

**MIROSLAWA GILEWSKA, KRZYSZTOF OTREMBA\***

## **WPLYW TECHNIKI SADZENIA NA EFEKTY REKULTYWACJI SKŁADOWISKA POPIOŁÓW ELEKTROWNIANYCH**

### *Streszczenie*

*Praca dotyczy badań nad rekultywacją biologiczną składowiska popiołów elektrowni Adamów. Wyniki wskazują, że wykorzystanie gliny zwałowej szarej zlodowacenia środkowopolskiego i osadów ściekowych tylko do zaprawiania dołków wykopanych w skale popiołowej jest skuteczną techniką sadzenia. Jest metodą znacznie tańszą niż pokrywanie całej powierzchni warstwą tych materiałów.*

Słowa kluczowe: składowisko popiołów elektrownianych, skała popiołowa, glina zwałowa, osady ściekowe, rekultywacja

### **Wstęp**

Odpady paleniskowe powstające w opalanej węglem brunatnym elektrowni Adamów, należącej do ZE PAK, są usuwane hydraulicznie i transportowane w formie pulpy na składowisko, które ulokowane jest w wyrobisku poeksploatacyjnym węgla brunatnego. Miąższość popiołów, na załadowanej części, wynosi około 40 m. Jest to twarda i silnie scementowana skała, w której przeważają związki krzemu i wapnia.

Właściwości fizyczne, wodne i chemiczne skały popiołowej nie są korzystne dla wzrostu i rozwoju szaty roślinnej przez co rekultywacja składowisk popiołowych jest przedsięwzięciem trudnym [Gilewska, Otremba 1999, Gilewska Spychalski 2003, Gilewska i in 2005]. Konieczne są zabiegi rekultywacyjne mające na celu poprawę warunków siedliskowych dla roślin. W badaniach prowadzonych na tym składowisku do poprawy warunków siedliskowych wykorzystano glinę zwałową szarą zlodowacenia środkowopolskiego oraz osady ściekowe. Zastosowano dwie techniki nasadzeń. Pierwsza polegała na wprowadzeniu drzew i krzewów na powierzchnie pokryte określonej miąższości warstwą gliny zwałowej bądź osadów ściekowych, druga na wprowadzeniu drzew

---

\* Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Katedra Gleboznawstwa i Rekultywacji

i krzewów w dołki zaprawione gliną bądź osadem. Efekty rekultywacyjne uzyskane przy pokrywaniu skały popiołowej warstwą gliny zwałowej bądź osadami ściekowymi opisane zostały w wielu pracach [Bender Gilewska 2004, Gilewska, Przybyła 2004, Gilewska i in 2005, Pacewicz i in 2006]. W niniejszej pracy przedstawione zostaną efekty rekultywacyjne techniki nasadzeń polegającej na zaprawianiu dołków.

### Material i metody

Praca zawiera wyniki badań przeprowadzonych w wariantach:

- skała popiołowa,
- skała popiołowa z dołkami zaprawionymi gliną zwałową szarą,
- skała popiołowa z dołkami zaprawionymi osadem ściekowym

W każdym wariancie nawożenie mineralne wynosiło 300 kg N·ha<sup>-1</sup>, 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>·ha<sup>-1</sup>, 100 kg K<sub>2</sub>O·ha<sup>-1</sup>. Na wszystkie poletka wprowadzono w tej samej ilości i te same gatunki roślin.

Próbki o naruszonej i nienaruszonej strukturze, pobrano z międzyrzędzi, w czwartym roku po posadzeniu. Metodami ogólnie stosowanymi w gleboznawstwie oznaczono podstawowe właściwości fizyczne i chemiczne skały popiołowej. Przeprowadzono badania biometryczne drzew i krzewów. Określono pierśnicę (średnicę na wysokości 1,3 m) oraz wysokość drzew.

### Wyniki badań i dyskusja

Uziarnienie skały popiołowej oscyluje od piasku luźnego do gliny piaszczystej [Gilewska 2004, Gilewska i in 2007], a cechą charakterystyczną jest warstwowy układ i związana z nią anizotropia [Kossowski i in.1995, Gilewska i in 2007].

Gęstość właściwa, jak wynika z danych zamieszczonych w tabeli 1, we wszystkich wariantach była podobna i niższa niż w glebach mineralnych. Gęstość objętościowa z reguły była mniejsza od 1, a porowatość ogólna wynosiła około 50%. Zbyt mała ilość makropor ograniczała jednak swobodny ruch wody i powietrza.

Odczyn „tworzywa glebowego” był zasadowy (tab.2). pH oznaczone w H<sub>2</sub>O kształtowało się od 8,57 do 9,03, a w 1 mol·dm<sup>-3</sup> KCl 8,00-8,43. Zawartość CaCO<sub>3</sub> wahała się od 72,9 do 96,0 g·kg<sup>-1</sup>. Najmniejsza ilość węglanów występowała w wariancie ze skałą popiołową, natomiast najwyższe na powierzchni z dołkami wypełnionymi gliną zwałową. Zawartość węgla organicznego była duża i wynosiła od 7 do 15 g·kg<sup>-1</sup>. Jest to efekt obecności w popiele resztek niespalonego węgla brunatnego [Gilewska 2004]. Zawartość azotu w wariancie

skała popiołowa i skała popiołowa z dołkami zaprawionymi gliną zwałową była zbliżona i wynosiła od 0,25 do 0,28 g·kg<sup>-1</sup>. Dwukrotnie większą zawartość azotu stwierdzono w wariancie gdzie dołki zaprawiano osadem ściekowym. Analizowane warianty charakteryzowały się niską zawartością przyswajalnych form fosforu. Oscylowała ona od około 3,50 do 9,50 mg·kg<sup>-1</sup>. Wartości średnie na poszczególnych wariantach były bardzo zbliżone. Skała popiołowa zasobna była natomiast w przyswajalne związki potasu i magnez (tab. 2).

Tab. 1 Wybrane właściwości fizyczne

Tab. 1. Chosen physical properties

Wariant variant	Gęstość właściwa Specific density Mg·dm <sup>-3</sup>	Gęstość objętościowa Bulk density Mg·dm <sup>-3</sup>	Porowatość Porosity %		
			Ogólna Total	Kapilarna Capillary	Makropory Non- Capillary
Skała popiołowa Ash rock	<u>1,91-2,51</u> 2,14	<u>0,85-1,1</u> 0,95	<u>42,0-63,7</u> 54,87	<u>40,40-55,4</u> 49,43	<u>1,60-9,50</u> 5,44
Skała popiołowa + dołki z gliną Ash rock + holes with clay	<u>1,81-2,14</u> 2,00	<u>0,97-1,04</u> 1,00	<u>46,2-52,95</u> 49,58	<u>40,35-50,30</u> 45,83	<u>2,65-5,85</u> 3,75
Skała popiołowa + dołki z osadem Ash rock + holes with sludge	<u>1,80-2,12</u> 1,97	<u>0,85-0,91</u> 0,88	<u>50,55-60,00</u> 54,95	<u>37,05-51,35</u> 46,40	<u>3,50-19,5</u> 8,55

Z przeprowadzonych badań nad stanem szaty roślinnej wynika, że w wariancie ze skałą popiołową powierzchnia doświadczalna pozbawiona jest roślinności zielnej a wprowadzone drzewa i krzewy wypadły w 69%. Pozostałe są bez liści lub mają je silnie zredukowane. Walczą o przetrwanie wypuszczając nowe pędy z odrostów korzeniowych oraz liście nawet trzykrotnie w ciągu okresu wegetacji. Są porażone przez choroby i szkodniki. Często również są zgryzane przez zwierzęta. Najlepszą kondycję w tych warunkach wykazuje robinia akacjowa i rokitnik zwyczajny. Są to rośliny, które poprzez symbiozę z bakteriami brodawkowymi bądź promieniowcami potrafią wiązać azot atmosferyczny z powietrza. Badania biometryczne w tym wariancie (tab. 3) możliwe były do przeprowadzenia tylko na robinii akacjowej i wykazały, że jej wysokość wynosiła około 1,3 m a pierśnica około 1 cm.

Na poletkach z dołkami udatność nasadzeń była dwukrotnie większa, a wypadki wynosiły około 31%. Drzewa i krzewy wykazują nieporównywalnie lepszą kondycję. Mają bogate ulistnienie i niezdeformowaną blaszkę liściową. Stwarza to roślinie możliwość asymilacji dwutlenku węgla i syntetyzowania składników pokarmowych, potrzebnych do jej wzrostu i rozwoju. Z danych zawartych w tabeli 3 wynika, że wysokość robinii akacjowej, podobnie jak pierśnica, na obu wariantach z dołkami były zbliżone i wynosiły odpowiednio 2,2-2,6 m i 3,2-4,0 cm. Pozostałe gatunki nieco korzystniejsze warunki do wzrostu miały na poletku gdzie dołki zaprawiono osadem. Wysokość klonu zwyczajnego kształtowała się od 1,5-1,6 m, a pierśnica 0,8-1,2 cm. Klon jesionolistny osiągnął wysokość 1,2-1,9 m i pierśnicę 2-2,5 cm. W szóstym roku od posadzenia relacje były podobne [Pacewicz i in 2006].

Efekty rekultywacyjne, jak wynika z tych danych, są różne mimo że właściwości skały popiołowej są zbliżone. Zastosowanie techniki nasadzeń polegającej na zaprawianiu niewielkich rozmiarowo dołków materiałem ulepszającym (gliną zwałową lub osadami ściekowymi) spowodowało, że ograniczony został bezpośredni kontakt korzeni roślin ze skałą popiołową. Większość korzeni posadzonych drzew i krzewów rozwijała się nie w skale popiołowej, lecz w podłożach o znacznie korzystniejszych właściwościach. Gлина zwałowa ma dużą pojemność wodną i rośliny mają ułatwiony dostęp do wody. Osady mają znacznie mniej korzystne właściwości wodne, aczkolwiek obecność substancji organicznej ułatwia magazynowanie wody. Są natomiast źródłem łatwo dostępnych dla roślin form azotu i fosforu. W obu wariantach doświadczenia zmienia się skład chemiczny fazy ciekłej. W roztworze glebowym maleje koncentracja jonów wapnia, sodu, a przede wszystkim siarczanów, które w skale popiołowej występują w bardzo dużej ilości [Gilewska i in. 2007]. W tych warunkach rośliny mogą efektywniej wykorzystać nie tylko wodę, ale również składniki pokarmowe wprowadzone w formie nawożenia mineralnego. Korzenie roślin stopniowo przerastają warstwy popiołów. Korzenie robinii z wyraźnymi koloniami bakterii brodawkowych obserwowane są nawet na głębokości około 1 m.

Przy zaprawianiu dołków gliną lub osadem nadmiar tych materiałów ulepszających został rozścielony wzdłuż rzędów. Ułatwiło to opanowanie powierzchni przez roślinność zielną, która początkowo rozwijała się wzdłuż rzędów. W ciągu czterech lat zajęła obie powierzchnie. Były to głównie trawy i rdesty. Rozwój traw był tak intensywny, że zaczęły zagrażać młodym sadzonkom drzew i krzewów. Zaszła konieczność ograniczania ich wzrostu poprzez wałowanie.

Wyniki badań wskazują, że zaprawianie dołków wraz z nawożeniem mineralnym jest skuteczną techniką nasadzeń. Ułatwia nie tylko zadrzewienie powierzchni składowiska, ale także poprzez zadarnienie zabezpiecza ją przed pyleniem. Jej zaletą jest także zużycie małej ilości materiałów ulepszających, co wiąże się z ograniczeniem kosztów rekultywacji.

Pozostaje kwestia wyboru materiału ulepszającego. Na obecnym etapie badań uzyskane efekty rekultywacyjne dla powierzchni z dołkami zaprawionymi osadem ściekowym lub gliną zwałową są porównywalne. Za osadami ściekowymi przemawia fakt, że jest to odpad, który łatwo pozyskać. Przy wykorzystaniu tego odpadu w rekultywacji składowisk popiołowych uzyskuje się dwa ważne cele jednocześnie – nadanie wartości przyrodniczych składowiskom popiołowym i utylizację odpadu, jakim są osady ściekowe. Ta forma wykorzystania osadów ściekowych jest zgodna z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 14 listopada 2007 [Dz.U.07.228.1685], umożliwiającym wykorzystanie osadów ściekowych w procesie odzysku metodą R-10.

Tab. 2. Wybrane właściwości chemiczne

Tab. 2. The chosen chemical properties

Wariant Variant	pH		CaCO <sub>3</sub>		
	H <sub>2</sub> O	1 mol·kg <sup>-1</sup>	g·kg <sup>-1</sup>		
Skala popiołowa Ash rock	<u>8,57-8,75</u> 8,66	<u>8,31-8,43</u> 8,37	<u>72,9-83,3</u> 78,1		
Skala popiołowa + dołki z gliną Ash rock + holes whit clay	<u>8,74-9,03</u> 8,88	<u>8,00-8,24</u> 8,12	<u>89,0-96,0</u> 92,5		
Skala popiołowa + dołki z osadem Ash rock + holes whit sludge	<u>8,27-8,40</u> 8,33	<u>8,00-8,13</u> 8,06	<u>84,0-92,0</u> 88,0		
Wariant Variant	C g·kg <sup>-1</sup>	N g·kg <sup>-1</sup>	wg. Egnera-Riehma according to Egner- Riehm		Mg mg·kg <sup>-1</sup>
			P mg·kg <sup>-1</sup>	K mg·kg <sup>-1</sup>	
Skala popiołowa Ash rock	<u>9,9-13,4</u> 11,6	<u>0,24-0,26</u> 0,25	<u>3,49-6,98</u> 5,23	<u>41-191</u> 116	<u>154-287</u> 220
Skala popiołowa + dołki z gliną Ash rock + holes whit clay	<u>7,2-11,3</u> 9,2	<u>0,28-0,29</u> 0,28	<u>4,36-6,54</u> 5,45	<u>41-129</u> 85	<u>94-330</u> 212
Skala popiołowa + dołki z osadem Ash rock + holes whit sludge	<u>7,7-15,2</u> 11,4	<u>0,23-0,60</u> 0,41	<u>3,92-9,59</u> 6,75	<u>58-168</u> 113	<u>90-246</u> 168

Tab. 3. Pomiary biometryczne

Tab. 3. Biometrical measures

Wariant Variant	Robinia akacyjowa Robinia pseudoacacia L.		Klon jesionolistny Acer negundo L.	
	Średnica Diameter	Wysokość Height	Średnica Diameter	Wysokość Height
Skąła popiołowa Ash rock	0,9-1,0	1,3-1,4	-	-
Skąła popiołowa + dołki z gliną Ash rock + holes whit clay	3,2-3,9	2,2-2,6	1,2-1,9	1,6-1,8
Skąła popiołowa + dołki z osadem Ash rock + holes whit sludge	3,2-4,1	2,4-2,7	2,0-2,5	1,8-1,9
Wariant Variant	Klon zwyczajny Acer plantanoides L.		Jesion wyniosły Fraxinus excelsior L.	
	Średnica Diameter	Wysokość Height	Średnica Diameter	Wysokość Height
Skąła popiołowa Ash rock	-	-	-	-
Skąła popiołowa + dołki z gliną Ash rock + holes whit clay	0,7-1,2	1,2-1,4	0,7	1,2
Skąła popiołowa + dołki z osadem Ash rock + holes whit sludge	0,8-1,2	1,5-1,6	0,7	1,2

### Wnioski

- Wykorzystanie w rekultywacji biologicznej składowiska popiołów elektrownianych techniki nasadzeń polegającej na wprowadzeniu roślin w dołki zaprawione gliną zwałową szarą złodowacenia środkowopolskiego lub osadami ściekowymi oraz nawożeniem mineralnym jest skuteczne.
- Uzyskane efekty rekultywacyjne na obu wariantach z dołkami są porównywalne. Za stosowaniem osadów ściekowych do zaprawiania dołków przemawia fakt, że jest to łatwy do pozyskania odpad. Przy wykorzystaniu tego odpadu w rekultywacji składowisk popiołowych uzyskuje się dwa ważne cele jednocześnie – nadanie wartości przyrodniczych składowiskom popiołowym i utylizację odpadu, jakim są osady ściekowe.

- Technika nasadzeń polegająca na wprowadzeniu drzew i krzewów w dolki zaprawione osadem ściekowym wraz z nawożeniem mineralnym winna być stosowana w rekultywacji składowisk popiołowych.

### Literatura

1. BENDER J., GILEWSKA M.: *Prowadzenie badań w celu opracowania optymalnego sposobu rekultywacji składowiska mokrego odpopielania w El. Adamów – opracowanie końcowe za lata 1994-2003, maszynopis, 2004*
2. GILEWSKA M.: *Rekultywacja biologiczna składowisk popiołowych z węgla brunatnego. Roczn. Glebozn. 55, 2, 103-110, 2004*
3. GILEWSKA M., OTREMBA K.: *Wpływ zabiegów rekultywacyjnych na uproduktynienie składowiska mokrego odpopielania. Zesz. Naukowe Wydziału Budownictwa i Inż. Środ. Politechniki Koszalińskiej 15,427-438, 1999*
4. GILEWSKA M., OTREMBA K., STANKOWSKI S.: *Wykorzystanie osadów ściekowych i glin zwalowych w ulepszeniu skały popiołowej. W: Popioły z Energetyki. Monografia pod redakcją A. Myczkowskiej, T. Szczygielskiego. Ekotech Szczecin, 361-371, 2005.*
5. GILEWSKA M., OTREMBA K., MACIOROWSKI M., PACEWICZ K.: *Kształtowanie się zapasów wody w składowisku mokrego odpopielania. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln. Z.518, 157-165, 2007.*
6. GILEWSKA M. PRZYBYŁA CZ.: *Gospodarka wodna biologicznie rekultywowanych składowisk popiołowych. Roczn. A.R. Pozn. CCCLVII Melior. Inż. Środ. 25, 87-95, 2004*
7. GILEWSKA M. SPYCHAŁSKI W.: *Wybrane właściwości chemiczne gruntów składowiska popiołów. Zesz. Naukowe Wydziału Budownictwa i Inż. Środ. Politechniki Koszalińskiej 21,827-835, 2003*
8. KOSSOWSKI L., SEWERYN L., WOJTKOWIAK B.: *Składowanie odpadów energetycznych w kopalniach odkrywkowych. Ochrona Środowiska wodnego i zabezpieczenia geotechniczne. Mater. Poltegor., 1995.*
9. PACEWICZ K. WRÓBEL M., WIECZOREK T., GILEWSKA M., OTREMBA K.: *Charakterystyka wzrostu drzew klonu jesionolistnego *Oliwnika wąskolistnego* i *Robinii Akacjowej* na składowisku popiołów elektrownianych. Acta Sci. Pol., Formatio Circumiectus 5 (1), 87-98, 2006.*
10. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 listopada 2007 w sprawie procesu odzysku R10 (Dz.U. z 2007, Nr 228, poz.1685)

---

## **IMPACT OF PLANTING TECHNIQUE ON RECLAMATION OF DISPOSAL SITE OF POWER STATION INCINERATION ASH**

### *S u m m a r y*

*The paper considers the researches of biological reclamation of incineration ash disposal site of Adamów power station. The results indicates that application of gray boulder clay of Middle Poland glaciation and sewage sludge to dressing of holes dug in ash rock is an effective method. The more so this method is much cheaper than covering all of the area by these materials.*

Key words: disposal site of power station incineration ash, ash rock, boulder clay, sewage sludge, reclamation