straty prażenia	0,84	0,70	0,69	0,98	0,97	0,97
fosfor	0,73	0,53	0,51	0,86	0,74	0,73
węgiel org.	0,88	0,77	0,76	–	–	–
azot	0,90	0,80	0,79	–	–	–

W celu potwierdzenia wpływu niektórych elementów na zawartość rtęci, przeprowadzono analizę korelacji cząstkowych. Na obszarach użytków zielonych stwierdzono istotny wpływ ciężaru objętościowego oraz strat prażenia na zawartość rtęci w glebie. Obliczone korelacje cząstkowe wynosiły odpowiednio $-0,69$ i $0,44$, przy poziomie istotności $p < 0,05$. W lasach natomiast odnotowano istotny wpływ jedynie strat prażenia (r cząstkowe = $0,86$; $p < 0,05$), natomiast oddziaływanie ciężaru objętościowego było nieistotne ($p = 0,37$) i wynosiło $-0,17$.

4. Wnioski

1. Zawartość oznaczonych metali, z wyjątkiem chromu, w glebach użytków zielonych i w lasach była poniżej wartości uznawanych za tło geochemiczne gleb. Stężenie rtęci w badanych profilach było na poziomie niskim i nie przekraczało $0,25$ mg/kg.
2. Maksymalne zawartości rtęci stwierdzono w warstwie próchnicy nadkładowej (ściele) lub w warstwie próchnicznej do głębokości 5 cm. Istotna korelacja pomiędzy zawartością rtęci a ilością substancji organicznej potwierdza silne wiązanie tego pierwiastka w poziomach organicznych czy mineralno-organicznych.
3. Zawartość rtęci w analizowanych profilach malała wraz z głębokością, zarówno na użytkach zielonych, jak i w lasach.
4. W przypadku zanieczyszczenia rtęcią przenoszonego w powietrzu pobór próbek na użytkach zielonych i w lasach można ograniczyć do poziomów O i A, co obniża koszty badań

Literatura

- [1] Gruszczyński S., Trafas M.: *Problemy metodyczne badania skażeń gleb*. Krajowa Konferencja „Geologiczne aspekty ochrony środowiska”, Kraków, Wyd. AGH 1991
- [2] Gwarek B.: *Rtęć w środowisku naturalnym i odpadach*. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, nr 14, 1998
- [3] Haidouti C., Skarlou V., Tsouloucha F.: *Mercury contents of some Greek soils*. Geoderma, t. 35, nr 3, 1985
- [4] Kabata-Pendias A.: *Wpływ zanieczyszczeń pierwiastkami śladowymi na niektóre właściwości gleb*. Materiały I Krajowej Konferencji „Wpływ zanieczyszczeń pierwiastkami śladowymi na przyrodnicze warunki rolnictwa”, cz. II, Puławy 1978

-
- [5] Lis J., Pasieczna A.: *Atlas geochemiczny Górnego Śląska*. Warszawa, PIG 1995
 - [6] Lityński T., Jurkowska H.: *Żyzność gleby i odżywianie się roślin*. Warszawa, PWN 1982
 - [7] Petkowski J.: *Rtęć – metal śmierci*. Biuletyn Informacyjny IŻ, R XXXIV, 1996
 - [8] *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9.09.2002 w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi*. Dz.U. Nr 165 poz. 1359.
 - [9] Śmierzchalska K.: *Niektóre aspekty badań nad skażeniem środowiska radionuklidami oraz pierwiastkami ciężkimi*. Postępy Nauk Rolniczych, nr 5/73
 - [10] Trafas M., Eckes T.: *Badania pionowego rozkładu zawartości metali ciężkich w profilach glebowych*. Półrocznik AGH Inżynieria Środowiska, t. 9, z. 2, 2003
 - [11] Wiatr I.: *Inżynieria ekologiczna*. Warszawa – Lublin, Polskie Towarzystwo Inżynierii Ekologicznej 1995