

JAKUB KOSTECKI \*, SYLWIA MYSZOGRAJ \*\*

**ZAWARTOŚĆ METALI CIĘŻKICH W GLEBACH  
NA PLANTACJI WIERZBY ENERGETYCZNEJ  
NAWOŻONEJ OSADAMI ŚCIEKOWYMI**

**Słowa kluczowe:** osady ściekowe, *Salix viminalis*, metale ciężkie

*S t r e s z c z e n i e*

*W pracy przedstawiono wyniki monitoringu prowadzonego na plantacji wierzby energetycznej (*Salix viminalis*) nawożonej osadami ściekowymi z oczyszczalni ścieków w Sulechowie. W artykule przedstawiono zmiany zawartości metali ciężkich w glebach, w próbach pobieranych w 2005 roku. Dokonano porównania stanu rzeczywistego z prognozowanym.*

**Wprowadzenie**

Ilość powstających osadów uzależniona jest od zawartości zanieczyszczeń w ściekach, przyjętej i realizowanej technologii oczyszczania oraz stopnia rozkładu substancji organicznych w procesie stabilizacji. W 2004 r. w 2875 komunalnych oczyszczalniach ścieków, obsługujących blisko 60% ludności Polski, powstało ponad 476 tys. Mg osadów w przeliczeniu na suchą masę. Zgodnie z polityką ekologiczną ilość oczyszczanych w Polsce ścieków systematycznie wzrasta, co łączy się z dynamiczną rozbudową sieci kanalizacyjnej (ok. 5 tys. km rocznie w latach 2000-2004). W 2004 roku (podobnie jak w latach poprzednich), dominującym kierunkiem zagospodarowania osadów było ich unieszkodliwianie poprzez składowanie. Ponad 41% wytworzonych osadów składowano ze względów ekonomicznych bądź z powodu braku możliwości skierowania ich do odpowiednich instalacji (kompostowania lub termicznego przekształcania). Przekroczenia dopuszczalnych parametrów jakościowych tych osadów, często wykluczały bądź ograniczały możliwość ich wykorzystania rolniczego lub do rekultywacji. Przyrodnicze wykorzystanie osadów kształtowało się na poziomie 36,6%, a tylko 3,7% ich ilości było przekształcane termicznie.

---

\* absolwent Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska

\*\* Uniwersytet Zielonogórski; Instytut Inżynierii Środowiska; Zakład Technologii Wody, Ścieków i Odpadów

Zgodnie z KPOŚK podstawowe cele w gospodarce komunalnymi osadami ściekowymi w perspektywie do roku 2018 są następujące:

- całkowite ograniczenie składowania osadów ściekowych,
- zwiększenie ilości komunalnych osadów ściekowych przetwarzanych przed wprowadzeniem do środowiska oraz osadów przekształcanych metodami termicznymi,
- maksymalizacja stopnia wykorzystania substancji biogennej zawartych w osadach przy jednoczesnym spełnieniu wszystkich wymogów dotyczących bezpieczeństwa sanitarnego i chemicznego.

Zgodnie z perspektywą preferowanym kierunkiem postępowania z osadami ściekowymi będzie ich termiczne przekształcanie. Ilość osadów kompostowanych może wynosić do 20% (obecnie 7,5%) ich całkowitej masy wytwarzanej w kraju. Kolejnym zalecanym kierunkiem będzie przyrodnicze wykorzystanie osadów. Zakłada się, że bezpośrednio wykorzystanie komunalnych osadów ściekowych w rolnictwie zmaleje do 12% wytwarzanej masy. Osiągnięcie założonych celów w zakresie gospodarowania komunalnymi osadami ściekowymi wymaga uwzględnienia zagadnień właściwego zagospodarowania komunalnych osadów ściekowych w trakcie prowadzenia inwestycji w zakresie budowy lub modernizacji oczyszczalni ścieków oraz kontroli jakości i ilości stosowanych komunalnych osadów ściekowych.

Przyrodnicze zagospodarowanie osadów ściekowych jest metodą pozwalającą wykorzystać ich właściwości nawozowe. Wnoszenie do gleby składników zgromadzonych w osadach ściekowych jest właściwe nie tylko z gospodarczego punktu widzenia, lecz także niezbędne do zachowania i odtwarzania ekologicznej równowagi. Osady ściekowe stanowią doskonałe źródło pierwiastków biogennej oraz mikro- i makroelementów niezbędnych dla wzrostu i rozwoju roślin. Przyrodnicze stosowanie osadów ściekowych jest naturalnym sposobem ich unieszkodliwienia prowadzącym do zamknięcia obiegu pierwiastków w przyrodzie; dotyczy to zwłaszcza azotu i fosforu. Poza tym zawarta w osadzie materia organiczna ulegająca humifikacji przyczynia się do poprawy właściwości powietrzno-wodnych w glebie, zwiększa jej właściwości sorpcyjne, tworzy strukturę gruzełkową oraz przyczynia się do intensyfikacji życia biologicznego.

Dawka osadów ściekowych stosowanych do nawożenia jest ściśle normowana ze względu na zawartość w nich m.in. metali ciężkich. Nie ogólna zawartość metali ciężkich, a zawartość łatwo rozpuszczalnych form tych metali jest jednak dostateczną miarą zagrożenia roślin i gleby nawożonej ściekami. Duże znaczenie ma również intensywność wprowadzania osadów ściekowych do środowiska - jednorazowo, czy stopniowo. W surowych osadach ściekowych metale ciężkie występują w formie rozpuszczonej, a więc i bardziej dostępnej dla roślin, niż po zaabsorbowaniu ich przez glebę [Greinert i Greinert 1999].

Wśród metali ciężkich znajdują się zarówno te wykorzystywane przez rośliny jako składniki pokarmowe, jak i składniki toksyczne dla środowiska. Do najbardziej szkodliwych zalicza się: kadm, ołów, rtęć, również nadmierna zawartość cynku i miedzi jest niepożądana [Bień i in. 1998].

Metody przyrodniczego wykorzystania osadów ściekowych charakteryzują się niskimi kosztami, jednak ich zastosowanie wiąże się z ograniczeniami wynikającymi ze składu chemicznego i sanitarnego osadów. Poza tym osady wytwarzane są przez okres całego roku, a dostępność gruntów do ich stosowania jest okresowa. Wymaga to odpowiedniego systemu magazynowania osadów i odpowiedniej liczby odbiorców. Dlatego decyzja o przyrodniczym wykorzystaniu osadów ściekowych musi być poprzedzona wnikliwą analizą wielu czynników technicznych, ekonomicznych i ekologicznych (uwodnienie, zawartość składników nawozowych, stan sanitarny, koszty przetwarzania i transportu produktów oraz względy estetyczne).

### **Charakterystyka terenu badań**

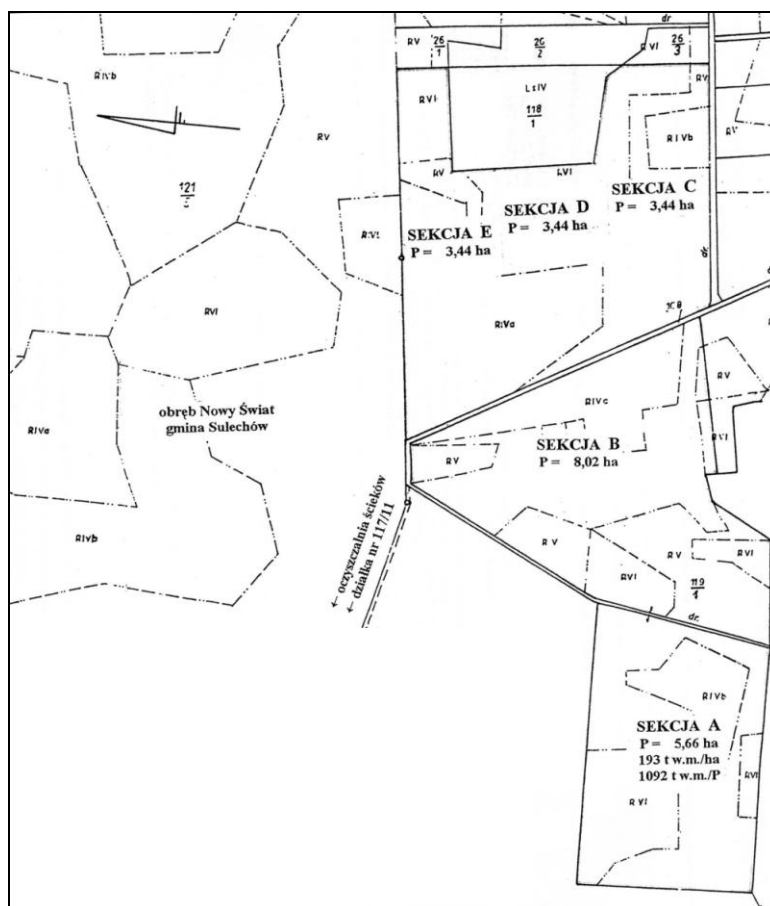
W 1999 r. podjęto decyzję o przyrodniczym użytkowaniu osadów ściekowych powstających w mechaniczno-biologicznej oczyszczalni w Sulechowie, zaprojektowanej na przyjęcie ścieków bytowo-gospodarczych i przemysłowych od 26500 OLM. Ilość osadów ściekowych w oczyszczalni ścieków w Sulechowie wynosiła w 2000 roku 420 ton s.m., w roku 2005 już 669 ton s.m., a do roku 2010 produkcja osadów ściekowych ma wzrosnąć blisko dwukrotnie.

Odwodnione osady ściekowe po higienizacji wapnem wykorzystywane są do zagospodarowania gruntów od niskiej do średniej bonitacji, na plantacje wierzby energetycznej (*Salix Viminalis*). Zagospodarowanie działek o powierzchni 24 ha na plantacje wierzby energetycznej zaplanowano sekcjami (od A do E), wynikającymi z badań właściwości powierzchniowej warstwy gleb.

W oparciu o charakterystykę gleb ustalono programowe dawki osadów ściekowych wynoszące od 88 do 94 ton s.m./ha. Nasadzenie wierzby odbywało się kolejno w latach 2002 (sekcja B), 2004 (sekcja D), 2005 (sekcja E – rys.1). Do założenia plantacji użyto sztorb (40 cm) wierzby wiciowej odmiany skandy-nawskiej klonów marzęcińskich.

Tab. 1. Właściwości powierzchniowej warstwy gleb na gruntach przed zaszczepieniem sadzonek wierzby energetycznej

wskaźnik	jednostka	Sekcja A	Sekcja B	Sekcja C	Sekcja D	Sekcja E
pH <sub>KCl</sub>	-	6,7	6,5	7,0	6,7	6,9
ołów	mg/kg s.m.	15,19	16,24	13,21	14,52	9,66
kadm	mg/kg s.m.	0,12	0,10	0,17	0,13	0,09
chrom	mg/kg s.m.	5,25	4,82	3,19	4,91	6,22
miedź	mg/kg s.m.	5,36	6,04	5,39	6,32	7,21
nikiel	mg/kg s.m.	3,20	5,02	4,78	3,97	4,02
rtęć	mg/kg s.m.	0,043	0,051	0,060	0,054	0,069
cynk	mg/kg s.m.	37,24	48,80	36,63	40,34	44,25



Rys. 1. Plantacja wierzby energetycznej w Sulechowie – podział na sekcje

Na podstawie wyników badań stwierdzono przydatność osadów ściekowych do przyrodniczego użytkowania w rolnictwie oraz do rekultywacji gruntów na potrzeby rolnicze i nierolnicze, ponieważ spełniają one kryteria dopuszczalnych zawartości metali ciężkich, żywych jaj pasożytów jelitowych ATT i bakterii rodzaju *Salmonella* w osadach ściekowych przeznaczonych do stosowania w rolnictwie – Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 sierpnia 2002 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych (Dz. U. Nr 134, poz. 1140).

### **Zakres monitoringu plantacji *Salix viminalis***

Metodę poboru prób materiału glebowego przyjęto zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 1 sierpnia 2002 roku w sprawie komunalnych osadów ściekowych (Dz.U. 2002 nr 134 poz. 1140). Z głębokości 25 cm badanej gleby, pobrano 25 prób indywidualnych z punktów regularnie rozmieszczonych na powierzchni plantacji (obszar nie przekraczający 5 ha), następnie wymieszano wszystkie próbki i pobrano jedną próbkę reprezentatywną. Powietrznie suche próbki, pobrane w oparciu o zmiany sezonowe, poddano analizie fizyczno-chemicznej. Zakres badań gleb obejmował m.in.: pH, suchą masę, suchą masę organiczną, ołów, kadm, nikiel, cynk, miedź, chrom, sód, potas, azot ogólny oraz fosfor ogólny.

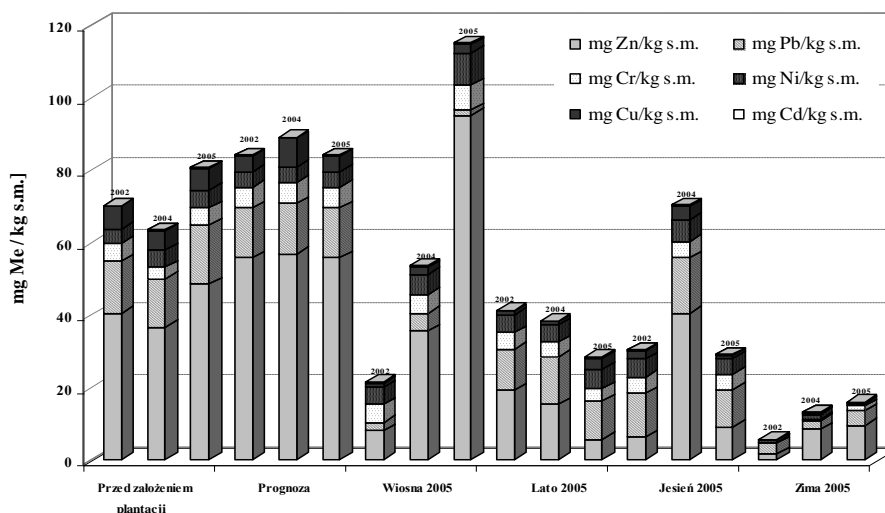
### **Wyniki**

Zawartość metali ciężkich w glebie przed nawożeniem osadem ściekowym, prognozę oraz wartości stwierdzone podczas badań przeprowadzonych w 2005 roku przedstawiono na rys. 2. Zawartość kadmu w glebach wszystkich plantacji była wyższa od założonej w prognozie (w glebie plantacji z 2002 roku o 0,1 mg/kg s.m., w glebach pozostałych plantacji o 0,14 mg/kg s.m.).

Na plantacjach z 2004 i 2005 roku zawartość niklu przekroczyła wartość prognozowaną kolejno o 0,09 i 0,44 mg/kg s.m. W glebach plantacji z 2002 roku stężenie niklu w okresie wiosna – jesień utrzymywało się na poziomie 4,81-5,04 mg/kg s.m., zimą spadło do 0,52 mg/kg s.m. W glebach plantacji z 2004 roku zawartość niklu wynosiła wiosną 5,71 mg/kg s.m., latem spadła do 4,57 mg/kg s.m., a jesienią wzrosła do 6,07 mg/kg s.m. Zimą zawartość niklu dla tej plantacji wynosiła 1,4 mg/kg s.m. Zawartość niklu w glebach plantacji z 2005 roku była najwyższa wiosną 8,87 mg/kg s.m. i zmalała do zimy do 0,75 mg/kg s.m.

Zawartość miedzi w glebach wszystkich plantacji wykazała dużą nierównomierność w okresie wegetacyjnym. Była dużo niższa od zawartości oznaczonej

przed założeniem plantacji oraz wartości prognozowanej. Zawartość miedzi w glebie plantacji z 2002 roku rosła od wiosny (1,17 mg/kg s.m.) do jesieni; zimą wynosiła 2,22 mg/kg s.m. W glebie plantacji z 2004 roku zawartość miedzi była najwyższą jesienią (3,56 mg/kg s.m.), zimą wynosiła już tylko 0,31 mg/kg s.m. Wiosną (1,83 mg/kg s.m.) miedzi było więcej niż latem (1,05 mg/kg s.m.). W glebie plantacji z 2005 roku stwierdzono wiosną stężenie miedzi równe 2,43 mg/kg s.m., latem 2,99 mg/kg s.m., jesienią zawartość miedzi zmniejszyła się do 0,87 mg/kg s.m., zimą do 0,08 mg/kg s.m.



Rys. 2. Zmiany zawartości metali ciężkich w glebie

Zawartość chromu w glebach była niższa niż zakładano w prognozie. W glebach plantacji z 2002 roku zawartość chromu malała od wiosny (4,84 mg/kg s.m.) do zimy (0,3 mg/kg s.m.). Podobne zależności stwierdzono dla plantacji z 2004 roku, gdzie stężenie chromu wynosiło wiosną 5,07 mg/kg s.m., a zimą 0,35 mg/kg s.m., jesienią 4,57 mg/kg s.m. i latem 4,17 mg/kg s.m. W glebie plantacji z 2005 roku mniej chromu było latem (3,53 mg/kg s.m.) niż jesienią (4,3 mg/kg s.m.), gdy od wiosny (6,86 mg/kg s.m.) do zimy (1,28 mg/kg s.m.) jego zawartość malała.

Prognozowana w glebach ilość cynku była wyższa od wartości oznaczonej w badaniach monitoringowych. W glebie plantacji z 2002 roku zawartość cynku wynosiła wiosną 7,9 mg/kg s.m. Latem wartość ta wzrosła do 19,15 mg/kg s.m., malała jesienią (6,08 mg/kg s.m.) i zimą (1,52 mg/kg s.m.). W glebie plantacji z 2004 roku najwięcej cynku stwierdzono jesienią (40,51 mg/kg s.m.), nieco mniej wiosną (35,42 mg/kg s.m.). Latem zawartość cynku wynosiła 15,19 mg/kg s.m., a zimą 8,22 mg/kg s.m. Najwyższą koncentrację cynku stwierdzono

w glebie plantacji z 2005 roku wiosną (95,16 mg/kg s.m.), najmniejszą latem (5,46 mg/kg s.m.). Jesienią i zimą wartości były zbliżone (odpowiednio 9,01 i 9,38 mg/kg s.m.)

Zawartość ołowiu w badanych glebach była zbliżona do wartości prognozowanej w okresie lato - jesień. We wszystkich plantacjach zawartość ołowiu zmieniała się podobnie. Wiosną zawartość ołowiu była niska (odpowiednio dla plantacji z 2002, 2004 i 2005 roku: 2,42 mg, 5,03 mg i 1,4 mg/kg s.m.) rosła latem i jesienią (odpowiednio: 11,28 mg, 13,17 mg, 10,61 mg/kg s.m. latem oraz 12,09 mg, 15,15 mg i 10,24 mg/kg s.m. jesienią), a zimą ponownie zmalała (2,87 mg, 2,51 mg, 4,12 mg/kg s.m.).

### Wnioski

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań monitoringowych można sformułować następujące wnioski:

- 1) Skład osadu z oczyszczalni ścieków w Sulechowie umożliwia jego przyrodnicze wykorzystanie bez negatywnego wpływu na środowisko. W okresie planowanej inwestycji nie zostaną przekroczone (na podstawie prognozy) graniczne zawartości poszczególnych pierwiastków w glebie.
- 2) Sezonowe zmiany zawartości metali ciężkich są ściśle związane ze zmianą pH gleb oraz ich wilgotnością, co z kolei przekłada się na aktywność mikrobiologiczną i dostępność mikro oraz makroelementów. Największe wartości stężeń stwierdzono dla cynku i ołowiu, następnie chromu i niklu, i kolejno miedzi i kadmu.
- 3) Stężenia większości metali ciężkich w glebach były mniejsze od stężeń prognozowanych (dla miedzi od 4,7 do 8,6 razy, dla ołowiu od 1,6 do 2,1 razy, cynku od 1,9 do 6,4 razy oraz chromu od 1,5 do 1,6 razy).
- 4) Suma metali ciężkich w glebie plantacji z 2005 roku nieznacznie przekraczała wiosną zawartość prognozowaną, do czego prawdopodobnie przyczyniło się występowanie pierwiastków w formach niedostępnych jeszcze dla roślin i mikroorganizmów glebowych, a także młody wiek plantacji (mały przyrost biomasy, akumulacja pierwiastków w roślinach). Dla pozostałych plantacji średnia roczna z sumy metali ciężkich dla wykonanych w 2005 roku analiz gleb stanowiła 50% wartości prognozowanej.

### Literatura

1. BIEŃ J.B., BIEŃ J.D., WYSTALSKA K.: *Problemy gospodarki osadowej w ochronie środowiska*. Wyd. Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 1998
2. GREINERT H.: *Ochrona gleb*. Wyd. Politechniki Zielonogórskiej, Zielona Góra 1998
3. GREINERT H., GREINERT A.: *Ochrona i rekultywacja środowiska glebowego*. Wyd. Politechniki Zielonogórskiej, Zielona Góra 1999
4. MYSZOGRAJ S., KOSTECKI J.: *Wyniki monitoringu plantacji wierzby energetycznej nawożonej osadami ściekowymi z sulechowskiej oczyszczalni ścieków*. *Natura* z. 13, s. 43-50, 2006
5. GEOSAN s.c. Zakład Ochrony Środowiska i Projektowania: *Program utylizacji osadu oczyszczalni ścieków w Sulechowie na gruntach przyległych przeznaczonych do zagospodarowania na plantacje wierzby energetycznej*. Warszawa 2000
6. *Krajowy plan gospodarki odpadami 2010* (projekt) – lipiec 2006 r.
7. *Krajowy Program Oczyszczania Ścieków Komunalnych*, Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2003; aktualizacja, maj 2005

### CONTENT OF HEAVY METALS IN SOILS FERTILIZED WITH SEWAGE SLUDGE ON *SALIX VIMINALIS* CULTIVATION

**Keywords:** sewage sludge, *Salix viminalis*, heavy metals

#### S u m m a r y

*We presented results of control on field with *Salix viminalis* which has been fertilized with sludge from sewage treatment plant in Sulechów. In article we showed changes of heavy metals contents in soils samples which has been collected in 2005, including seasons of the year. We also compared real conditions with forecasts.*