

MIROŚŁAWA GILEWSKA

WYKORZYSTANIE ODPADÓW W REKULTYWACJI GRUNTÓW POGÓRNICZYCH I SKŁADOWISK POPIOŁOWYCH

UTILIZATION OF WASTES IN RECLAMATION OF POST MINING SOILS AND ASH DUMP SITES

Katedra Gleboznawstwa i Rekultywacji AR w Poznaniu
Zakład Rekultywacji z siedzibą w Koninie

Abstract: The experiments were carried out in order to evaluate the influence of post production rock wool on properties of lignite post mining grounds and yielding of winter wheat. The aim of research was also to describe the influence of sewage sludge on properties of ash dump sites.

Słowa kluczowe: rekultywacja, poprodukcyjna wełna mineralna, osady ściekowe.

Key words: reclamation, waste, post production rock wool.

WSTĘP

Rozwój cywilizacji powoduje wzrost powierzchni gruntów zdewastowanych w wyniku odkrywkowej eksploatacji surowców mineralnych i energetycznych, a także składowania odpadów. Wzrastająca ich ilość oraz problemy związane z pozyskaniem nowych miejsc pod składowiska zmuszają do poszukiwania nowych metod zagospodarowania wielu z nich. Jednym z rozwiązań jest możliwość wykorzystania odpadów do rekultywacji gruntów pogórnich bądź składowisk innych odpadów.

Maty z wełny mineralnej są obecnie jednym z podstawowych podłoży stosowanych w uprawach szklarniowych. Ich zaletą jest bierność chemiczna i bardzo korzystne właściwości powietrzne. Pojemność powietrzna wełny wynosi 80% obj. [Martyn, Strojny 1996]. Problemem otwartym jest jednak utylizacja zużytych mat szklarniowych. W dwuletnim cyklu wykorzystania tego podłoża z 1 hektara otrzymuje się od 75 do 100 m³ zużytej wełny. Odpad ten nie ulega biodegradacji, nie można go spalić, nierozwiązany jest również jego recykling. Korzystne właściwości fizyczne wełny mineralnej zdecydowały o możliwości jej wykorzystania w naprawie właściwości gruntów pogórnich,

budowanych z utworów spoiстых – glin zwałowych szarych, sporadycznie ilów poznańskich. W koncepcji gatunków docelowych [Bender 1995] naprawa właściwości fizycznych tych gruntów należy do podstawowych zabiegów rekultywacyjnych.

Do uciążliwych odpadów, wytwarzanych w dużych ilościach, należą odpady elektrowniane i osady ściekowe. Podczas spalania 1 tony węgla powstaje od 100 do 400 kg popiołów i żużla. Znaczna ich część jest deponowana na składowiskach. Składowiska odpadów elektrownianych należą do obiektów nieprzyjaznych dla środowiska i trudnych do rekultywacji. Zasadowy odczyn, nadmiar pierwiastków alkalicznych oraz brak dostępnych dla roślin form azotu i fosforu, a także wody utrudniają, a nawet uniemożliwiają rozwój roślin na takich podłożach.

Osady ściekowe są zasobne w koloidy organiczne, azot i fosfor, a więc składniki, których w skale popiołowej brakuje. Mogą być zatem wykorzystane w rekultywacji biologicznej (zadrzewieniowej) gruntów składowiska odpadów elektrownianych.

Celem niniejszej pracy jest poznanie wpływu wełny mineralnej i osadów ściekowych na właściwości rekultywowanych gruntów pogórnicych i składowisk popiołowych, co sprzyja realizacji gospodarki bezodpadowej lub mało odpadowej.

MATERIAŁ I METODY

Badania nad wykorzystaniem zużytych mat szklarniowych z wełny mineralnej prowadzono na polu doświadczalnym Zakładu Rekultywacji, założonym w 1978 roku na gruntach pogórnicych Kopalni Węgla Brunatnego „Konin”. W badaniach zastosowano dawkę wełny mineralnej wynoszącą $400 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1}$. Kontrolą były poletka bez dodatku wełny. Powierzchnia każdego poletka wynosiła 1000 m^2 . Zastosowano trzy poziomy nawożenia azotowego: 100, 200 i $300 \text{ kg N} \times \text{ha}^{-1}$. Na wszystkich poletkach uprawiana była pszenica ozima. Po zakończeniu wegetacji roślin, na poletkach z dodatkiem wełny mineralnej i poletku nr 4 (bez dodatku wełny) wykonano odkrywki glebowe i opisano profile glebowe. Z warstw 0–15, 15–40 i 40–60 cm pobrano, za pomocą aparatu Vera OD 103, próbki o nienaruszonej strukturze, w których zostały oznaczone podstawowe właściwości fizyczne. Za szczególnie ważny wskaźnik w ocenie celowości stosowania w rekultywacji gruntów poprodukcyjnej wełny mineralnej uznano wielkość plonów pszenicy ozimej.

Drugi obiekt badawczy został zlokalizowany na składowisku mokrego odpopielenia elektrowni „Adamów”, wytwarzającej energię elektryczną z węgla brunatnego. Popioły w formie pulpy są zrzucone od 1975 roku do wyrobiska poeksploatacyjnego węgla brunatnego.

Na powierzchnię doświadczalną, zlokalizowaną na załadowionej części składowiska, zostały nawiezione: 25 cm i 50 cm warstwy osadów ściekowych. Osady wymieszano z podłożem przy użyciu zrywaka drogowego. Kontrolą były poletka bez osadów (skała popiołowa). Na poletka doświadczalne, o powierzchni 972 m^2 każde, zostały wysadzone wybrane gatunki drzew i krzewów. Na każdym poletku przed posadzeniem drzew i krzewów zostały wykonane odkrywki glebowe i opisane profile. Z warstw 0–25, 25–50 i 50–100 cm pobrano próby, w których metodami konwencjonalnymi oznaczono podstawowe właściwości. W pracy zamieszczono część wyników uzyskanych z obu doświadczeń.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Grunty pogórniczne na obszarze Konińsko-Tureckiego Zagłębia Węgla Brunatnego są zbudowane z utworów czwartorzędowych: glin zwałowych szarych i żółtych oraz piasków, a także trzeciorzędowych iłów plicieńskich (poznzańskich) i sporadycznie piasków mioceńskich znajdujących się w nadkładzie złóż węgla brunatnego. W masie ziemnej dominują skały spoiaste, a wśród nich glina zwałowa [Bender, Gilewska 1989]. Te utwory przesądzają o niezbyt korzystnych właściwościach fizycznych gruntów, a także gleby rozwijającej się z tej skały macierzystej. Ich gęstość objętościowa kształtuje się w granicach $1,7\text{--}1,8 \text{ Mg} \times \text{m}^{-3}$, a porowatość ogólna $36\text{--}42\%$ (tab. 1). Wśród por glebowych przeważają pory drobne. Porowatość kapilarna waha się w granicach $36\text{--}39\%$. Pod wpływem zmieniającej się wilgotności obecne w gruntach minerały ilaste – illit i montmorylonit – kurczą się lub pęcznieją. Te procesy powodują powstawanie skorupy na powierzchni gruntu. Duże zagęszczenie gruntów, utrudniające infiltrację wody opadowej w głąb profilu glebowego i tworzące się okresowo zastoiska wodne, a także powstająca skorupa utrudniają wschody i dalszy rozwój roślin. W takich warunkach konieczne jest zwiększenie normy wysiewu.

Te wady częściowo eliminuje wprowadzenie wełny do gruntu. Warstwa orna, w której rozmieszczono wełnę mineralną, została rozluźniona, podatniejsza na rozkruszanie, a także bardziej przesiąkliwa. Gęstość objętościowa gleby z tej warstwy wynosi od $1,40$ do $1,55 \text{ Mg} \times \text{m}^{-3}$ i jest mniejsza od gęstości objętościowej gleby z poziomów niżej zalegających (tab. 1). Wzrosła porowatość ogólna i kapilarna. Obserwacje prowadzone

TABELA 1. Wybrane właściwości fizyczne gruntów pogórnicznych
TABLE 1. Selected physical properties of lignite post mining grounds

Lp. No.	Kombinacja Combination	Warstwa Layer [cm]	Gęstość objętościowa Bulk density [$\text{Mg} \times \text{m}^{-3}$]	Porowatość -- Porosity [%]		
				ogólna total	kapilarna capillary	makropory macropores
1	Dawka wełny $400 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1}$ Rock wool dose $400 \text{ m}^3 \times \text{ha}^{-1}$	0–15	1,40	52,35	47,87	4,48
		15–40	1,69	44,58	40,00	4,58
		40–60	1,80	40,69	36,92	3,77
2		0–15	1,55	45,20	41,72	3,48
		15–40	1,79	39,85	37,20	2,65
		40–60	1,60	41,68	35,33	6,35
3		0–15	1,54	48,31	41,98	6,33
		15–40	1,70	40,65	36,82	3,83
		40–60	1,73	42,48	38,10	4,38
7	Bez wełny Without rock wool	0–15	1,66	42,07	38,63	3,44
		15–40	1,81	37,43	36,20	1,23
		40–60	1,80	36,42	35,25	1,17

TABELA 2. Wpływ wełny mineralnej i nawożenia azotowego na plon pszenicy
 TABLE 2. Influence of rock wool and nitrogen fertilization on crop of winter wheat

Lp. No.	Kombinacja Combination	Nawożenie azotowe Nitrogen fertilization [Mg × ha ⁻¹]	Rok badań – Year of investigation				Średnia z 4 lat Mean for 4 years
			2002	2003	2004	2005	
1	Dawka wełny 400 m ³ × ha ⁻¹	100	2,42	3,40	5,20	4,10	3,78
	Rock wool dose 400 m ³ × ha ⁻¹	200	4,50	3,20	5,20	4,25	4,28
		300	4,35	3,55	5,45	4,70	4,51
2	Bez wełny Without rock wool	100	2,28	2,88	4,80	3,80	3,44
		200	2,25	3,41	4,80	4,20	3,66
		300	3,25	3,66	5,10	4,40	4,10

$NIR_{\alpha=0,05}$ dla dawki wełny – 0,79; $LSD_{\alpha=0,05}$ for rock wool dose – 0.79

w okresie wegetacji roślin, w czterech kolejnych latach wykazały, że w wariancie z dodatkiem wełny wschody były równomierne i wcześniejsze o 5–6 dni. Zniknęły również lokalne zastoiska wodne, które powodowały wymakanie roślin. Plony pszenicy (tab. 2) w wariancie z wełną mineralną, szczególnie w pierwszym roku badań (2002), były wyższe o 1,5 Mg × ha⁻¹. W następnych latach badań ten wpływ nie był już tak znaczący. Rok 2002 należał do lat mokrych. Suma opadów wynosiła 648,3 mm, a w okresie od kwietnia do czerwca spadło 141 mm wody. W pozostałych latach, szczególnie w 2003 roku, opady były znacznie niższe. Wełna mineralna, jak podają Martyn i Strojny [1996], ma właściwość typową dla materiałów drenujących podłoże z wody, a przede wszystkim wody dostępnej dla roślin. Cechą tego materiału jest duża porowatość ogólna, a równocześnie niewielka zdolność zatrzymywania wody. Większość wody to woda wolna, która łatwo odpływa, a jej miejsce zajmuje powietrze. Zdolność wełny do drenażu podłoża z nadmiaru wody i jej duża pojemność powietrzna, wyrażona stosunkiem P/W 1:0,1–0,2, przyczyniła się do znacznej poprawy warunków powietrzno-wodnych gruntu. Te czynniki korzystnie wpłynęły na plonowanie pszenicy.

Jak wynika z przedstawionych badań, wełna mineralna zarówno świeża, jak i poprodukcyjna może być zastosowana w rekultywacji gruntów zbudowanych z utworów spoistych. Jest to najtańsza i najprostsza metoda utylizacji tego odpadu. Ponadto wełna wprowadzona do gleby lub gruntu nie jest dla nich ciałem obcym. Jest produktem uzyskiwanym ze skał pospolicie występujących w przyrodzie.

Osady ściekowe – drugi odpad wykorzystywany w badaniach również dodatnio wpłynął na właściwości rekultywowanego składowiska popiołowego. Nastąpiło znaczące obniżenie wartości pH skały popiołowej (tab. 3). Zmniejszyła się również zawartość węglanów. Wzrosła znacznie ilość azotu i fosforu. Z osadami wprowadzona została jednak duża ilość soli. Wskazują na to dane dotyczące przewodnictwa elektrycznego. Przewodność elektryczna skały popiołowej kształtowała się w granicach 1,12–1,28 mS × cm⁻¹ 20°C. Ulepszenie jej osadem przyczyniło się do dużego wzrostu

TABELA 3. Wybrane właściwości chemiczne analizowanych próbek
 TABLE 3. Selected chemical properties of investigated samples

Nr poletka Plot No.	Kombinacja Combination	Głębokość Depth [cm]	pH		CaCO ₃	N _{ogółem} N _{total}	Wg Egnera-Riehma According to Egner- Riehm [mg × kg ⁻¹]		Przewodność elektryczna Electrial conductivity [mS × cm ⁻¹ . 20°C]
			H ₂ O	KCl	g × kg ⁻¹	P ₂ O ₅	K ₂ O		
1	Popiół, ash	0–25	10,50	10,28	84,2	0,196	12,20	163,0	1,12
		25–50	10,50	10,28	89,2	0,210	12,30	172,0	1,28
		50–100	12,46	12,36	89,5	0,221	12,20	197,0	1,17
2	Popiół + 25 cm osadów ściekowych Ash + 25 cm sewage sludge	0–25	7,96	7,35	40,7	1,951	68,20	182,0	7,42
		25–50	9,56	9,25	67,0	0,220	47,00	77,0	5,78
		50–100	10,74	10,65	67,8	0,120	30,80	110,0	2,41
3	Popiół + 50 cm osadów ściekowych Ash + 50 cm sewage sludge	0–25	7,50	6,80	14,3	1,345	73,20	74,80	4,34
		25–50	8,07	7,50	17,8	0,566	44,50	55,00	0,40
		50–100	9,87	9,60	78,5	0,173	33,20	95,00	0,67

koncentracji soli, szczególnie w przypadku zastosowania 25 cm warstwy osadów. Stosowane w badaniach osady pochodziły z miejskiej oczyszczalni ścieków w Turku i charakteryzowały się dużym zróżnicowaniem właściwości. Ich ujednolicenie było niemożliwe. Wszystkie partie osadów spełniały jednak wymagania jakościowe zawarte w rozporządzeniu MOŚZN i L z dnia 11 sierpnia 1999 roku (Dz.U. Nr 72, poz. 813).

Z osadami ściekowymi, obok składników pokarmowych dla roślin, wprowadzone zostają koloidy organiczne, a także znacząca pula mikroorganizmów. Dodatek koloidów organicznych do skały popiołowej, która charakteryzuje się niewielką ilością frakcji ilastej 1–4% [Gilewska 2004], poprawia właściwości fizykochemiczne tej skały, a także jej gospodarkę wodną. Również mikroorganizmy wprowadzane wraz z osadami do skały popiołowej ważne są dla procesu glebotwórczego. Roślinność zielna, głównie chwasty z rodziny krzyżowych, wkraczająca samorzutnie na powierzchnie pokryte osadami ściekowymi, jest ewidentnym dowodem naprawy chemizmu tej skały. Takie zadarnienie chroni składowiska przed erozją wietrzną i wodną. Zauważyli to także Siuta [1997] oraz Głazewski [1997]. Roślinność ta stanowi jednak duże zagrożenie dla sadzonek drzew i krzewów przy zadrzewieniowym kierunku rekultywacji. Jest ona dla nich groźną konkurencją w walce o wodę, światło, a także składniki pokarmowe. Konieczne jest ograniczenie wzrostu i rozwoju tej roślinności w pierwszych latach rekultywacji.

Azot w osadach występuje w postaci związków łatwo i trudno przyswajalnych dla roślin. Związkami łatwo przyswajalnymi są głównie połączenia amonowe. W osadach przeważają jednak połączenia organiczne azotu, które są trudno dostępne dla roślin. Fosfor w osadach reprezentowany jest przede wszystkim przez związki mineralne, głównie polifosforany, które łatwo hydrolizują w związki ortofosforowe, dostępne dla roślin [Roszyk 1989]. Rola nawozowa osadów nie jest jednak długotrwała, kończy się po 4 latach [Mazur 1996]. Ta informacja wskazuje na konieczność stosowania w następnych latach rekultywacji nawożenia mineralnego.

Uzyskane wyniki dowodzą celowości wykorzystania odpadów do rekultywacji składowisk i zwałowisk. Atutem takiego rozwiązania jest realizacja dwóch ważnych celów jednocześnie – utylizacja, częstokroć uciążliwych odpadów, a także zwiększenie produktywności gruntów, stanowiących niejednokrotnie środowisko nieprzyjazne szacie roślinnej. Ta metoda rekultywacji umożliwi również zwiększenie efektywności rekultywacji biologicznej, poprawę estetyki krajobrazu. Na te elementy zwraca również uwagę Strzyszc [2004].

WNIOSKI

1. Dodatek wełny mineralnej do gruntów zbudowanych z utworów spoiстых spowodował poprawę właściwości fizycznych warstwy ornej i wzrost plonowania pszenicy ozimej.
2. Osady ściekowe zastosowane do rekultywacji składowiska popiołów elektrownianych przyczyniły się do szybkiego zadarnienia składowiska zabezpieczając je przed erozją. Roślinność zielna stanowi jednak duże zagrożenie dla sadzonek drzew i krzewów wprowadzanych przy zadrzewieniowym kierunku rekultywacji.

3. Zużyte maty szklarniowe z wełny mineralnej oraz osady ściekowe mogą być wykorzystane do rekultywacji przemysłowych nieużytków. Zwiększają produktywność takich powierzchni, a także ograniczają ilość składowisk odpadów.
4. Właściwości rekultywowanego gruntu i odpadów wykorzystanych do ich rekultywacji winny się wzajemnie uzupełniać i tworzyć fitoasocjacom korzystne warunki wzrostu i rozwoju. Wdrażanie tej nowej technologii rekultywacji winno być poprzedzone badaniami.

LITERATURA

- BENDER J. 1995: Rekultywacja terenów pogórnicznych w Polsce. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.* **418**: 75–86.
- BENDER J., GILEWSKA M. 1989: Technologia urabiania nadkładu i formowania zwałowisk w górnictwie odkrywkowym. W: Zagadnienia zoologiczne w przemyśle wydobywczym i przetwórczym surowców mineralnych. AGH Kraków: 19–32.
- GILEWSKA M. 2004: Rekultywacja biologiczna składowisk popiołowych z węgla brunatnego. *Rocz. Glebozn.* **55**, 2: 103–110.
- GLĄŻEWSKI M. 1997: Hydroobsiew – skuteczny i szybki. *Ekoprofit*, Miesięcznik Gospodarczo-Ekologiczny (11), 15. Telpress, Katowice: 14–18.
- MARTYN W., STROJNY Z. 1996: Właściwości wodno-powietrzne mieszanek podłożowych z wykorzystaniem w nich wełny mineralnej. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.* **429**: 233–236.
- MAZUR T. 1996: Rozważania o wartości nawozowej osadów ściekowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* **437**: 13–21.
- ROSZYK E. 1989: Uwagi do projektu normatywu dla osadów ściekowych wykorzystywanych w rolnictwie do nawożenia gleb. W: Rolnicze wykorzystanie osadów ściekowych. *Prace Komisji Naukowych PTG*. Warszawa. **111**: 14–26.
- ROZPORZĄDZENIE MOŚZNIL z dnia 11 sierpnia 1999 r. w sprawie warunków, jakie muszą być spełnione przy wykorzystaniu osadów ściekowych na cele nieprzemysłowe. *Dz. U.* 72, poz. 813.
- SIUTA J. 1997: Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych. *Ekoprofit*, Miesięcznik Gospodarczo-Ekologiczny (11), 15. Telpress, Katowice: 40–46.
- STRZYSZCZ Z. 2004: Ocena przydatności i zasady stosowania różnorodnych odpadów do rekultywacji zwałowisk oraz terenów zdegradowanych działalnością przemysłową. *Prace i Studia* **60**. Inst. Podst. Inż. Środ. PAN, Zabrze.

*Dr hab. inż. Mirosława Gilewska, prof. AR
Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu
Katedra Gleboznawstwa i Rekultywacji, Zakład Rekultywacji
ul. Przemysłowa 120, 62-510 Konin
e-mail: katrekult@wp.pl*