

**MARCIN PIETRZYKOWSKI, WOJCIECH KRZAKLEWSKI,
GRZEGORZ GAIK***

**OCENA WZROSTU ZALESIEŃ Z DOMINACJĄ SOSNY
ZWYCZAJNEJ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) NA POLETKACH
DOŚWIADCZALNYCH NA ODPADACH PALENISKOWYCH
ELEKTROWNI „BELCHATÓW”**

Streszczenie

Przedstawiono wyniki badań wzrostu sosny zwyczajnej i kilku towarzyszących gatunków drzew wprowadzonych w 1995 roku na składowisku odpadów paleniskowych „Lubień” elektrowni „Belchatów”. W ramach doświadczenia zastosowano warianty z pokryciem warstwą mineralną ziemi (miąższości 20 i 40 cm) i bez pokrycia (wariant kontrolny na popiołach). Wyszczególniono sosnę zwyczajną oraz domieszkowo brzozę brodawkowatą, robinie akacjową i dąb czerwony. Po 11 latach stwierdzono, że w wyniku zgryzania przez zwierzynę nastąpił prawie całkowity wypadek dębu czerwonego, natomiast pozostałe gatunki charakteryzowały się dobrym wzrostem. Początkowe różnice we wzroście drzewek, zwłaszcza sosny zwyczajnej, z czasem wyrównały się. Uzyskane wyniki wskazują na możliwość wprowadzania gatunków drzew bez pokrycia popiołów warstwą ziemi mineralnej. Wskazują również na duże zdolności adaptacyjne sosny, która może stanowić gatunek główny w zalesieniach tego obiektu w I generacji drzewostanów oraz brzozy, jako gatunku domieszkowego. Dobrym rozwiązaniem może być również zakładanie plantacji z robinie akacjową. Wyniki badań mogą zostać wykorzystane w planowaniu leśnej rekultywacji przedmiotowego składowiska.

Słowa kluczowe: składowisko popiołów paleniskowych, rekultywacja, sosna zwyczajna

* Katedra Ekologii Lasu, Wydział Leśny, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie

Wprowadzenie

Wytwarzanie energii elektrycznej w elektrowni „Bełchatów” opalanej węglem brunatnym pociąga za sobą powstawanie około 3 mln ton rocznie odpadów paleniskowych w postaci popiołu i żużla. Odpad ten jest w głównej mierze składowany na liczącym ok. 440 ha powierzchni składowisku „Lubień”. W świetle obowiązujących w Polsce przepisów oraz umowy zawartej pomiędzy Elektrownią Bełchatów a Nadleśnictwem Bełchatów, którego tereny zostały wydzierżawione pod składowisko, obiekt ten powinien zostać zrehabilitowany dla leśnego użytkowania. Z gleboznawczego punktu widzenia, odpady paleniskowe nieselektywnie składowane na składowisku, charakteryzują się niekorzystnymi właściwościami fizycznymi i chemicznymi. Niekorzystne dla wzrostu roślin właściwości deponowanych odpadów, przy dużej zmienności przestrzennej, oraz podatności na erozję wietrzną i wodną wraz z niekorzystnymi warunkami klimatycznymi regionu (niska suma opadów atmosferycznych) sprawiają, że stopień trudności rekultywacji przedmiotowego obiektu jest wysoki. Praktycznie uniemożliwia on rekultywację dla leśnego zagospodarowania wyłącznie metodami biologicznymi. Aktualnie istnieje więc potrzeba opracowania metody leśnej rekultywacji przedmiotowych odpadów paleniskowych oraz testowania zdolności adaptacyjnych różnych gatunków drzew stosowanych do zalesień. Niezbędna jest ocena różnych wariantów rozwiązań technologicznych (z pokryciem lub bez substratami mineralnymi) oraz w dalszej kolejności poszukiwanie takich rozwiązań technicznych w trakcie deponowania odpadów, aby stworzyć optymalne warunki dla wzrostu roślin - głównie poprzez osiągnięcie właściwych wyjściowych parametrów fizycznych (uziarnienia, zapobiegania cementacji). Jak pokazują dotychczasowe doświadczenia parametry chemiczne w takich warunkach z czasem ulegają poprawie i stabilizacji [Krzaklewski i in. 2005]. Zastosowanie metody z pokryciem osadów potencjalnie produktywnymi utworami jest w rejonie bełchatowskim trudne do realizacji. Wprawdzie do tego przedsięwzięcia możliwe byłoby wykorzystanie utworów nadkładu z pobliskiej kopalni węgla brunatnego „Bełchatów”, jednak jak oceniono wstępnie, koszty tej operacji byłyby zbyt wysokie. Ponadto Kopalnia Węgla Brunatnego „Bełchatów”, z uwagi na konieczność „wypłycenia” odkrywek końcowych „Bełchatów” i „Szczerców”, nie dysponuje nadwyżkami mas odpowiednich skał nadkładu, co dodatkowo komplikuje przedsięwzięcie.

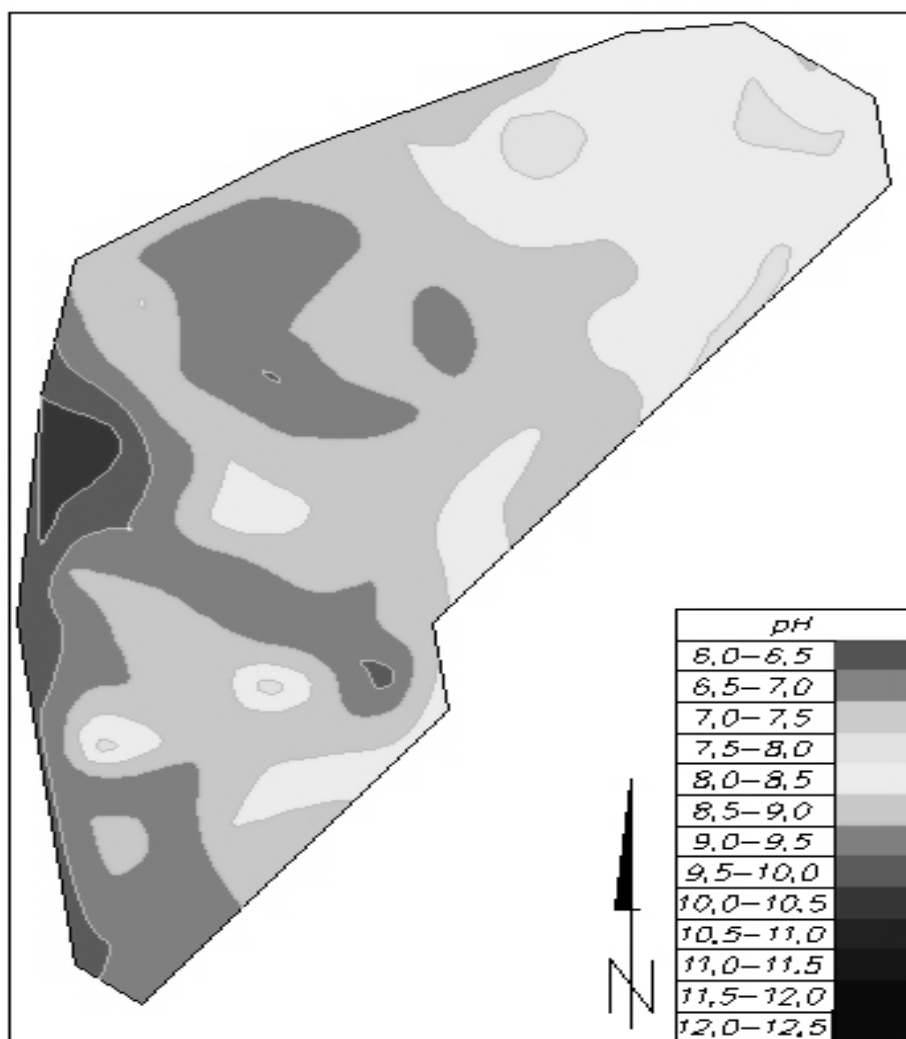
Obiekt badań i metody

Składowisko odpadów paleniskowych „Lubień” zlokalizowano na terenie Gminy Kleszczów w odległości około 3 km na zachód od elektrowni „Bełchatów” i około 12 km na południowy zachód od Bełchatowa na skraju Kotliny

Szczercowskiej, która w tym rejonie graniczy z Wysoczyzną Bełchatowską. Według regionalizacji przyrodniczo leśnej teren leży w północno wschodniej części krainy Małopolskiej (VI), Dzielnicy 7 – Wyżyny i Pogórza Śląskiego, w zasięgu zlodowacenia środkowopolskiego [Tramplera i in. 1990]. Rejon charakteryzuje się dość długim (210-218) i ciepłym okresem wegetacyjnym ze średnią roczną temperaturą wynoszącą 8,2°C i sumą roczną opadów 630 mm. Składowisko jest budowane z odpadów paleniskowych Elektrowni „Bełchatów” metodą hydrotransportu. Odpady paleniskowe, z gleboznawczego punktu widzenia, charakteryzują się wieloma niekorzystnymi i bardzo zmiennymi w przekroju poziomym i pionowym właściwościami fizycznymi i chemicznymi (m.in. dużą podatnością na erozję, cementacją, nadmiernie alkalicznym odczynem, brakiem azotu i fosforu) [Krzaklewski i in. 2005]. Wymienione właściwości zdeponowanych odpadów, przy ich dużej zmienności przestrzennej sprawiają, że stopień trudności rekultywacji biologicznej przedmiotowego obiektu jest duży [Krzaklewski 1988]. Początkowo odpady charakteryzują się silnie alkalicznym odczynem (pH w H₂O od 10,5-12,3). Z czasem po kilku latach wartości te ulegają obniżeniu. Są jednak silnie zróżnicowane. Przykładowo na rys. 1 przedstawiono zmienność pH po 4 latach od zdeponowania odpadów w 120 cm powłoce osadnika [Krzaklewski i in. 2005].

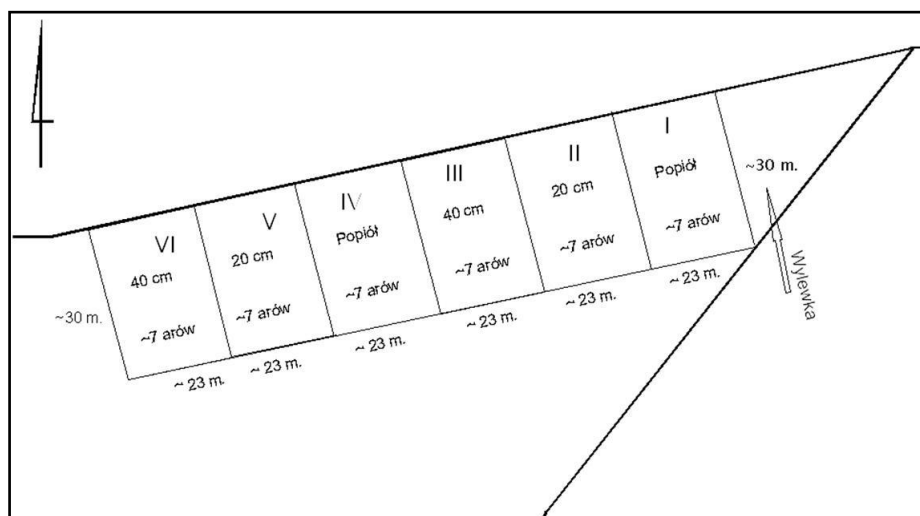
We wrześniu 1995 roku na polu nr 4 składowiska „Lubień” wyłączono z eksploatacji fragment osadnika o powierzchni około 0,60 ha. Z powierzchni tej wydzielono fragment półki, na którym założono 6 poletek doświadczalnych (każde o areale 7 arów). Zastosowano 2 warianty z pokryciem ziemią mineralną o miąższości 20 cm (poletka II i V) oraz 40 cm (poletka III i VI).

Na poletkach kontrolnych I i IV pozostały odpady paleniskowe (rys. 2). Badania glebowe wykazały, że pod względem składu ziarnowego zdeponowane utwory na obszarze wydzielonych poletek to głównie piaski pylaste, piaski gliniaste mocne i gliny piaszczyste [Gaik 2006]. Substraty na tak utworzonych poletkach doświadczalnych charakteryzowały się dużą zmiennością właściwości w profilu do 100 cm. Wartości pH w H₂O wynosiły od 7,81-8,31, pH KCl 7,10-8,25; przewodnictwo elektrolityczne właściwe PEW od 37-891 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$; zawartość CaCO₃ od 0,05-9,79 %; zawartość węgla organicznego C_{org} 0,26-4,41%; azotu ogółem N_{og} 0,009-0,192 %; siarki ogółem S_{og} 0,010-0,027 %; Mg przyswajalnego 1,54-13,82 mg·100g⁻¹; potasu K₂O 2,11-25,9 mg·100g⁻¹ i przyswajalnego fosforu P₂O₅ 0,0-6,0 mg·100g⁻¹ [Gaik 2006].



Rys. 1. Zróźnicowanie wartości pH w H_2O na wybranym 21 ha fragmencie Pola III osadnika „Lubień” po 4 latach od zdeponowania (średnie wartości dla głębokości 0-120 cm) [Krzaklewski i in. 2005]

Fig. 1. Variability of pH in H_2O values after 4 years on selected part 21 ha of Pole III fly ash disposal site “Lubień” (mean values at 0-120 cm deep) [Krzaklewski et al. 2005]



Rys. 2. Schemat doświadczenia z zalesieniem na składowisku popiołów „Lubień” (20 cm – oznacza wariant z pokryciem popiołów substratem (ziemią mineralną) miąższości 20 lub 40 cm) [Gaik 2006]

Fig. 2. The scheme of field experiment with reforestation on fly ash disposal site „Lubień” (20 cm – means variant with top-soiling at 20 cm thickness) [Gaik 2006]

W październiku 1995 roku poletka zalesiono 2-letnim dębem czerwonym, a w przypadku pozostałych gatunków zastosowano 1-roczny materiał zalesieniowy w więźbie 1,5×1,5 m. Na obrzeżach każdego poletka wysadzono brzozę brodawkowatą i czeremchę amerykańską, natomiast wewnątrz sosnę zwyczajną i dąb czerwony. W domieszce wprowadzono robinie akacjową. W latach 1996-2002 oceniano udatność upraw (% wypadów) oraz ogólną żywotność i stan nasadzeń. W latach 2004-2006 dokonano pomiarów średnicy drzewek na wysokości 1,3 m (pierśnicy $D_{1,3}$) z dokładnością do 0,1 cm oraz wysokości z dokładnością do 0,1 m wysokościomierzem Suunto. Bonitację dla sosny określono szacunkowo za pomocą "Tablic zasobności i przyrostu drzewostanów" oraz modelu bonitacji opracowanego na podstawie tablic zasobności Szymkiewicza [Szymkiewicz 1966, Ciszewski, Zasada 2003]. Dla pozostałych gatunków (z wyjątkiem robinii akacjowej) bonitację określono tylko orientacyjnie na podstawie tablic.

Oceniono także żywotność w przyjętej skali:

- bardzo dobra – osobniki bardzo dobrze przyrastające, proste, „przyszłościowe”,
- dobra – osobniki o dobrym pokroju, słabiej przyrastające,
- dostateczna – osobniki o umiarkowanym przyroście, obciążone wadami kształtu,
- zła – osobniki o przyroście ograniczonym do minimum, jakość techniczna zła,

- bardzo zła – osobniki pozbawione przyrostu o bardzo złej jakości, zamierające.

Wyniki i omówienie

Udatność upraw i zdrowotność drzewek, oceniana według przyjętej skali od początku założenia doświadczenia była dobra i bardzo dobra. Wyjątek stanowił dąb czerwony, który wypadł całkowicie w wyniku notorycznego zgryzania przez zwierzynę. W ostatnich 2 latach oceny upraw w warstwie zielnej (C) dominował trzcinnik piaskowy (*Calamagrostis epigejos* (L.) Roth), a stopień pokrycia powierzchni wynosił ponad 75%.

W tabeli 1 zestawiono wyniki pomiarów drzewek wykonanych w roku 2006. Analizując zebrane wyniki stwierdzono, że sosna po 10 latach wzrostu prawie na wszystkich poletkach miała podobną wysokość wynoszącą ok. 6 m. Tylko na poletku nr I (bez użyźnienia) egzemplarze sosny osiągnęły 5 m wysokości. Brzoza, jako gatunek towarzyszący wykazywała już pewne różnice w wysokości. Różnice te zaznaczały się bez względu na zastosowany wariant. Najmniejszą średnią wysokość tzn. 7,5 m uzyskiwała na poletkach nr I i III i V (czyli na popiele oraz 20 i 40 cm warstwie użyźniającej), a największą 8,5 m na poletkach nr II i IV (popiół i 20 cm warstwa użyźniająca). W przypadku robinii akacjowej różnice w wysokości były jeszcze wyraźniejsze.

Najmniejszą średnią wysokość (9 m) gatunek ten osiągnął na powierzchniach nr II i IV, a największą (12 m) na poletku VI. Roczny przyrost na wysokość w ostatnim 2006 roku kształtował się w zależności od gatunku następująco: ok. 45 cm dla sosny, ok. 50 cm dla brzozy i aż ok. 70 cm dla robinii. Porównując te 3 gatunki można stwierdzić, że największą wysokość osiągnęła robinia akacjowa, następnie brzoza brodawkowata i w końcu sosna zwyczajna.

Rozpatrując wyniki pomiarów pierśnic stwierdzono, że najmniejsze wartości dla sosny (6 cm) wystąpiły na poletku III (z 20 cm warstwą substratu przykrywającego popiół) natomiast największe (9 cm) na poletku II (z substratem o miąższości 40 cm). Dla brzozy pierśnica wahała się w granicach od 8 cm na poletku III do 10 cm na poletkach II i IV. Robinia akacjowa natomiast najmniejszą pierśnicę wykazywała na powierzchni nr V (9 cm), a największą na powierzchni III (aż 17 cm). Gatunek ten, podobnie jak w przypadku wysokości średniej, osiągnął największą grubość w porównaniu do sosny i brzozy.

Tab. 1. Wybrane cechy drzew na poletkach doświadczalnych (bonitację dla gatunku pozostałych oprócz sosny zwyczajnej podano orientacyjnie) [Krzaklewski i in. 2010]

Tab. 1. Some trees characteristics on experimental plots (besides of Scots pine, bonitation class for other species was given only by estimation) [Krzaklewski et al. 2010]

Poletko Plots	Gatunek* Species	Średnia wysokość H Mean height (m)		Średnia pierśnica D _{1,3} Mean dbh (cm)		Bonitacja* Bonitation class	
		2004 r	2006 r	2004 r	2006 r	2004 r	2006 r
I kontrol popiół control ash	Sosna Pine	3,0	4,5	6,0	9,0	III	III
	Brzoza Birch	5,5	7,5	7,0	9,0	II	I
II nadkład 20 cm, top-soil 20 cm	Sosna Pine	4,5	6,0	6,0	8,0	II	II
	Brzoza Birch	4,0	8,5	7,0	10,0	II	I
	Robinia Locust	7,5	9,0	11,0	14,0	b.d	b.d
III nadkład 40 cm, top- soil 40 cm	Sosna Pine	4,5	6,0	5,0	6,5	II	II
	Brzoza Birch	5,5	7,5	7,0	8,5	II	I
	Robinia Locust	8,0	11,0	12,5	16,0	b.d.	b.d.
IV popiół kontrol, control ash	Sosna Pine	4,5	6,0	5,5	8,0	III	II
	Brzoza Birch	5,0	8,5	7,0	10,0	II	I
	Robinia Locust	5,5	9,0	10,0	13,0	b.d	b.d
V nadkład 20 cm, top-soil 20 cm	Sosna Pine	5,0	6,5	6,0	8,0	II	I
	Brzoza Birch	5,5	7,5	7,0	9,0	I	I
	Robinia Locust	6,5	9,0	7,0	9,0	b.d.	b.d.
VI nadkład 40 cm, top- soil 40 cm	Sosna Pine	4,5	5,5	6,0	8,0	II	I
	Brzoza Birch	6,5	8,0	7,0	9,0	I	I
	Robinia Locust	10,0	12,0	11,0	15,0	b.d	b.d.

Objaśnienia: *gatunek- sosna zwyczajna, brzoza brodawkowata, robinia akacja; pomiar - jesień 2004 i 2006; bonitacja dla sosny na podstawie modelu bonitacyjnego Ciszewskiego i Zasady [2003], dla brzozy oszacowana orientacyjnie, dla robinii brak danych (b.d)

Explanations: *species – Scots pine, Common birch, Locust tree; measurement – fall 2004 and 2006; bonitation class for pine based on bonitation model by Ciszewski and Zasada [2003], for Birch only estimation, no data for Locust tree (b.d.)

Z przeprowadzonych analiz wynika, że wysadzone gatunki (z wyjątkiem dębu czerwonego) uzyskały po 10 latach wymiary zadowalające lub bardzo zadowalające bez względu na rodzaj podłoża (czysty popiół czy pokrycie substratem). Wyniki pomiarów z 2004 roku wskazywały jeszcze na istnienie różnic we wzroście sosny w zależności od zastosowanego wariantu. Jednak w 2006 roku stwierdzono, że różnice te, po kolejnych 2 latach wzrostu drzew, były już nie-

wielkie. Podobna sytuacja wystąpiła w odniesieniu do brzozy brodawkowatej. Robinia akacyjowa przyrastała bardzo dynamicznie na wszystkich poletkach, jednak największą wysokość uzyskała na powierzchniach w wariancie z pokryciem popiołu 40 cm warstwą substratu (poletka III i VI).

Bonitacja wzrostowa określona dla sosny wahała się od II do III klasy, przy czym nieco niższa była na poletkach kontrolnych z popiołem bez pokrycia substratem. Dla porównania brzoza osiągnęła orientacyjnie bonitację od I do II, niezależnie od rodzaju podłoża, co w przypadku skrajnie trudnych warunków siedliskowych na składowisku popiołów należy uznać za bardzo wysokie parametry.

Podsumowanie

- Parametry wzrostowe (średnia wysokość i pierśnica) sosny zwyczajnej wprowadzonej doświadczalnie na odpady paleniskowe budujące osadnik „Lubień” elektrowni „Bełchatów” na poletka z pokryciem substratem ziemi mineralnej (o miąższości 20 i 40 cm) oraz kontrolne bez pokrycia prawie wyrównały się po dziesięciu latach wzrostu. Podobnie było w przypadku gatunków wprowadzonych jako towarzyszące, tj. robinii akacyjowej i brzozy brodawkowatej. Na podstawie dotychczasowych wyników badań stwierdzono, że możliwa jest leśna rekultywacja tego składowiska metodą bez stosowania substratu ziemi mineralnej. Ważne jest jednak takie deponowanie odpadów paleniskowych aby posiadały one odpowiednie parametry fizyczne i chemiczne podobne do tych jakie występują na poletkach kontrolnych. Kwestia ta jednak wymaga jeszcze bardziej szczegółowych badań.
- Na podstawie dotychczasowych wyników, można stwierdzić, że w warunkach panujących na przedmiotowych poletkach założonych na półce zbocza osadnika „Lubień” większość testowanych gatunków(z wyjątkiem zgryzionego dębu czerwonego) dobrze rokuje na przyszłość. Można więc uwzględnić je w leśnej rekultywacji przedmiotowego składowiska.
- Po jedenastu latach wzrostu największe wymiary uzyskała robinia akacyjowa, w dalszej kolejności brzoza brodawkowata i sosna zwyczajna. Dąb czerwony wypadł całkowicie, jednak należy uznać, że przyczyniło się do tego jego zgryzanie przez zwierzynę.
- W warunkach przedmiotowego składowiska można więc planować zarówno plantacyjną uprawę robinii akacyjowej jak też docelowy skład zalesień z sosną zwyczajną i domieszką brzozy brodawkowatej. Inne gatunki liściaste, mogące pełnić rolę domieszki powinny być w dalszym ciągu testowane.

Literatura

1. CISZEWSKI CH. J., ZASADA M.: *Model bonitacyjny dla sosny na podstawie tablic zasobności Szymkiewicza*. Sylwan nr 1, 51-62, 2003
2. GAIK G.: *Ocena wybranych właściwości inicjalnych gleb i stanu roślinności na terenie poletek doświadczalnych na składowisku popiołów „Lubień”*. Praca magisterska wykonana w Katedrze Ekologii Lasu UR w Krakowie, Ms. 2006
3. KRZAKLEWSKI W.: *Leśna rekultywacja i biologiczne zagospodarowanie nieużytków przemysłowych*. AR Kraków, 1988
4. KRZAKLEWSKI W., PIETRZYKOWSKI M., FRUKACZ T.: *Charakterystyka PEW i pH odpadów paleniskowych z Elektrowni "Bełchatów" zdeponowanych na składowisku "Lubień"*. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie, WUG 6 (130)/2005, 48-50, 2005
5. SZYMKIEWICZ B.: *Tablice zasobności i przerostów drzewostanów*, Wydanie III, PWRiL Warszawa 1966
6. TRAMPLER T., KLICKOWSKA A., DMYTERKO E., SIERPIŃSKA A.: *Regionalizacja przyrodniczo-leśna na podstawach ekologiczno-fizjograficznych*, PWRiL, Warszawa, 1990

Praca została wykonana w ramach projektu badawczego nr PNRF-68-AI-1/07 pt. „Opracowanie indeksów jakości gleb dla naturalnych siedlisk leśnych nizin i wyżyn Polski i ich zastosowanie w gospodarce leśnej” sponsorowanego przez Grant Norweski w ramach Norweskiego Mechanizmu Finansowego

ASSESSMENT OF FOREST GROWTH WITH PLANTINGS DOMINATED BY SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) ON EXPERIMENTAL PLOTS ON A FLY ASH DISPOSAL SITE AT THE BEŁCHATÓW POWER PLANT

S u m m a r y

The results of Scots pine and accompanying species growth, introduced in the year 1995 on the Lubień fly ash disposal site at the Bełchatów Power Plant are presented. The different experimental variants were: top-soiling of fly ash to depths of 20 and 40 cm and control plots without top-soiling of the fly ash. Plots were planted with a mixture of Scots pine as the predominant species, with lesser amounts of Common birch, Locust and Boreal oak. After 11 years of investigation it was noted that the Boreal oak suffered from secretion caused from browsing by game. In the case of other species good growth was noted. Differences in tree growth

were observed in the beginning but equalized with time, especially for Scots pine. The results demonstrate the possibility of introducing trees on fly ash without top-soiling (mineral substrate), as well as the good adaptive abilities of Scots pine. The possibility of using predominantly Scots pine with an intermixture of Common birch as mine reclamation species during the first tree stand generation was also shown. The use of Locust trees for establishing an energy plantation was found to be a good solution. These results can be used for reclamation during forest planning design at the Belchatów fly ash disposal site.

Key words: fly ash disposal site, reclamation, Scots pine