

OCENA MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA WYBRANYCH OSADÓW ŚCIEKOWYCH NA POTRZEBY UKSZTAŁTOWANIA WARSTWY PRÓCHNICOTWÓRCZEJ W REKULTYWACJI SKŁADOWISK ODPADÓW KOMUNALNYCH

Elżbieta Koselska, Anna Kiepas-Kokot

Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska, Akademia Rolnicza w Szczecinie

Wstęp

Zmiany w gospodarce odpadami komunalnymi, jakie dokonują się w ostatnich latach, wymusiły zakończenie fazy eksploatacyjnej licznych składowisk odpadów komunalnych [KPGO 2003]. Zakończenie procesu eksploatacji rozpoczyna jednocześnie nowe działania w obrębie składowiska: proces rekultywacji i wieloletniego monitoringu. O ile monitoring składowisk odpadów został szczegółowo określony w przepisach prawa co do zakresu i częstotliwości [ROZPORZĄDZENIE 2002b], o tyle zakres rekultywacji pozostawia dużą dowolność, szczególnie w fazie rekultywacji biologicznej. Dowolność ta dotyczy przede wszystkim rodzaju materiałów wykorzystanych do ukształtowania wierzchniej warstwy próchnicotwórczej, gwarantującej zapewnienie podstawowych potrzeb wprowadzanej na czaszę składowiska roślinności.

Wśród możliwych do zastosowania materiałów najbardziej dostępnym, a jednocześnie wartościowym wydają się komunalne osady ściekowe. Ich dynamicznie rosnąca ilość [KRZYWY, WOŁOSZYK 1996; MAZUR 1996; JEŃDRZAK 1998], wraz z budową kolejnych oczyszczalni ścieków, obejmujących coraz większą część terytorium kraju systemem kanalizacyjnym, wymusza poszukiwanie racjonalnych sposobów wykorzystania ich wartości nawozowej, przy zachowaniu ostrożności przed nadmiarem wprowadzonych do środowiska metali ciężkich czy obciążeń o charakterze biologicznym, np. żywych jaj pasożytów jelitowych.

Wiele badań naukowych koncentruje się wokół sposobów przetwarzania surowych osadów ściekowych na komposty, jako formę akceptowaną przez większą liczbę użytkowników [KRZYWY, WOŁOSZYK 1996; URBANIAK 1997; NASTAJ 1999]. Związane z tym dodatkowe nakłady są uzasadnione przede wszystkim na potrzeby ich zastosowania w rolnictwie. W przypadku rekultywacji składowisk odpadów komunalnych po zakończonej eksploatacji odpowiednią wydaje się być aplikacja odwodnionych osadów i ich wymieszanie z wierzchnią warstwą gleby, zgodnie z zasadami określonymi polskim prawem [USTAWA 2001 z późn. zmianami; ROZPORZĄDZENIE 2002a].

Celem niniejszej pracy było określenie możliwej do zastosowania dawki osadów ściekowych, wykorzystanych do ukształtowania warstwy próchnicotwórczej na powierzchni składowiska odpadów przewidzianego do rekultywacji. W analizie uwzględniono zawartość metali ciężkich w badanych osadach jako czynnik najbardziej ograniczający wielkość dawki, a tym samym miąższość ukształtowanej warstwy próchnicotwórczej.

Material i metody

Badaniami i analizą objęto osady ściekowe pochodzące z 3 mechaniczno – biologicznych oczyszczalni ścieków na terenie Międzyodrza w Szczecinie, Oczyszczalni Ścieków Tele-Fonika Kable S.A. Oddziału w Szczecinie („Załom”), oraz Oczyszczalni Ścieków w Elektrowni „Dolna Odra” w Nowym Czarnowie.

Osady ściekowe poddano badaniom w latach 2004–2005 z częstotliwością wynikającą z obsługiwanej równoważnej liczby mieszkańców. Zakres wykonanych analiz obejmował określenie właściwości fizykochemicznych osadów (zawartość suchej masy, substancji organicznej, pH) zawartości makroelementów oraz metali ciężkich (Cd, Cr, Pb, Ni, Zn, Cu, Hg). Analizy wykonano metodami referencyjnymi, zgodnymi z rozporządzeniem Ministra Środowiska, dotyczącym komunalnych osadów ściekowych [ROZPORZĄDZENIE 2002a].

Na podstawie uzyskanych średnich zawartości metali ciężkich w osadach, dla poszczególnych oczyszczalni, określono ograniczenie wielkości maksymalnej dawki osadów, przy założeniu jednokrotnego zastosowania osadów, w dawce nieprzekraczającej 200 Mg s.m. osadów na 1 ha powierzchni składowiska odpadów. Limitację dawki określono na podstawie maksymalnych ładunków metali ciężkich, jakie mogą być wprowadzone do gleby w okresie 10 lat, przy wykorzystaniu osadów ściekowych na cele rekultywacyjne. Ładunki te [ROZPORZĄDZENIE 2002a] wynoszą odpowiednio:

Cd	– 20 g·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹ ;
Cr	– 1000 g·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹ ;
Pb	– 1000 g·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹ ;
Ni	– 200 g·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹ ;
Zn	– 5000 g·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹ ;
Cu	– 1600 g·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹ ;
Hg	– 10 g·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹ .

Na podstawie obliczonej dawki (ograniczonej zawartości metali ciężkich dla poszczególnych osadów), uwzględniając ich ciężar objętościowy (0,9 Mg św. masy osadów na m³), obliczono możliwą do uzyskania miąższość warstwy próchnicotwórczej.

Wyniki i dyskusja

Powszechnie wiadomo, że osady ze ścieków komunalnych są bogatym źródłem składników pokarmowych dla roślin oraz wykazują bardzo skuteczne działanie glebotwórcze. Osady wprowadzane do wierzchniej warstwy bezglebowego gruntu nadają tej warstwie biologiczną aktywność, często niewiele różniącą się od

właściwości mikrobiologicznych gleb uprawnych dobrej jakości [MAZUR, WOJTAŚ 1993, MAZUR 1996; KRZYWY, WOŁOSZYK 1996; SIUTA 1996; JĘDRZAK 1998]. O glebotwórczej i nawozowej wartości komunalnych osadów ściekowych decyduje w pierwszym rzędzie znaczna zawartość substancji organicznej, azotu i fosforu [MAZUR 1996; KRZYWY, WOŁOSZYK 1996].

Tabela 1; Table 1

Podstawowe właściwości osadów
Basic properties of sewage sludge

Oczyszczalnia ścieków Wastewater treatment plant	Podstawowe właściwości Basic properties			
	N (%)	P (%)	zaw. subst. org. (%) concentration of organic matter (%)	pH
„Międzyodrze”	4,5	2	61,6	6,86
„Załom”	3,9	1,9	72,2	7,03
„Dolna Odra”	1,2	0,4	30,6	6,97

W przebadanych osadach ściekowych z trzech komunalnych oczyszczalni ścieków („Międzyodrze”, „Załom”, „Dolna Odra”) obserwowano zróżnicowaną zawartość podstawowych składników pokarmowych (tab. 1). Osadem charakteryzującym się najwyższą zawartością N, P był ustabilizowany osad pochodzący z Oczyszczalni Ścieków „Międzyodrze”. Zawartość azotu kształtowała się na poziomie 4,5%, a fosforu – 2%. Osadem, w którym stwierdzono niższe zawartości makroelementów (N – 1,2%, P – 0,4%) był osad pochodzący z mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków „Dolna Odra”. Niewątpliwym walorem osadów jest znaczna zawartość substancji organicznej sprzyjająca tworzeniu się glebotwórczej warstwy rekultywacyjnej. Wyjątek stanowią osady z „Dolnej Odry”, gdzie oczyszczalnia ujmując także ściek technologiczny wstępnie oczyszczany chemicznie.

Tabela 2; Table 2

Średnia zawartość metali ciężkich w badanych osadach ściekowych
Mean concentration of heavy metals in the studied sewage sludge

Oczyszczalnia ścieków Wastewater treatment plant	Metale ciężkie (mg·kg ⁻¹ s.m.) Heavy metals (mg·kg ⁻¹ DM)						
	Cd	Cr	Pb	Ni	Zn	Cu	Hg
„Międzyodrze”	5,20	59,4	170,7	38,6	1611,5	294,6	7,0
„Załom”	2,84	39,0	233,4	21,1	1180,3	500,1	0,8
„Dolna Odra”	1,43	44,0	63,9	31,5	446,0	133,6	5,1

Przy stosowaniu odwodnionych osadów ściekowych do rekultywacji składowisk odpadów komunalnych warunkiem ich wykorzystania staje się zawartość metali ciężkich i związany z nią ładunek tych metali wnoszony z każdą toną osadu. Analizowane osady ściekowe charakteryzowały się znacznym zróżnicowaniem zawartości metali ciężkich (tab. 2). Osadem najbardziej obciążonym metalami ciężkimi okazał się osad z mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków na terenie

Międyodrza w Szczecinie. Stwierdzono w nim najwyższe zawartości kadmu, chromu, niklu, cynku oraz rtęci. Jedynie zawartość ołowiu kształtowała się na niższym poziomie niż zawartość tego metalu w osadach pochodzących z Oczyszczalni Ścieków Tele-Fonika Kable S.A. Oddział Szczecin („Załom”), gdzie stwierdzona zawartość tego pierwiastka wynosiła ponad 233 mg·kg⁻¹ s.m. Najmniej obciążony limitowanymi metalami ciężkimi okazał się osad ściekowy pochodzący z mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków „Dolna Odra”, w którym stwierdzona zawartość limitowanych pierwiastków (Cd, Cr, Pb, Ni, Zn, Cu, Hg) pozwala na wykorzystanie go w rolnictwie [ROZPORZĄDZENIE 2002a].

Według wytycznych prawnych [ROZPORZĄDZENIE 2002a] przy stosowaniu osadów na cele rekultywacyjne nie można przekroczyć dawki 200 ton s.m. osadu ściekowego na 1 ha rekultywowanego obszaru. Jednak ilość ta może być znacznie ograniczona ładunkiem metali ciężkich. Metalem najsilniej ograniczającym rekultywacyjne wykorzystanie badanych komunalnych osadów ściekowych pochodzących z oczyszczalni w Międzyodrze i Elektrowni „Dolna Odra” okazała się rtęć, natomiast rekultywacyjne wykorzystanie ustabilizowanych osadów ściekowych z Oczyszczalni „Załom” najsilniej ograniczała wysoka zawartość miedzi (tab. 3).

Tabela 3; Table 3

Maksymalne dawki badanych osadów ściekowych ograniczone zawartością metali ciężkich [ROZPORZĄDZENIE 2002a]

Maximum doses of the studied sewage sludge limited by the concentration of heavy metals [ROZPORZĄDZENIE 2002a]

Limitowany metal ciężki Limiting heavy metal	Cd	Cr	Pb	Ni	Zn	Cu	Hg
Ładunek dopuszczalny (kg·ha ⁻¹ ·10 lat ⁻¹) Admissible load (kg·ha ⁻¹ ·10 years ⁻¹)	20	1000	1000	200	5000	1600	10
Dopuszczalne jednorazowe dawki osadów ściekowych ograniczone zawartością metali ciężkich (Mg s.m. osadów·ha ⁻¹ ·10 lat ⁻¹); Admissible doses of sewage sludge limited by the concentration of heavy metals (Mg DM sewage sludge·ha ⁻¹ ·10 years ⁻¹)							
„Międzyodrze”	38,5	168,4	58,6	51,8	31,0	54,3	14,3*
„Załom”	70,4	256,4	42,8	94,8	42,4	32,0*	126,6
„Dolna Odra”	139,9	227,2	156,6	63,5	112,1	119,8	19,6*

* dawka limitująca wykorzystanie komunalnych osadów ściekowych; limiting doses of municipal sewage sludge used in recultivation

Zawartość metali ciężkich w badanych osadach ograniczała wielkość dopuszczalnej do zastosowania dawki tych osadów z przeznaczeniem ich na cele rekultywacyjne. W dwóch z badanych osadów („Międzyodrze”, „Dolna Odra”) metalem ograniczającym dawkę rekultywacyjną osadów była rtęć, której zawartość na poziomie kilku mg w kg s.m. osadów, pozwala na zastosowanie osadów w ilości niespełna 1/10 dawki dopuszczalnej. Przy wykorzystywaniu osadów z Międzyodrze do ukształtowania warstwy próchnicotwórczej można wykorzystać jedynie 14,3 Mg s.m.·ha⁻¹·10 lat⁻¹. Podobne ograniczenie dotyczy komunalnych osadów z „Dolnej Odry”, w których zawartość rtęci stwierdzona na poziomie 5 mg w kg s.m. umożliwia wykorzystanie, w dawce jednorazowej (średnio na 10 lat),

jedynie 19,6 Mg s.m. osadów·ha⁻¹. W przypadku komunalnych osadów ściekowych z „Załomia”, w których metalem ograniczającym ich rekultywacyjne wykorzystanie była miedź, do ukształtowania warstwy próchnicotwórczej na rekultywowanych składowiskach odpadów komunalnych można wykorzystać ponad sześć razy mniejszą dawkę od dopuszczalnej (32 Mg·ha⁻¹·rok⁻¹).

Dysponując znacznie obniżonymi ilościami osadów ściekowych, jednocześnie zmniejsza się miąższość warstwy próchnicotwórczej, do utworzenia której wykorzystane mają być komunalne osady ściekowe. Do utworzenia jednocentymetrowej warstwy rekultywacyjnej należy nanieść na 1 ha ok. 100 m³ osadu komunalnego, spełniającego wymagania określone rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie komunalnych osadów ściekowych [ROZPORZĄDZENIE 2002a]. Scharakteryzowane wyżej dopuszczalne dawki osadów ściekowych, jakie mogą być wykorzystane do rekultywacji, pozwoliłyby na utworzenie na 1 ha rekultywowanego obiektu warstwy o miąższości odpowiednio dla osadów komunalnych z „Międzyodrza” – 0,53 cm, z „Załomia” – 1,18 cm oraz z „Dolnej Odry” – 0,73 cm.

Jak podaje SIUTA [1999], najbardziej odpowiednią miąższością warstwy próchnicotwórczej, która gwarantuje prawidłowy rozwój roślinności na rekultywowanym terenie, jest warstwa 5 cm. W przypadku przebadanych komunalnych osadów ściekowych, silne ograniczenie ilości możliwych do wprowadzenia osadów, na skutek wysokich zawartości metali ciężkich, nie pozwala na ukształtowanie warstwy próchnicotwórczej, gwarantującej stworzenie dogodnych warunków do rozwoju roślinności.

Wnioski

1. Komunalne osady ściekowe stanowią cenny materiał nawozowy przy kształtowaniu warstwy próchnicotwórczej na rekultywowanych składowiskach odpadów komunalnych przede wszystkim ze względu na wysoką zawartość składników pokarmowych oraz zawartość (30–70%) substancji organicznej.
2. Czynnikiem najbardziej ograniczającym rekultywacyjne wykorzystanie badanych osadów ściekowych okazała się wysoka zawartość rtęci („Międzyodrze”, „Dolna Odra”) oraz miedzi („Załom”), co pozwala na zastosowanie osadów w ilości około 1/10 dawki dopuszczalnej.
3. Możliwa do zastosowania w celach rekultywacyjnych dawka osadów pochodząca z badanych oczyszczalni ścieków („Międzyodrze”, „Załom”, „Dolna Odra”) jest niewystarczająca do ukształtowania próchnicotwórczej warstwy rekultywacyjnej.

Literatura

JĘDRCZAK A. 1998. Nawożenie gruntów osadami ściekowymi. Przegląd Komunalny 5: 58–63.

KPGO 2003. Krajowy Plan Gospodarki Odpadami. Uchwała RM nr 219 Rady Ministrów z dnia 29 października 2002 r. w sprawie krajowego planu gospodarki odpadami. M.P. 2003 nr 11, poz. 159.

- KRZYWY E., WOŁOSZYK CZ. 1996.** *Charakterystyka chemiczna i możliwości wykorzystania do produkcji kompostów z osadów ściekowych z miejskich oczyszczalni ścieków.* Zesz. Nauk. AR w Szczecinie 172, Rolnictwo 62: 256–271.
- MAZUR T. 1996.** *Rozważania o wartości nawozowej osadów ściekowych.* Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol. 473: 13–22.
- MAZUR T., WOJTAŚ A. 1993.** *Charakterystyka chemiczno-rolnicza osadów ściekowych miasta Olsztyna.* Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 409: 9–12.
- NASTAJ S. 1999.** *Wykorzystanie kompostów i innych materiałów organicznych w procesie utylizacji osadów ściekowych.* Mat. konf. nauk-tech. „Kompostowanie i użytkowanie kompostu”. Puławy-Warszawa, 16–18 VI 1999: 211–214.
- ROZPORZĄDZENIE 2002a.** *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 sierpnia 2002 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych.* Dz.U. 02.134.1140 z dnia 27 sierpnia 2002 r.
- ROZPORZĄDZENIE 2002b.** *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2002 r. w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów.* Dz.U. 02.220.1858 z dnia 19 grudnia 2002 r.
- SIUTA J. 1996.** *Rekultywacyjne użytkowanie osadów ściekowych.* Konferencja Politechniki Częstochowskiej „Wykorzystanie osadów ściekowych – Techniczne i prawne uwarunkowania”. Częstochowa, 3–5 II 1996: 209–219.
- SIUTA J. 1999.** *Sposoby przyrodniczego użytkowania osadów ściekowych.* III Konf. Nauk.-Techn. „Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych”. Świnoujście, 9–11 VI 1999: 7–20.
- URBANIAK M. 1997.** *Przerób i wykorzystanie osadów ze ścieków komunalnych.* Wyd. Ekoinżynieria, Lublin – Łódź.
- USTAWA 2001.** *Ustawa o odpadach z dnia 27 kwietnia 2001 roku.* Dz.U. Nr 62, poz. 628.

Słowa kluczowe: metale ciężkie, osady ściekowe, rekultywacja składowisk odpadów

Streszczenie

Wśród możliwych do zastosowania w rekultywacji zamkniętych składowisk odpadów komunalnych materiałów najbardziej dostępnym, a jednocześnie wartościowym są komunalne osady ściekowe. Celem niniejszej pracy było określenie możliwej do zastosowania dawki osadów ściekowych, wykorzystanych do ukształtowania warstwy próchnicotwórczej. W analizie uwzględniono zawartość metali ciężkich w badanych osadach jako czynnika najsilniej ograniczającego wielkość dawki, a jednocześnie miąższość ukształtowanej warstwy próchnicotwórczej. Badaniami i analizą objęto osady ściekowe pochodzące z 3 mechaniczno-biologicznych oczyszczalni ścieków na terenie Międzyodrza w Szczecinie, Oczyszczalni Ścieków Tele-Fonika Kable S.A. (Oddział w Szczecinie – „Załam”) oraz Oczyszczalni Ścieków w Elektrowni „Dolna Odra” w Nowym Czarnowie. Po przeprowadzonych badaniach stwierdzono, że czynnikiem najbardziej ograniczającym rekultywacyjne wykorzystanie badanych osadów ściekowych okazała się wysoka w nich zawartość rtęci („Międzyodrze”, „Dolna Odra”) oraz miedzi („Załam”), co poz-

wała na zastosowanie osadów w ilości niespełna 1/10 dawki dopuszczalnej. Stwierdzono także, iż możliwa do zastosowania w celach rekultywacyjnych dawka osadów jest niewystarczająca do ukształtowania dobrej próchnicotwórczej warstwy rekultywacyjnej.

THE USE OF SEWAGE SLUDGE TO FORMING OF HUMUS LAYERS IN RECULTIVATION OF THE MUNICIPAL LANDFILL DUMP

Elżbieta Koselska, Anna Kiepas-Kokot

Department of Environmental Protection and Management,
Agricultural University, Szczecin

Key words: heavy metals, sewage sludge, recultivation, landfill dump

Summary

Among the materials possible to be applied in recultivation of the municipal landfill dump, the most available and simultaneously valuable are the municipal sewage sludges. The study estimated different possible doses of sewage sludge used for forming organic layer (humus horizon) in the municipal landfill dump. The analysis considered the concentration of heavy metals as a factor strongest limiting the amount of dose and thickness of formed organic layer. The research and analysis included the sewage sludge from three municipal sewage treatment plants – „Międzyodrze” in Szczecin, Tele-Fonika Kable S.A. Szczecin („Załom”), and „Dolna Odra” Power Plant in Nowe Czarnowo. The research showed that strongest factors limiting the use of studied sewage sludges for recultivation were high concentrations of mercury („Międzyodrze”, „Dolna Odra”) and copper („Załom”). They allowed forming of organic layer on the municipal landfill dump at the use of 1/10 admissible dose of the sewage sludge. It was also stated that the dose of sewage sludge acceptable to application in recultivation purposes is not sufficient shaping good organic layer on municipal landfill dump.

Dr inż Anna **Kiepas-Kokot**
Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska
Akademia Rolnicza
ul. Słowackiego 17
71-434 SZCZECIN