

Marek Ryczek*, Krzysztof Boroń*, Sławomir Klatka*, Ewelina Zając*

WPLYW DAWKI OSADÓW ŚCIEKOWYCH NA WŁAŚCIWOŚCI WODNE I FIZYCZNE WYBRANYCH ODPADÓW PRZEMYSŁOWYCH

THE INFLUENCE OF SEWAGE SLUDGES DOSE ON WATER AND PHYSICAL PROPERTIES OF INDUSTRIAL WASTE

Słowa kluczowe: odpady przemysłowe, osad ściekowy, właściwości fizyczne i wodne.

Key words: industrial waste, sewage sludge, physical and water properties.

The results of investigations on influence of sewage sludge dose on water and physical properties of chosen industrial waste were presented in the work. The examined waste were: metallurgical, from power station, from thermal power plant and chemical. Industrial waste were mixed with sewage sludge in pots in quantities corresponding with: 100 and 200 Mg d.m. · ha⁻¹. The investigations covered physical (bulk density, total porosity) and water (retention storage determined based on water characteristics curves and saturated hydraulic conductivity) properties. The sewage sludge dose level influenced both on physical and water properties of examined waste. Taking into account physical properties the level of dose significantly influenced on their values in case of waste: metallurgical, from power plant and chemical. The level of dose influenced on retention shortage in case of all the investigated waste, similarly as for saturated hydraulic conductivity. For these both properties their values increased when the dose was 200 Mg · ha⁻¹ in comparison to the one of 100 Mg · ha⁻¹.

1. WPROWADZENIE

Jednym z najważniejszych zagrożeń powierzchni ziemi jest degradacja, powodowana koniecznością deponowania różnego rodzaju odpadów poprodukcyjnych, które wpływają negatywnie na wszystkie elementy biotopu. Rozwiązywanie problemu odpa-

* *Dr inż. Marek Ryczek, prof. dr hab. Krzysztof Boroń, dr inż. Sławomir Klatka, dr inż. Ewelina Zając – Katedra Rekultywacji Gleb i Ochrony Torfowisk, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków; kontakt: tel. 12 662 41 36.*

dów polega na poszukiwaniu z jednej strony metod ich zagospodarowania, a z drugiej – metod rekultywacji ich składowisk. Jedną z podstawowych trudności związanych z rekultywacją hałd odpadów wynika z tego, że są one zwykle środowiskiem w ogóle nienadającym się do życia. Podstawą do stworzenia odpowiedniego siedliska dla roślin jest przygotowanie warunków do powstawania gleby. Wymaga to przede wszystkim wzbogacenia podłoża w substancję organiczną. Można do tego użyć osadów ściekowych, będących odpadem, powstającym w wyniku oczyszczania ścieków komunalnych i przemysłowych. Stanowią one poważny problem zarówno dla samych oczyszczalni ścieków, jak i środowiska. Wykorzystanie ich w celu polepszenia właściwości terenów bezglebowych, w tym składowisk odpadów przemysłowych, jest rozwiązaniem najbardziej racjonalnym.

Osady ściekowe są bogate w łatwo przyswajalne składniki nawozowe i intensyfikują procesy glebotwórcze. Mają też zasadniczy wpływ na właściwości wodne i fizyczne odpadów przemysłowych [Oleszkiewicz 1998; Ryczek i in. 2005]. Dawka osadu ściekowego określona w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 1 sierpnia 2002 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych [Rozporządzenie... 2002] jako dopuszczalna do zastosowania w rekultywacji na cele nierolne wynosi 200 Mg s.m. na 1 ha.

Celem pracy było określenie wpływu wielkości dawki osadu ściekowego na właściwości wodne i fizyczne wybranych odpadów przemysłowych.

2. MATERIAŁ I METODA BADAŃ

Zastosowane do badań osady ściekowe pochodziły z poletek osadowych oczyszczalni ścieków w Krakowie-Płaszowie. Miały one konsystencję mazistą, o 60% uwodnieniu. Spełniały warunki rozporządzenia Ministra Środowiska [Rozporządzenie... 2002] dotyczące stosowania ich na cele nierolne.

Próbki odpadów przemysłowych pobrano z 4 osadników. Były to odpady:

- 1) hutnicze, z osadnika w Pleszowie byłej Huty im. Sendzimira,
- 2) z elektrociepłowni Łęg w Krakowie, z osadnika w Mogile,
- 3) z elektrowni, z osadnika w Przezchlebiu koło Gliwic,
- 4) po produkcji sody kaustycznej, z osadników byłych Krakowskich Zakładów Sodowych.

Osady ściekowe zmieszano w wazonach z odpadami przemysłowymi, w ilościach odpowiadających 100 i 200 Mg s.m. na ha. Próbkę do badań z wazonów z osadami ściekowymi oraz z samych osadów były pobierane w 5 powtórzeniach.

Oznaczanymi właściwościami fizycznymi były gęstość objętościowa i porowatość ogólna, a wodnymi – retencja wody łatwo dostępnej oraz przewodnictwo hydrauliczne w strefie pełnego nasycenia.

Gęstość objętościową wyznaczono metodą cylinderkową. Porowatość ogólną (w %) obliczono ze wzoru:

$$P_o = (1 - \rho_o / \rho_s) 100 \quad (1)$$

gdzie:

ρ_o – gęstość objętościowa, $\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$; ρ_s – gęstość fazy stałej, $\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$

Zawartość wody łatwo dostępnej (w cm) obliczono dla warstwy 100 cm, ze wzoru:

$$ZW\text{Ł}D_{100\text{cm}} = (\theta_{2,5} - \theta_{3,2}) \cdot 100 \quad (2)$$

gdzie:

$\theta_{2,5}$ – zawartość wody odpowiadająca $pF=2,5$, $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$

$\theta_{3,2}$ – zawartość wody odpowiadająca $pF=3,2$, $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$

oraz jako zawartość wody łatwo dostępnej (w %) w stosunku do maksymalnej pojemności wodnej:

$$ZW\text{Ł}D = (\theta_{2,5} - \theta_{3,0}) / \theta_s \quad (3)$$

gdzie:

θ_s – zawartość wody w stanie pełnego wysycenia, $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$

Charakterystyczne zawartości wody przy pF 2,5 i 3,2 odczytano z krzywych charakterystyki wodnej, oznaczonych w komorze ciśnieniowej z porowatą płytą ceramiczną [Kowalik 1972].

Przewodnictwo hydrauliczne w strefie pełnego nasycenia oznaczono na podstawie prawa Darcy'ego w aparacie z regulowanym ciśnieniem wody i elektronicznym odczytem jej objętości [Lipka i in. 2006].

Wpływ zastosowanych dawek osadu ściekowego oceniono statystycznie za pomocą testu t-Studenta.

3. WYNIKI BADAŃ

Zwiększenie dawki osadu ściekowego spowodowało zmniejszenie gęstości objętościowej odpadów hutniczych (z 1,35 do 1,21 $\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$) i z elektrociepłowni (z 1,06 do 1,01 $\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$) oraz zwiększenie gęstości objętościowej odpadów z elektrowni (z 0,52 do 0,60 $\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$) i chemicznych (z 0,52 do 0,59 $\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$) (tab. 1). W przypadku odpadów hutniczych, z elektrowni i chemicznych wpływ wielkości dawki okazał się statystycznie istotny.

Tabela 1. Średnie wartości gęstości objętościowej i porowatości ogólnej oraz statystyki t-Studenta badanych odpadów z dodatkiem osadu ściekowego

Table 1. Bulk density and total porosity means and values of the t-Student statistics for investigated waste with sewage sludge

Odpady	Dawka osadu Mg s.m. · ha ⁻¹	$\rho_o, \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$			$P_o, \% \text{ obj.}$		
		x_{sr}	σ	t_{obl}	x_{sr}	σ	t_{obl}
Hutnicze	100	1,35	0,04	3,591*	50,7	1,6	-4,101*
	200	1,21	0,07		58,7	2,9	
Z elektrociepłowni	100	1,06	0,03	2,193	43,0	1,8	-2,003
	200	1,01	0,04		45,6	2,5	
Z elektrowni	100	0,52	0,03	-3,904*	45,6	1,7	5,578*
	200	0,60	0,03		41,4	1,0	
Chemiczne	100	0,52	0,03	-5,916*	69,2	1,1	9,363*
	200	0,59	0,04		61,4	1,7	

Oznaczenia: ρ_o – gęstość objętościowa, P_o – porowatość ogólna, x_{sr} – wartości średnie, σ – odchylenie standardowe, t_{obl} – statystyka t-Studenta, * różnice statystycznie istotne na poziomie 0,05

Zwiększenie dawki osadu ściekowego spowodowało zwiększenie porowatości ogólnej odpadów hutniczych (z 50,7 do 58,7%) i z elektrociepłowni (z 43,0 do 45,6%) oraz zmniejszenie porowatości ogólnej odpadów z elektrowni (z 45,6 do 41,4%) i chemicznych (z 69,2 do 61,4%) (tab. 1). W przypadku odpadów hutniczych, z elektrowni i chemicznych wpływ wielkości dawki okazał się statystycznie istotny.

Zwiększenie dawki osadu ściekowego spowodowało zwiększenie zawartości wody łatwo dostępnej w przeliczeniu na warstwę 100 cm wszystkich badanych odpadów. W przypadku hutniczych – z 20,8 do 23,5 cm, z elektrociepłowni – z 17,8 do 22,6 cm, z elektrowni – z 23,6 do 25,1 cm i chemicznych – z 38,7 do 39,7 cm (tab. 2). W przypadku odpadów hutniczych i z elektrociepłowni wpływ wielkości dawki okazał się statystycznie istotny.

Zwiększenie dawki osadu ściekowego wpłynęło też na zwiększenie procentowej zawartości wody łatwo dostępnej we wszystkich badanych odpadach. W przypadku odpadów hutniczych z 18,8 do 22,8%, z elektrociepłowni – z 35,7 do 38,9%, z elektrowni – z 39,1 do 39,7% i chemicznych – z 61,1 do 62,0% (tab. 2). W przypadku odpadów hutniczych i z elektrociepłowni wpływ wielkości dawki okazał się statystycznie istotny.

Zwiększenie dawki osadu ściekowego wpłynęło też na zwiększenie przewodnictwa hydraulicznego w strefie nasyconej wszystkich badanych odpadów. W przypadku odpadów hutniczych – z 1,79 do 4,07 $\text{m} \cdot \text{d}^{-1}$, z elektrociepłowni – z 1,17 do 3,24 $\text{m} \cdot \text{d}^{-1}$, z elektrowni – z 18,2 do 28,3 $\text{m} \cdot \text{d}^{-1}$ i chemicznych – z 0,518 do 0,824 $\text{m} \cdot \text{d}^{-1}$ (tab. 3). W przypadku odpadów hutniczych, z elektrociepłowni i z elektrowni wpływ wielkości dawki okazał się statystycznie istotny.

Tabela 2. Wartości średnie zawartości wody łatwo dostępnej oraz statystyki t-Studenta dla badanych odpadów z dodatkiem osadu ściekowego**Table 2.** Easy available water content means and values of the t-Student statistics for investigated waste with sewage sludge

Odpady	Dawka osadu [Mg s.m.·ha ⁻¹]	ZWŁD _{100cm} [cm]			ZWŁD _% [%]		
		x_{sr}	σ	t_{obl}	x_{sr}	σ	t_{obl}
Hutnicze	100	20,8	1,0	-3,063*	18,8	0,7	-5,408*
	200	23,5	1,7		22,8	1,3	
Z elektrociepłowni	100	17,8	1,4	-5,035*	35,7	1,3	-3,110*
	200	22,6	0,8		38,9	1,7	
Z elektrowni	100	23,6	0,5	-1,259	39,1	1,1	-1,793
	200	25,1	0,9		39,7	0,9	
Chemiczne	100	38,7	1,2	-1,591	61,1	0,8	-2,293
	200	39,7	0,5		62,0	1,0	

Oznaczenia: ZWŁD_{0100cm} – zawartość wody łatwo dostępnej w warstwie 100 cm, ZWŁD_% – procentowa zawartość wody łatwo dostępnej, pozostałe oznaczenia jak pod. tab. 1.

Tabela 3. Wartości średnie przewodnictwa hydraulicznego w strefie nasyconej oraz statystyki t-Studenta dla badanych odpadów z dodatkiem osadu ściekowego**Table 3.** Saturated hydraulics conductivity means and values of the t-Student statistics for investigated waste with sewage sludge

Odpady	Dawka osadu Mg s.m.·ha	K_s , m·d ⁻¹		
		x_{sr}	σ	t_{obl}
Hutnicze	100	$1,79 \cdot 10^0$	$7,50 \cdot 10^{-1}$	-3,949*
	200	$4,07 \cdot 10^0$	$6,49 \cdot 10^{-1}$	
Z elektrociepłowni	100	$1,17 \cdot 10^0$	$2,91 \cdot 10^{-1}$	-3,123*
	200	$3,24 \cdot 10^0$	$1,50 \cdot 10^0$	
Z elektrowni	100	$18,2 \cdot 10^1$	$5,59 \cdot 10^0$	-3,776*
	200	$2,83 \cdot 10^1$	$4,96 \cdot 10^0$	
Chemiczne	100	$5,18 \cdot 10^{-1}$	$2,26 \cdot 10^{-1}$	-1,550
	200	$8,24 \cdot 10^{-1}$	$2,38 \cdot 10^{-1}$	

Oznaczenia: K_s – przewodnictwo hydrauliczne w strefie nasyconej, pozostałe oznaczenia jak pod. tab. 1.

4. WNIOSKI

1. Wielkość dawki osadu ściekowego wpłynęła na zmianę gęstości objętościowej i porowatości ogólnej. W przypadku odpadów hutniczych i z elektrociepłowni nastąpiło zmniejszenie ich wartości, a odpadów z elektrowni i chemicznych – zwiększenie. Wpływ ten był statystycznie istotny w przypadku odpadów hutniczych, z elektrowni i chemicznych.

2. Zwiększenie dawki osadu ściekowego spowodowało zwiększenie zapasu wody łatwo dostępnej we wszystkich badanych odpadach, przy czym w przypadku odpadów hutniczych i z elektrociepłowni wpływ ten był istotny statystycznie.
3. Współczynniki przewodnictwa hydraulicznego w strefie nienasyconej wzrastały po zwiększeniu dawki osadu ściekowego we wszystkich badanych odpadach. W przypadku odpadów hutniczych, z elektrociepłowni i z elektrowni wpływ ten był istotny statystycznie.

PIŚMIENNICTWO I AKTY PRAWNE

- KOWALIK P. 1972. Podstawy teoretyczne pomiarów potencjału wody glebowej. Problemy Agrofizyki 2
- LIPKA K., RYCZEK M., ZAJĄC E., STABRYŁA J. 2006. Przepuszczalność wodna gleb torfowo-murszowych na terenach poeksploatacyjnych wybranych torfowisk w Polsce Południowej. [W:] „Właściwości fizyczne i chemiczne gleb organicznych”. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, Monografia.
- OLESZKIEWICZ J. 1998. Gospodarka osadami ściekowymi. Lem Project s.c., Kraków
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 sierpnia 2002r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych** (Dz. U. z 2002 r. Nr 134, poz. 1140).
- RYCZEK M. BOROŃ K, KLATKA S. 2005. Wpływ dodatku osadów ściekowych na wybrane właściwości odpadów przemysłowych. [W:] Obieg pierwiastków w przyrodzie. Monografia tom III. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa.