

Artur Szwalec*, Paweł Mundała*, Dawid Bedla*

**ZAWARTOŚĆ Cd, Pb, Zn I Cu W GLEBACH W SĄSIEDZTWIE
SKŁADOWISK ODPADÓW KOMUNALNYCH W SŁOPNICACH
SZLACHECKICH I JAŚLE**

**CONTENT OF Cd, Pb, Zn AND Cu IN SOIL OF FARMLAND IN VICINITY
OF MUNICIPAL WASTE LANDFILLS IN SŁOPNICE SZLACHECKIE
AND JAŚŁO**

Słowa kluczowe: składowiska odpadów, metale ciężkie, gleba, Jasło, Słopnice Szlacheckie.
Key words: landfills, heavy metals, soil, Jasło, Słopnice Szlacheckie.

The study was to assess the contents of Cd, Cu, Pb, Zn in the arable soil, which have been located in close neighborhood of municipal waste landfills in Słopnice Szlacheckie and Jasło. Samples were collected from topsoil (0–20 cm) and deeper layer (40–60cm). In total 32 samples were collected. Only two samples (one for copper, the second for zinc) from Słopnice Szlacheckie didn't fulfilled regulation of Polish Ministry of Environment. According the recommendation of Institute of Soil Science and Cultivation most of examined samples (95.3%) had natural or increased contents. There were three contamination marks stated only for zinc and copper. It was for zinc in Jasło (one sample, low contamination) and the second one for Słopnice (medium contamination). For copper it was also one sample and strong contamination.

1. WPROWADZENIE

Składowiska odpadów stanowią najbardziej rozbudowane ogniwo w zakresie gospodarki odpadami komunalnymi w naszym kraju. Ponad 90% tych odpadów jest deponowane na tego rodzaju obiektach [Rocznik Ochrony Środowiska... 2010]. Większość składowisk zlokalizowana jest w nieczynnych wyrobiskach surowców mineralnych lub na nieużytkach rolnych. Nieprawidłowo zlokalizowane i eksploatowane składowisko oddziałuje niekorzyst-

* *Dr inż. Artur Szwalec, dr inż. Paweł Mundała, mgr inż. Dawid Bedla – Katedra Ekologii, Klimatologii i Ochrony Powietrza, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Al. Mickiewicza 24/28; tel.: 12 662 41 11, e-mail: rmszwale@cyf-kr.edu.pl*

nie na wszystkie elementy środowiska, w tym na powietrze, glebę oraz wody powierzchniowe i podziemne [Szymańska-Pulikowska 2002, Szyk 2003, Rosik-Dulewska i in. 2007]. Problem ten dotyczy przede wszystkim obiektów budowanych w latach 70-tych i 80-tych ubiegłego wieku, które z punktu widzenia aktualnie obowiązujących wytycznych dotyczących eksploatacji składowisk [Rozporządzenie... 2003] należałoby uznać za obiekty nielegalne, tzw. „dzikie”. Budowane ostatnio (początek XXI wieku) składowiska od strony inżynierskiej są w pełni wyposażone w instalacje minimalizujące ich negatywny wpływ na środowisko przyrodnicze. Właściwa izolacja dna lub drenaż zapobiegają migracji odcieków do gleby i wód gruntowych, a ujęcie biogazu zabezpiecza przed emisją metanu. Prowadzone badania monitoringowe tych obiektów na ogół potwierdzają skuteczność działania wymienionych zabezpieczeń. Problemem są jednak emisje odorowe, związane z fermentowaniem frakcji organicznej zawartej w odpadach. Niestety nigdzie w Polsce nie prowadzi się selektywnej zbiórki odpadów kuchennych [Rocznik Ochrony Środowiska... 2010], a pracujące kompostownie i zakłady metanizacji przetwarzają najczęściej odpady z pielęgnacji zieleni miejskiej, ewentualnie z placów targowych oraz przemysłu rolno-spożywczego. W monitoringu wysypisk, których starsze części (kwatery) funkcjonowały bez właściwych zabezpieczeń, są notowane najczęściej przekroczenia wartości dopuszczalnych substancji szkodliwych dla otoczenia, w tym kadmu (Cd), ołowiu (Pb), cynku (Zn) i miedzi (Cu) [Rozporządzenie... 2002], w odniesieniu do jakości wód powierzchniowych i podziemnych.

2. MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono na gruntach rolnych położonych w bezpośrednim sąsiedztwie składowisk odpadów komunalnych w Słopnicach Szlacheckich (powiat limanowski, woj. małopolskie) i w Jaśle (powiat Jasielski, woj. podkarpackie). Obydwa składowiska powstały na pierwotnych terenach rolnych, bez niezbędnych zabezpieczeń technicznych. Słopnice Szlacheckie są sołectwem malowniczo położonym w kotlinie górskiej, w centralnej części Beskidu Wyspowego, między Łopieniem (951m n.p.m.), Zęzowem (705 m n.p.m.) i Górą Paproć (645m n.p.m.). Miejscowość leży na wysokości 427 m n.p.m., w odległości 12 km od Limanowej. Składowisko odpadów komunalnych w Słopnicach Szlacheckich zostało uruchomione w 1980 r. Zlokalizowane zostało bez odpowiedniego uszczelnienia dna, we wschodniej części wsi, z dala od rozproszonej zabudowy mieszkalnej, w miejscu naturalnego parowu, z którego uprzednio pozyskiwano glinę.

Według szacunkowych obliczeń w okresie od 1980 do końca 1996 r. na omawianym składowisku zdeponowano około 180 000 m³ odpadów. Powierzchnia zajmowanego terenu pod składowisko zamyka się w obszarze 1,51 ha [Plan Gospodarki... 2004]. Obecnie (lato 2011) jest ono w stadium rekultywacji.

Zrekultywowane wysypisko w Jaśle jest zlokalizowane we wschodniej części miasta, na terenie dawnej wsi Sobniów. Składowisko obejmuje obszar 6,84 ha. Od północy teren wy-

sypiska ogranicza rzeka Jasiołka, a od strony południowej i częściowo południowo-zachodniej nasyp kolejowy linii Zagórz – Jasło, z odgałęzieniem do stacji towarowej w Hankówce. Na wschód od wysypiska, w odległości około 120 do 140 m, znajduje się linia zabudowy mieszkalnej Sobniowa. Opisywany obiekt od lat 60-tych do końca 1989 r. eksploatowany był w sposób nieuporządkowany i bez odpowiednich zabezpieczeń technicznych. Składowisko zamknięto w październiku 2007 r. Jednakże po powodzi w roku 2010, kiedy to miasto Jasło zostało zalane, w niekontrolowany sposób zdeponowano tam odpady popowodziowe. Na koniec roku 2006 szacowano, że na opisywanym składowisku zgromadzono 235 695 Mg odpadów [Przegląd... 2005, Plan Gospodarki... 2008].

Materiał do badań pobrano z gruntów użytkowanych rolniczo, położonych w sąsiedztwie opisywanych składowisk odpadów komunalnych. Punkty badawcze zlokalizowano w układzie pierścieniowym, w odległościach 50–100 m i 1000–1500 m, w kierunkach: północnym, południowym, wschodnim i zachodnim od wymienionych obiektów. Jako jeden punkt badawczy przyjmowano powierzchnię około 25 m², losowo wybraną z całego pola uprawnego.

Z każdego punktu badawczego w sposób losowy pobierano po pięć prób pierwotnych z powierzchniowej warstwy gleby (0–20 cm), które po zhomogenizowaniu tworzyły jednorodną próbę średnią o masie 500 g. Analogicznie postępowano w przypadku próby pobieranej z głębszej warstwy gleby (40–60 cm). Ogółem pobrano 32 próby gleby, po 16 wokół każdego składowiska. Zebrany materiał został przygotowany (suszenie, rozdrabnianie, przesiewanie) i zmineralizowany w mieszaninie stężonych kwasów HClO₄ i HNO₃. W tak przygotowanym materiale oznaczono zawartości: Cd, Pb, Zn i Cu metodą Absorpcyjnej Spektrometrii Atomowej, przy wykorzystaniu spektrofotometru absorpcji atomowej Solaar M6 firmy Unicam. W pobranych próbach oznaczono również pH w KCl metodą potencjometryczną oraz zbadano skład granulometryczny metodą Cassagrandy, w modyfikacji Pruszyńskiego.

3. WYNIKI I DYKUSJA

Badania monitoringowe prowadzone wokół opisywanych obiektów wskazywały na ich negatywny wpływ na stan wód powierzchniowych i podziemnych [Plan Gospodarki... 2004, 2008]. W próbach pobranych z piezometrów, a także ze studni drenażowych oraz cieków powierzchniowych (dwa potoki bez nazwy i rzeka Jasiołka), w ramach monitoringu składowiska w Jasle, zarejestrowano zwiększone zawartości: ołowiu (Pb), miedzi (Cu), kadmu (Cd) oraz rtęci (Hg). Odnotowano również zwiększone zawartości węgla organicznego [Chomiak i in. 2007].

Przeprowadzone badania miały na celu rozpoznanie i ocenę zagrożenia zanieczyszczeniem Cd, Pb, Zn i Cu w niebadanych wcześniej glebach uprawnych położonych w bezpośrednim sąsiedztwie składowisk. Uzyskane wyniki badań odniesiono do wartości dopuszczalnych stężeń oznaczonych metali zamieszczonych w rozporządzeniu Ministra Środowiska [Rozporządzenie... 2002] oraz zaleceń IUNG [Kabata-Pendias i in. 1993]. Oceny wybranych wyników zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wyniki oceny zawartości Cd, Pb, Zn i Cu w powierzchniowej warstwie gleby według zaleceń IUNG [Kabata-Pendias i in. 1993] oraz rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie standardów jakości gleb i ziemi [Rozporządzenie... 2002] – w sąsiedztwie składowisk w Słopnicach Szlacheckich (próby 1–8) oraz w Jasle (próby 9–16)

Table 1. Results of estimation of Cd, Pb, Zn and Cu content in topsoil according to ISSPC [Kabata-Pendias et al. 1993] and Polish Ministry of Environment [Regulation... 2002] in vicinity of municipal wastes landfills in Słopnice Szlacheckie (1–8) and Jasło (9–18)

Nr próby	Odległość w km	Kierunek	Stopień wg IUNG				Zawartość podwyższona/zanieczyszczenie	Przekroczenie wartości dopuszczalnych wg RMŚ
			Cd	Pb	Zn	Cu		
1	0,05	S	I	I	III	IV	Cd, Pb, Zn, Cu	Zn, Cu
2	0,1	S	I	0	I	I	Cd, Zn, Cu	–
3	0,05	E	I	0	I	0	Cd, Zn	–
4	0,1	E	I	0	I	0	Zn	–
5	0,05	N	0	0	I	0	Zn	–
6	0,1	N	I	0	I	0	Cd, Zn	–
7	0,05	W	0	0	I	I	Zn, Cu	–
8	0,1	W	I	0	I	0	Zn	–
9	0,1	S	0	0	I	0	Zn	–
10	1,3	S	I	0	I	0	Cd, Zn	–
11	0,1	W	0	0	I	0	Zn	–
12	1,2	W	0	0	0	0	–	–
13	0,08	N	0	0	0	0	–	–
14	1,1	N	0	0	0	0	–	–
15	0,06	E	I	0	II	I	Cd, Zn, Cu	–
16	1,5	E	0	0	I	0	Zn	–

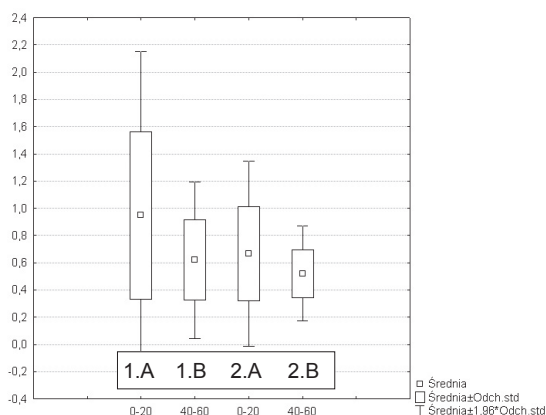
Objaśnienia: – nie stwierdzono.

Ważną właściwością fizykochemiczną badanych gleb, mającą istotny wpływ na mobilność oznaczonych metali jest odczyn [Gorlach, Gambuś 1991, 1996]. O ile w glebach z Jasła jest on stosunkowo poprawny – są to gleby lekko kwaśne (pH w KCl: 5,7–6,4, gr. c–g), o tyle w glebach ze Słopnic Szlacheckich stwierdzono wyrażane ich zakwaszenie (pH w KCl 4,1–5,3, gr b–g). Pomierzone wartości pH są wyjątkiem w powiecie Jasielskim bowiem 61–80% gleb to gleby kwaśne i bardzo kwaśne [Stan... 2004]. Problem zakwaszenia dotyczy większości gleb Polski [Siuta 1995] i jest to tendencja niezmienna od wielu lat GUS [2010].

Pierwiotkiem najczęściej przekraczającym dopuszczalne normy jest cynk. Występuje przeważnie w zwiększonej zawartości (tab. 1) (2–8 Słopnice, 9–11 i 16 Jasło). Miejscami odnotowano słabe (15 – Jasło) lub średnie (1 – Słopnice) zanieczyszczenie tym pierwiastkiem. Należy zwrócić uwagę, że ta duża zawartość Zn (916,5 mg·kg⁻¹), kilkakrotnie przekracza zawartości występujące w pozostałych próbach z tej lokalizacji (73,8–126,6 mg·kg⁻¹). Jest to widoczne również w odniesieniu do pozostałych pierwiastków, a szczególnie miedzi, której zawartość w tym punkcie osiąga poziom odpowiadający silnemu zanieczyszczeniu (258,3 mg·kg⁻¹).

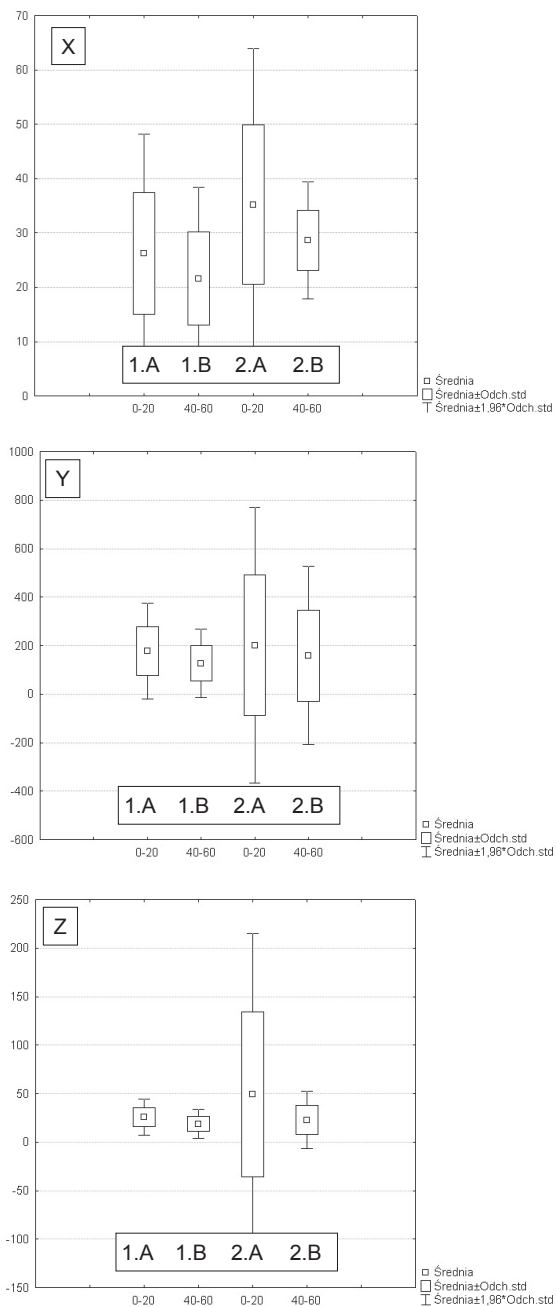
Kilkukrotnie mniejsze zawartości wszystkich analizowanych pierwiastków występujące w głębszej warstwie profilu glebowego świadczą o antropogenicznym źródle wzbogacenia gleby w tym miejscu. Szczególnie duże zawartości cynku i miedzi mogą np. wskazywać na miejscowe zanieczyszczenie gleby preparatami ochrony roślin zawierającymi związki tych pierwiastków, stosowanymi w opisywanym rejonie (np. wylanie resztek cieczy użytkowej). Zagęszczenie siatki poboru prób wokół tego punktu mogłoby pomóc w wyjaśnieniu tego stanu. Wzbogacenie wierzchniej warstwy gleb w badane metale obserwowane jest również we wszystkich pozostałych punktach badawczych zarówno w Słopnicach Szlacheckich, jak i w Jaśle, przy czym różnice te nie są tak wyraźne jak w omówionym wcześniej punkcie.

Rozpatrując wykresy zawartości średnich oraz odchyłeń standardowych badanych pierwiastków z poszczególnych prób, zaobserwowano pewne zależności (rys. 1 i 2–X, Y i Z). Największe zróżnicowanie pod względem zawartości w glebie charakteryzowało Zn niezależnie od głębokości, czy miejsca poboru (Słopnice Szlacheckie, Jasło). Również zawartość Cu odznaczał nieco większy rozrzut wokół wartości średniej. Najmniej zróżnicowana we wszystkich badanych próbach była zawartość Cd. Rozpatrując zróżnicowanie zawartości badanych metali zależnie od głębokości zaobserwowano, że w warstwach powierzchniowych (0–20cm) odchylenia od średniej są większe niż w warstwach głębszych (60–80cm). Tendencje te odnoszą się do prób pobranych zarówno w sąsiedztwie składowiska Słopnice, jak i Jasło. Wspomniana zależność dotyczy wszystkich badanych metali, za wyjątkiem kadmu.



Rys.1. Porównanie średnich zawartości kadmu w glebach z Słopnicy Szlacheckiej (1) i Jaśła (2) w warstwach 0–20 cm (A) oraz 60–80 cm (B)

Fig. 1. Comparison of cadmium mean contents in soil of Słopnice (1) and Jasło (2) in topsoil 0–20 cm (A) and deeper layer 60–80 cm (B)



Rys. 2. Porównanie średnich zawartości Pb (X), Zn (Y) i Cu (Zn) w glebach z Słopnic Szlacheckich (1) i Jasła (2) w warstwach 0–20 cm (A) oraz 60–80 cm (B)

Fig. 2. Comparison of Pb (X), Zn (Y) and Cu (Zn) mean contents in soil of Słopnice (1) and Jasło (2) in topsoil 0–20 cm (A) and deeper layer 60–80 cm (B)

W prowadzonym monitoringu składowiska odpadów komunalnych w Zakopanem w latach 2002 – 2007r. Bojarska i Brzowski [2009] nie stwierdzili kontaminacji gleb: As, Cd, Pb, Zn, Cu, Cr i Hg w sąsiedztwie tego obiektu. Autorzy zwrócili również uwagę, że oznaczone stężenia wymienionych pierwiastków nie przekraczały wartości dopuszczalnych zamieszczonych w przywołanym wcześniej rozporządzeniu Ministra Środowiska [Rozporządzenie... 2002].

W odniesieniu do składowisk w Słopnicach Szlacheckich i Jaśle trudno jest na podstawie przeprowadzonych badań jednoznacznie wskazać na ich bezpośredni wpływ na zwiększenie zawartości badanych pierwiastków w glebach. Tym bardziej, że rejon Jasła poddany jest presji emisji zanieczyszczeń przemysłowych od dziesięcioleci (liczne zakłady przemysłowe). W Słopnicach Szlacheckich, które są gminą typowo rolniczą, nie występuje tak wyeksponowana presja przemysłowa, niemniej jednak brak wyników badań z okresu przed założeniem składowiska (podobnie zresztą, jak i w Jaśle) nie pozwala na porównanie i wskazanie ewentualnego trendu zmian. Na tym etapie badań można przyjąć, że podobnie jak składowisko w Zakopanem [Bojarska, Brzowski 2009] również składowiska w Słopnicach Szlacheckich i Jaśle nie wpływają na zwiększenie zawartości analizowanych metali w badanych profilach glebowych. Należy jednak zauważyć, że przeprowadzone badania wykazały zwiększone zawartości omawianych pierwiastków występujące w warstwie wierzchniej badanych gleb, wskazujące na antropogeniczne źródła ich pochodzenia. Dotyczy to szczególnie punktu badawczego nr 1, położonego w sąsiedztwie składowiska w Słopnicach Szlacheckich (tab 1), gdzie stężenia Zn i Cu przekraczają wartości dopuszczalne zamieszczone w cytowanym rozporządzeniu Ministra Środowiska [2002].

4. WNIOSKI

1. Zdecydowaną większość przebadanych prób (95,3%) charakteryzowały zwiększone i naturalne zawartości Cd, Pb, Zn i Cu. W różnym stopniu zanieczyszczonych cynkiem i miedzią według metody IUNG było 4,7% wszystkich prób. Odpowiednio w Słopic Szlacheckiej była to jedna próba, średnio zanieczyszczona cynkiem i silnie miedzią, a w Jaśle także jedna próba – słabo zanieczyszczona cynkiem.
2. W Jaśle dominowała zawartość naturalna wszystkich metali w 75 procentach badanych prób, w Słopicach Szlacheckich zaś dominowała zawartość podwyższona 50 procentach prób.
3. Według oceny Ministra Środowiska jedynie zawartości miedzi i cynku w jednej próbie ze Słopic Szlacheckich przekroczyły wartości graniczne.
4. Pierwiastkiem, którego zawartość w badanych glebach najczęściej przekraczała poziom naturalny, był cynk następnie kadm, miedź i ołów.
5. Odczyn gleb w Jaśle był znacznie korzystniejszy z punktu widzenia deaktywacji metali (pH w KCl: 5,7–6,4) niż w Słopicach (pH w KCl: 4,1–5,3).

PIŚMIENNICTWO I AKTY PRAWNE

- BOJARSKA K., BRZOWSKI K. 2009. Monitoring środowiska w rejonie składowiska odpadów komunalnych w Zakopanem. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych nr 40 IOŚ, Warszawa: 632–6742.
- CHOMIAK I., PASTUSZKA M., URBANOWICZ G. 2007. Monitoring składowiska odpadów komunalnych w Jaśle–Sobniowie, przy ul. Żniwnej. Zakład Inżynierii Środowiska „Eko-projekt”.
- GORLACH E., GAMBUŚ F. 1991. Desorpcja i fitotoksyczność metali ciężkich zależnie od właściwości gleby. Roczniki Gleboznawcze T.XLII, Nr 3/4. Polskie Towarzystwo Gleboznawcze. Warszawa: 207–214.
- GORLACH E., GAMBUŚ F. 1996. Badania nad możliwością ograniczenia pobierania kadmu przez rośliny z gleb zanieczyszczonych tym metalem. Roczniki Gleboznawcze T.XLVII, Nr 3/4, Warszawa: 31–39.
- http://www.powiat.jaslo.pl/bip/atach/4/801/1837 /uchwala_XXXIV_231.pdf
- KABATA–PENDIAS A., PIOTROWSKA M., WITEK T. 1993. Ocena jakości i możliwości rolniczego użytkowania gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi. Ramowe wytyczne dla rolnictwa. IUNG, Puławy: 5–14.
- Plan gospodarki odpadami dla miasta Limanowa (PGO) 2004.** P. U. „Południe II” Sp. z o.o. Zakład Pracy Chronionej Biuro Inżynierii Środowiska i Rozwoju Technologii, Kraków.
- Plan gospodarki odpadami dla powiatu jasielskiego na lata 2004–2015.** 2004. Jasło. <http://www.powiat.jaslo.pl/bip/atach/4/108/200/plan%20gospodarki%20odpadami.pdf>.
- Plan gospodarki odpadami dla powiatu jasielskiego na lata 2008–2011 z uwzględnieniem lat 2012–2019.** Uzupełnienie. 2008.
- Przegląd ekologiczny wysypiska odpadów komunalnych w Jaśle ul. Żniwna.** 2005. SIGMA.
- ROSIK-DULEWSKA CZ., KARWACZYŃSKA U., CIESIELCZYK T. 2007. Migracja WWA z nieuszczelnionego składowiska odpadów do wód podziemnych. Rocznik ochrony środowiska (Tom 9): 335–342.
- Rocznik Ochrony Środowiska.** 2010. GUS. Warszawa.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 marca 2003 roku w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk odpadów (Dz.U. Nr 61, poz. 549, z póź, zm.).**
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2002 roku w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów (Dz.U. Nr. 220, poz. 1858, z póź, zm.).**
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 roku w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziem (Dz. U. Nr 165, poz. 1359).**

SIUTA J. 1995. Gleba – diagnozowanie stanu i zagrożenia. IOŚ, Warszawa.

Stan środowiska w województwie podkarpackim w 2003 roku. 2004. BMŚ. Rzeszów: 213–231.

SZYC J. 2003. Ocieki ze składowisk odpadów komunalnych. IOŚ, Warszawa.

SZYMAŃSKA-PULIKOWSKA A. 2002. Wpływ lokalizacji wysypiska odpadów na skład wód podziemnych. W: Mat VIII konf. naukowo-techn. Gospodarka odpadami komunalnymi Koszalin Kołobrzeg: 123–134.