

**ZESZYTY NAUKOWE
UNIWERSYTETU ZIELONOGÓRSKIEGO
NR 137**

INŻYNIERIA ŚRODOWISKA – 17

ZIELONA GÓRA • 2010

REDAKCJA ZESZYTU NAUKOWEGO:

dr hab. inż. Andrzej Greinert, prof. nadzw. (*Redaktor Naczelny*)

dr hab. Urszula Kołodziejczyk, prof. nadzw.

RADA WYDAWNICZA:

dr hab. Krzysztof Urbanowski, prof. UZ (*Przewodniczący*),

mgr Ryszard Błażyński (*Sekretarz*),

Członkowie: prof. zw. dr hab. inż. Marian Adamski; dr Rafał Ciesielski;

dr hab. inż. Michał Drab, prof. UZ; prof. zw. dr hab., Andrzej Maciejew-

ski; dr hab. inż. Maria Fic, prof. UZ; prof. nzw. dr hab. Beata Gabryś;

dr hab. Bohdan Halczak, prof. UZ; prof. zw. dr hab. Janusz Matkowski;

dr hab. inż. Anna Walicka, prof. UZ; dr hab. Zdzisław Wołk, prof. UZ

Wydano za zgodą J.M. Rektora Uniwersytetu Zielonogórskiego

ISSN 1895-7323

Skład komputerowy: dr hab. inż. Andrzej Greinert, prof. nadzw.

Copyright © by Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, Zielona Góra 2010
Copyright © by Authors, Zielona Góra 2010

SPIS TREŚCI

ZENON PARZYŃSKI – Propozycja bazy danych dla Dorzecza Odry	6
ZBIGNIEW KASZTELEWICZ, JERZY KLICH, SZYMON SYPNIEWSKI – Rekultywacja terenów poeksploatacyjnych w polskim górnictwie węgla brunatnego	16
ZBIGNIEW KASZTELEWICZ, JERZY KLICH, MACIEJ ZAJĄCZKOWSKI – Główne czynniki przemawiające za zagospodarowaniem złóż z rejonu Nadodrza	27
JOLANTA NIETRZĘBA-MARCINONIS – Rekultywacja gruntów pogórnicznych w PGE KWB Turów S.A.	38
WOJCIECH NAWORYTA, MARCIN CHODAK – Analiza możliwości zagospodarowania złóż węgla brunatnego w rejonie Gubina ze szczególnym uwzględnieniem uwarunkowań lokalnych (przyrodniczych, społecznych, kulturowych)	45
ZBIGNIEW BZOWSKI, ANDRZEJ DAWIDOWSKI, ZBIGNIEW KROPORNICKI – Krzemienie w czwartorzędowym nadkładzie pokładu węgla brunatnego w Sieniawie	56
MARCIN PIETRZYKOWSKI, WOJCIECH KRZAKLEWSKI, GRZEGORZ GAIK – Ocena wzrostu zalesień z dominacją sosny zwyczajnej (<i>Pinus sylvestris</i> L.) na poletkach doświadczalnych na odpadach paleniskowych elektrowni „Bełchatów”	65
MARCIN PIETRZYKOWSKI, WOJCIECH KRZAKLEWSKI, MALWINA TOMANEK, PAWEŁ HAJDUK – Gospodarka powierzchnią oraz charakterystyka drzewostanów i siedlisk na rekultywowanych zwałach odpadów górnictwa węgla kamiennego na obszarze Nadleśnictwa Rybnik (rejon GOP)	75
MIROŚLAWA GILEWSKA, KRZYSZTOF OTREMBA – Wpływ techniki sadzenia na efekty rekultywacji składowiska popiołów elektrownianych	86
MIROŚLAWA GILEWSKA – Rekultywacja leśna terenów pogórnicznych Konińskiego-Tureckiego Zagłębia Węgla Brunatnego	94
ANNA ASANI – Stan wałów przeciwpowodziowych w rejonie miasta Nowa Sól	102
MAREK PAJĄK, MICHAŁ JASIK – Poziom akumulacji cynku, kadmu i ołowiu w wierzchniej warstwie gleb leśnych w sąsiedztwie Huty Cynku „Miasteczko Śląskie”	112

MAREK PAJĄK, WOJCIECH KRZAKLEWSKI – Wpływ sposobów neutralizacji toksycznie kwaśnych utworów na wierzchowinie zwałowiska zewnętrznego KWB „Bełchatów” na wzrost sosny zwyczajnej (<i>Pinus sylvestris</i> L.).	123
STANISŁAW BARAN, ELŻBIETA JOLANTA BIELIŃSKA, MAŁGORZATA KAWECKA-RADOMSKA – Zawartość metali ciężkich w glebach parków miejskich podlegających zróżnicowanym wpływom antropogenicznym	131
ARKADIUSZ BIENIEK, ANDRZEJ ŁACHACZ – Rekultywacja gruntów pogórnich kopalni torfu „Budwity”	138
TADEUSZ CHRZAN – Węgiel brunatny szansą dla społeczeństwa województwa lubuskiego	151
ALEKSANDER WIDUCH, MICHAŁ ĆWIAKAŁA – Wykorzystanie popiołów lotnych z węgla brunatnego w budownictwie komunikacyjnym	158
URSZULA KOŁODZIEJCZYK – Charakterystyka złóż węgla brunatnego w województwie lubuskim	169
GRZEGORZ GALINIAK, JERZY JAROSZ – Rekultywacja terenów pogórnich w KWB „Sieniawa” Sp. z o.o.	180
KRZYSZTOF POLAK, JERZY KLICH – Zmiany składników bilansu wód w zlewni górniczej	189

ZENON PARZYŃSKI***PROPOZYCJA BAZY DANYCH
DLA DORZECZA ODRY***Streszczenie*

Wiele głównych punktów Konferencji pokrywa się z celami Dyrektywy INSPIRE, zwłaszcza te odnoszące się do ochrony środowiska naturalnego. Aby zrealizować te cele niezbędne jest współdziałanie wielu instytucji, urzędów, wspólnot. W przypadku Dorzecza Odry niezbędna jest też współpraca dwóch państw: Niemiec i Polski. W pracy zostanie przedstawiona koncepcja wspólnej bazy danych dla rejonów przygranicznych i włączenie jej do bazy danych Dorzecza Odry.

Słowa kluczowe: baza danych rejonów przygranicznych, ATKIS, TBD, baza danych Dorzecza Odry, Dyrektywa INSPIRE

Wstęp

Uchwalona w roku 2007 Dyrektywa INSPIRE [Dyrektywa INSPIRE 2007] jest wynikiem zwrócenia szczególnej uwagi na kwestie ochrony środowiska naturalnego na terenie Unii Europejskiej. Do zrealizowania tego celu, czyli ochrony środowiska naturalnego na wysokim poziomie jest niezbędne spełnienie szeregu warunków. Do pierwszej grupy, najbardziej podstawowej można m.in. zaliczyć: konieczność dysponowania informacją o stanie środowiska naturalnego i zjednoczenia wysiłków wszystkich państw członkowskich.

Informacje o stanie środowiska naturalnego są zbierane i przechowywane przez wszystkie państwa Unii, ale informacje te są różne (różna szczegółowość, dokładność itp.) i są gromadzone przy wykorzystaniu różnych aplikacji. Do zaplanowania zjednoczonych działań potrzebne są połączone informacje z krajów członkowskich. W tym celu Dyrektywa INSPIRE wymusza jedność zasad projektowania baz danych przestrzennych (modelowanie obiektowe), proponuje użycie do zapisu projektów baz formalnego języka UML i nakazuje integrację przygotowywanych modeli baz z normami ISO serii 19100, harmonizację oraz

* Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Warszawskie Przedsiębiorstwo Geodezyjne S.A.

zastosowanie zaleceń wynikających z dokumentów implementacyjnych. Te działania mają doprowadzić do umożliwienia agregowania danych przestrzennych na poziomie Unii, pochodzących ze wszystkich państw członkowskich.

Rejonami, gdzie konieczność łączenia danych pochodzących z różnych źródeł oraz konieczność współpracy międzynarodowej jest widoczna chyba najbardziej są tereny przygraniczne. Ta konieczność uwidacznia się nie tylko przy ochronie środowiska, ale przy bardzo wielu innych działaniach. Przykładem może być opracowanie map topograficznych. Nie ma chyba takiej sekcji mapy topograficznej (niezależnie w jakiej skali), która kończyłaby się równo z granicą państwa. Mamy więc dwie możliwości: „po drugiej” stronie granicy zostawić pustą plamę lub nawiązać współpracę. Wychodząc naprzeciw tym potrzebom GUGiK (Główny Urząd Geodezji i Kartografii) podpisał z WPG S.A. (Warszawskie Przedsiębiorstwo Geodezyjne S.A.) umowę (Umowa Nr BO-4-2503-118/GI-2503-107/2009 z dnia 17.09.2009 r.) na opracowanie koncepcji wspólnych baz danych dla rejonów przygranicznych. Autor niniejszego artykułu został przez WPG zaproszony do współpracy przy opracowaniu tej koncepcji.

W dalszej części artykułu zostanie zaprezentowana opracowana koncepcja wspólnej bazy danych. Baza ta, gdy powstanie, powinna stać się integralną częścią bazy danych Dorzecza Odry.

Krótkie przedstawienie systemów AAA i ATKIS

Opracowana koncepcja dotyczyła utworzenia baz danych dla skali 1:10 000, a w następnej kolejności innych poziomów skalowych. Podstawą opracowania było porównanie zawartości informacyjnej TBD (Topograficzna Baza Danych) [Wytyczne techniczne 2008] z jej odpowiednikiem w Niemczech – ATKIS [ATKIS 2009].

ATKIS jest częścią jednolitego zintegrowanego systemu baz danych georeferencyjnych w Republice Federalnej Niemiec zwanego AAA [AAA 2009]. W skład systemu AAA wchodzi:

- **AFIS - Amtliches FestpunktInformationsSystem** – Urzędowy System Informacyjny Osnów Przestrzennych. System ten składa się z następujących komponentów ogólnych:
 - Osnowy płaskie;
 - Osnowy wysokościowe;
 - Osnowy grawimetryczne;
- **ALKIS - Amtliches LiegenschaftsKataster-InformationSystem** – Urzędowy System Informacyjny Katastru Nieruchomości. System ten składa się z następujących komponentów:
 - Mapa nieruchomości;
 - Księga nieruchomości;

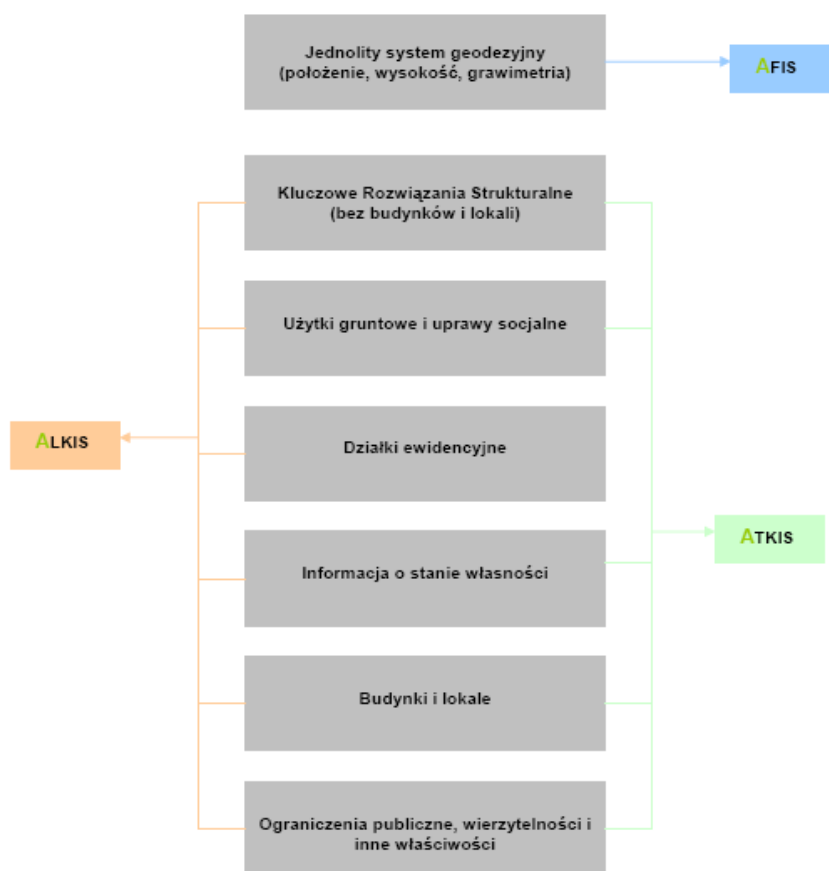
- Rejestr punktów;
- **ATKIS – Amtliches Topographisch - Kartographisches InformationsSystem**
– Urzędowy Topograficzno-Kartograficzny System Informacyjny. System ten składa się z następujących komponentów:
 - Cyfrowe Modele Krajobrazu;
 - Cyfrowe Mapy Topograficzne;
 - Cyfrowe Modele Terenu;
- oraz niezależne od modelowania w AAA produkty grupy ATKIS:
 - Cyfrowe Modele Zdjęć;
 - Cyfrowe Ortofotomapy.

Na rys. 1 pokazany jest model baz danych systemu AAA.

Urzędowy Topograficzno-Kartograficzny System Informacyjny ATKIS jest współtworzony przez agendy kartowania 16 landów RFN i koordynowany przez Federalny Urząd do spraw Kartografii i Geodezji (BKG - Bundesamt für Kartographie und Geodäsie). Prawa autora i dystrybutora produktów tego systemu posiada Komitet do Spraw Administracji Geodezyjnej Krajów Związkowych Republiki Federalnej Niemiec (AdV), Składowymi Systemu ATKIS są:

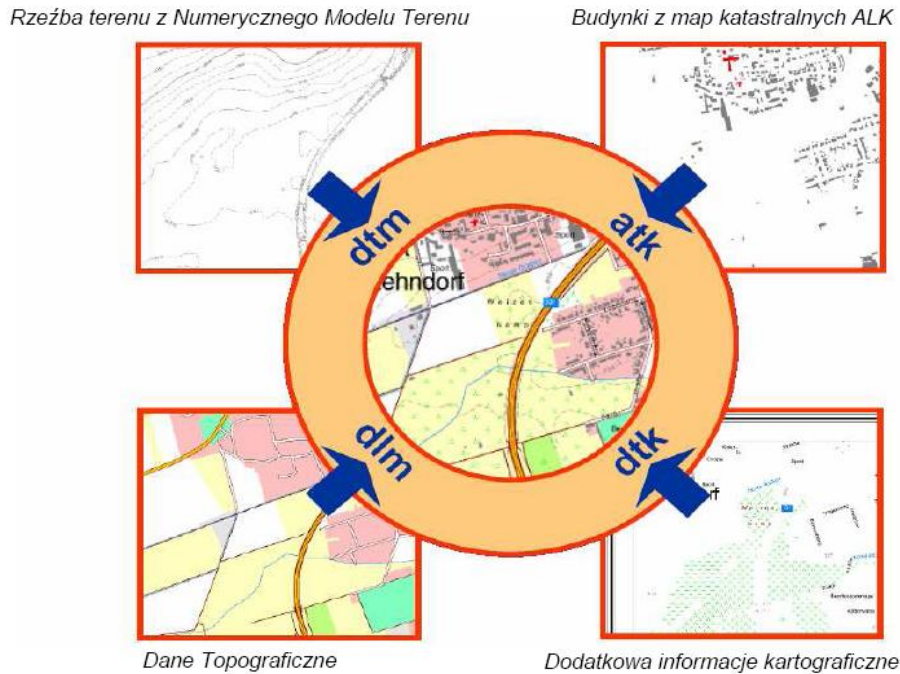
- Modele Krajobrazu – Digitale Landschaftsmodelle:
 - Numeryczny Bazowy Model Krajobrazu – Digitales Basis-Landschaftsmodell (Basis-DLM)
 - Numeryczny Model Krajobrazu 50 – Digitales Landschaftsmodell 50 (DLM50)
 - Numeryczny Model Krajobrazu 1000 – Digitales Landschaftsmodell 1000 (DLM1000)
- Numeryczne Modele Rzeźby Terenu - Digitale Geländemodelle
 - Numeryczny Model Rzeźby Terenu 5 – Digitales Geländemodell 5 (DGM5)
 - Numeryczny Model Rzeźby Terenu 25 – Digitales Geländemodell 25 (DGM25)
 - Numeryczny Model Rzeźby Terenu 50 – Digitales Geländemodell 50 (DGM50)
 - Numeryczny Model Rzeźby Terenu Niemiec – Digitales Geländemodell Deutschland (DGM-D)
 - Numeryczny Model Rzeźby Terenu 250 – Digitales Geländemodell 250 (DGM250)
 - Numeryczny Model Rzeźby Terenu 1000 – Digitales Geländemodell 1000 (DGM1000)
- Numeryczne Mapy Topograficzne – Digitale Topographische Karten
 - Numeryczna Mapa Topograficzna 1: 10 000 – Digitale Topographische Karte 1: 10 000 (DTK10)

- Numeryczna Mapa Topograficzna 1: 25 000 – Digitale Topographische Karte 1: 25 000 (DTK25)
- Numeryczna Mapa Topograficzna 1: 50 000 – Digitale Topographische Karte 1: 50 000 (DTK50)
- Numeryczna Mapa Topograficzna 1: 100 000 – Digitale Topographische Karte 1: 100 000 (DTK100)
- Numeryczna Mapa Topograficzna 1: 250 000 – Digitale Topographische Karte 1: 250 000 (DTK250)
- Numeryczna Mapa Topograficzna 1: 1 000 000 – Digitale Topographische Karte 1: 1 000 000 (DTK1000)
- Numeryczne ortofotomapy (DOP).



Rys. 1. Model baz danych AAA [Ekspertyza 2009]
Fig. 1. Database Model of the AAA [Ekspertyza 2009]

Na rysunku 2. został zaprezentowany sposób, w jaki budowany jest zasób bazy systemu ATKIS. Na jego części składają się dane topograficzne, budynki z bazy ALK, rzeźba terenu z DGM, oraz mapy topograficzne DTK.



Rys. 2. Składowe systemu ATKIS [Ekspertyza 2009]
Fig. 2. Components of ATKIS System [Ekspertyza 2009]

Po tym bardzo skrótowym opisie systemu ATKIS powinien nastąpić opis TBD, ale autor z tego zrezygnował zakładając, że TBD i jej problemy są w Polsce dosyć dobrze znane.

Koncepcja bazy danych dla rejonów przygranicznych

Zawartość informacyjna TBD i ATKIS w zasadzie dotyczy bardzo podobnych zakresów i jest podobna. Nawet jednak po wstępnej analizie uwidaczniają się dość znaczące różnice. Obiekty występujące w obu bazach są podzielone na grupy tematyczne oraz poziomy. Różnice występujące pomiędzy strukturą ATKIS i TBD pojawiają się już na najwyższym (najbardziej ogólnym) poziomie podziału obiektów. Baza obiektów TBD posiada podział na grupy znacznie bardziej szczegółowy niż baza ATKIS. Grupy obiektów z poziomu I ATKIS nie

odpowiadają dokładnie grupom poziomu I z TBD. Grupa „Tatsächliche Nutzung” (Rzeczywiste Wykorzystanie) częściowo obejmuje obiekty znajdujące się w TBD w grupach „Sieci cieków”, „Sieci dróg i kolei”, „Kompleksy pokrycia terenu” i „Kompleksy użytkowania terenu”. W tab.1 została podjęta próba przyporządkowania w przybliżeniu grup poziomu I obu baz danych.

Tab. 1. Porównanie zawartości ATKIS i TBD [Ekspertyza 2009]

Tab. 1. Comparison between ATKIS and TBD content [Ekspertyza 2009]

ATKIS	TBD
--	Sieci cieków
--	Sieci dróg i kolei
-	Sieci uzbrojenia
-	Kompleksy pokrycia terenu
Gebäude (Budowle)	Budowle i urządzenia
Tatsächliche Nutzung (Rzeczywiste Wykorzystanie)	Kompleksy użytkowania terenu
Bauwerke, Einrichtungen und sonstige Angaben (Struktury, obiekty i inne informacje)	Obiekty inne
-	Tereny chronione
Gesetzliche Festlegungen, Gebietseinheiten, Kataloge (Wymagania ustawowe, jednostki terenu, Katalogi)	Podziały administracyjne i ewidencyjne
Relief (Rzeźba terenu)	Rzeźba terenu

Porównanie zawartości baz danych ATKIS i TBD pozwoliło dokonać podziału obiektów znajdujących się w tych bazach na kilka grup:

- Grupa 1. Obiekty występujące tylko w jednej bazie danych;
- Grupa 2. Obiekty występujące w obu bazach danych, dla których część (lub wszystkie) atrybuty się pokrywają. Do tej grupy też sugeruje się zaliczyć obiekty, dla których część atrybutów w drugiej bazie danych znajduje się w kilku obiektach (nie tylko w jednym);
- Grupa 3. Obiekty występujące w obu bazach danych, dla których takie same są tylko atrybuty przestrzenne;
- Grupa 4. Obiekty występujące w obu bazach danych, dla których nie ma wspólnych atrybutów (nawet atrybuty przestrzenne są inne).

W normie ISO 19109 [ISO 19109: 2005] wg General Feature Model (GFM) atrybuty można podzielić na następujące typy: ThematicAttributeType - atrybut tematyczny (opisowy), SpatialAttributeType - atrybut przestrzenny (geometryczny lub topologiczny), LocationAttributeType - atrybut dot. położenia. Pozostałymi typami atrybutów, zdefiniowanymi w GFM, są: TemporalAttributeType - atrybut czasowy, MetadataAttributeType - atrybut metadanych oraz QualityAttributeType - atrybut jakościowy.

Zdecydowanie więcej w obu badanych bazach danych występuje obiektów, które w większym lub mniejszym zakresie się różnią. Pomimo tych różnic autorzy ekspertyzy uważają, że taką wspólną bazę danych (Common Database – CDB) można i należy utworzyć.

Założenia dla CDB:

- podstawą utworzenia bazy danych będzie model w języku UML, który będzie zintegrowany z normami ISO serii 19100 oraz będzie uwzględniał zalecenia reguł implementacyjnych INSPIRE;
- proponuje się, by językiem bazy danych był język angielski;
- w skład CDB powinny wchodzić wszystkie obiekty, które mają jakieś wspólne atrybuty (czyli obiekty z grup 2-4);
- standard wymiany danych musi zostać uzgodniony przez oba zainteresowane kraje – propozycją jest GML w uzgodnionej wersji;
- układ odniesienia też musi zostać uzgodniony i wszystkie obiekty z bazy będą miały współrzędne w tym jednym wybranym układzie. Dokładnie taka sama sytuacja występuje w przypadku czasowego układu odniesienia;
- całą zawartość bazy danych należy poddać standardowym testom jakości określonym w normach ISO 19113 i 19114 [ISO 19113:2002 i ISO 19114:2003];
- CDB będzie zawierała tylko część obiektów z danego rejonu przygranicznego, więc metadane powinny zostać ograniczone do tzw. Dublin Core Metadata Element Set [Dublin Core 2008] lub do tzw. rdzennych elementów metadanych – Core metadata [ISO 19115: 2003];
- każdy kraj stosuje do przedstawienia obiektów na mapach „swoj” zestaw znaków umownych. Proponuje się nie ingerowanie w te zestawy i zostawienie do decyzji każdej z zainteresowanych stron sposobów prezentowania obiektów z bazy danych. Można ewentualnie dołączyć do obiektów po dwa zestawy znaków umownych oraz napisy w obu językach;
- podobnie jak wyżej proponuje się nie ingerować w sposoby prezentacji obiektów w geoportalach;
- do ustalenia zostają też kwestie związane z rodzajem usług sieciowych.

Transfer danych pomiędzy systemami ATKIS i TBD ma się odbywać przez pośrednictwo CDB. Znajdujące się tam obiekty wraz z opisującymi je atrybutami będą tylko takimi obiektami i atrybutami, które się znajdują w obu bazach danych. Każda z zainteresowanych stron powinna oddzielnie zdecydować czy, a jeśli to ile i jakie obiekty ze wspólnej bazy zostaną przeniesione do ATKIS lub TBD.

Baza Danych dla Dorzecza Odry

Podstawą budowy bazy danych dla Dorzecza Odry, podobnie jak bazy dla rejonów przygranicznych, powinien być model bazy zapisany w języku UML Model, który będzie zintegrowany z normami ISO oraz uwzględniający reguły implementacyjne. Powinny to być dwie bazy danych (podobnie jak dla rejonów przygranicznych) odpowiadające dokładności mapie zasadniczej oraz mapie topograficznej w skali 1:10000 lub 1:25000. Należałoby uzgodnić te „dokładności” baz Dorzecza Odry z CDB (gdy powstaną), by transfer danych między nimi odbywał się bezproblemowo.

Najistotniejszą sprawą jest oczywiście zawartość bazy dla Dorzecza Odry. W skład bazy powinny wchodzić wszystkie obiekty, które będą przydatne do realizacji celów, dla których baza zostanie utworzona, m.in.: zapobieganie powodziom i przewidywanie ich skutków, racjonalna gospodarka zasobami naturalnymi oraz ich ochrona, rekultywacja terenów zdegradowanych, zrównoważony rozwój terenów Dorzecza Odry itp. Baza danych dla Dorzecza Odry powinna integrować dane z bardzo wielu różnych dziedzin działalności ludzkiej. W związku z tym należy też utworzyć tematyczne CDB. Wydaje się, że przedstawiona koncepcja w punkcie 3 może zostać wykorzystana do utworzenia tematycznych baz danych dla rejonów przygranicznych, które mogą i powinny zasilić bazę dla Dorzecza Odry. Decydować o zawartości tej bazy powinien jakiś organ powołany do jej prowadzenia i aktualizacji, jednym słowem powołany do zarządzania tą bazą.

Jednym z rodzajów obiektów bazy danych będą obiekty znajdujące się obecnie w georeferencyjnych (geodezyjnych) bazach danych, łącznie z ortofotomapami i numerycznym modelem terenu. Będą one służyły do „dowiązania” obiektów bazy z powierzchnią ziemi. Jest to główne zadanie składników geodezyjnych, chociaż nie tylko. Trudno np. jest przecenić możliwość wykorzystania numerycznego modelu terenu do prób przewidywania skutków ewentualnych powodzi.

Zakończenie

Wszystko na to wskazuje, że opracowana koncepcja zostanie wykorzystana do utworzenia wspólnej bazy danych dla terenów leżących w pobliżu granicy pomiędzy Niemcami a Polską. Następnym krokiem musi być opracowanie schematu aplikacyjnego i katalogu obiektów dla tej bazy, zintegrowanie tego modelu z normami ISO i dostosowanie do reguł implementacyjnych INSPIRE.

Zostało oczywiście jeszcze wiele kwestii technicznych i organizacyjnych do ustalenia, np. w jakiej postaci ta baza danych będzie funkcjonować, czy jako

baza rozproszona znajdzie się na jednym serwerze, w jakim oprogramowaniu, kto będzie tą bazą administrował itp.

Opracowana koncepcja jednej wspólnej bazy danych dla terenów przygranicznych dotyczy obiektów, których dokładność określenia położenia oraz opis atrybutami odpowiada skali 1:10000. Nic nie stoi na przeszkodzie, by to samo zrobić dla skal np. mapy zasadniczej. Główny trzon koncepcji się nie zmieni. Wspólna baza danych będzie obejmować tylko więcej rodzajów obiektów i z większą szczegółowością te obiekty będą opisywane.

Zgodnie z teorią baza danych nie ma skali i powinna być możliwość – poprzez generalizację wygenerowania z bazy mapy o dowolnej skali. Tyle teoria. Nie został jeszcze opracowany algorytm automatycznej generalizacji. W związku z tym powinny funkcjonować docelowo minimum dwie bazy odpowiadające szczegółowości charakteryzowania obiektów mapie zasadniczej oraz jednej ze skal map topograficznych. Oczywiście musi istnieć przepływ danych pomiędzy tymi bazami. Podobną technologię można wykorzystać do utworzenia tematycznych CDB.

Po utworzeniu baza CDB, lub bazy CDB, powinny (wg autora muszą) się stać częścią bazy (lub baz, gdy będzie ich kilka) dla Dorzecza Odry. Pytaniem jest tylko: jaka część tych baz. Proponuje się, by cała zawartość wspólnej bazy danych weszła do bazy Dorzecza Odry, oczywiście za zgodą i w porozumieniu ze stroną niemiecką. Tylko z taką zawartością baza danych Dorzecza Odry będzie mogła spełnić swoje zadania – dostarczania danych i analiz dla bardzo wielu projektów dotyczących nie tylko kwestii ochrony środowiska, ale także turystyki, produkcji map, rozwoju rejonów leżących po obu stronach granicy itp.

Reasumując należy się spodziewać, że:

- zostanie utworzona wspólna baza danych dla terenów przygranicznych (na początku jedna);
- do utworzenia tej bazy zostanie wykorzystana przedstawiona wyżej koncepcja;
- po utworzeniu baza ta powinna stanowić ważną część składową bazy danych dla Dorzecza Odry;
- należy dążyć do utworzenia tematycznych CDB i włączeniach ich zasobów do bazy dla Dorzecza Odry.

Literatura

1. AAA: <http://www.adv-online.de/icc/extdeu/broker.jsp?uCon=68470b36-de06-8a01-e1f3-351ec0023010&uBasVariantCon=11111111-1111-1111-1111-111111111111>, 2009

2. ATKIS <http://www.adv-online.de/icc/extdeu/broker.jsp?uCon=68470b36-de06-8a01-e1f3-351ec0023010&uBasVariantCon=11111111-1111-1111-1111-111111111111>, 2009
3. Dyrektywa INSPIRE: 2007/2/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 14 marca 2007 r. ustanawiająca infrastrukturę informacji przestrzennej we Wspólnocie Europejskiej (INSPIRE) http://www.gugik.gov.pl/gugik/dw_files/741_dyrektywa_inspire.pdf 2007
4. Ekspertyza: Opracowanie ekspertyzy w zakresie harmonizacji Bazy Danych Topograficznych w strefie przygranicznej na przykładzie granicy pomiędzy Rzeczpospolitą Polską a Republiką Federalną Niemiec. Opracowanie niepublikowane, 2009
5. ISO 19109: Geographic information – Rules for application schema, ISO 2005
6. ISO 19113: Geographic information – Quality principles, ISO 2002
7. ISO 19114: Geographic information – Quality evaluation procedures, ISO 2003
8. Wytyczne Techniczne: Wytyczne Techniczne BAZA DANYCH TOPOGRAFICZNYCH (TBD), v.1.0 – uzupełniona, Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Warszawa, http://www.gugik.gov.pl/gugik/dw_files/1055_wytyczne_tbd_2008_uzupelnione.zip; 2008

DATABASE FOR ODRA BASIN – CONCEPTION PROPOSITION

S u m m a r y

Plenty of main points of the Conference are convergent with the INSPIRE directive, especially those connected with an environment protection. Institutions, departments and partnerships interoperability is essential for a realization of those aims. If Odra basin is taken into consideration, interoperability of Germany and Poland is needed. The paper presents a conception of a common database for a border regions. The database will be next included into Odra basin database.

Key words: border regions database, ATKIS, TBD, Odra basin database, INSPIRE Directive

**ZBIGNIEW KASZTELEWICZ, JERZY KLICH,
SZYMON SYPNIEWSKI***

REKULTYWACJA TERENÓW POEKSPLOATACYJNYCH W POLSKIM GÓRNICTWIE WĘGLA BRUNATNEGO

Streszczenie

W artykule przedstawiono stan rekultywacji terenów pogórnich w poszczególnych kopalniach węgla brunatnego w Polsce. Omówiono dotychczasowe osiągnięcia kopalń w zakresie dokonanej rekultywacji i rewitalizacji terenów poeksploatacyjnych. Z artykułu wylania się obraz byłych terenów eksploatacyjnych, które obecnie służą mieszkańcom dla różnych celów, w tym dla rekreacji i w sposób znaczący podnoszą atrakcyjność regionów, w których się znajdują.

Słowa kluczowe: tereny pogórnice, rekultywacja, węgiel brunatny

Wstęp

Branża węgla brunatnego w Polsce składa się z pięciu odkrywkowych kopalń węgla brunatnego i pięciu elektrowni opalanych tym paliwem. Łączne wydobycie węgla wynosi około 60 mln Mg rocznie, a moc elektrowni – 8917 MW. Od początku działalności w polskich kopalniach węgla brunatnego wydobyto około 2,425 mld Mg węgla, zdejmując łącznie ponad 9,546 mld m³ nadkładu. W 2009 roku wydobyto 56,9 mln Mg węgla i zdjęto 249,8 mln m³ nadkładu.

Liderem w ilości gruntów zrekultywowanych jest KWB „Konin”, która wykonała 50% prac rekultywacyjnych całej branży. Na drugim miejscu jest KWB „Adamów”, a następnie KWB „Bełchatów”, „Turów” i „Sieniawa”. Czołowe miejsca kopalni Konin i Adamów wynikają głównie z faktu, że te kopalnie są typowymi kopalniami wieloodkrywkowymi, eksploatującymi małe złoża węgla brunatnego. W tych kopalniach otwierane nowe odkrywki „pomagają” w rekultywacji wyrobisk poeksploatacyjnych „starych” odkrywek poprzez lokowanie

* Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

mas nadkładowych czy wód z wkopów udostępniających do wyrobisk zamykanych odkrywek.

Górnictwo węgla brunatnego systematycznie i zgodnie z kanonami sztuki górniczej dokonywało i dokonuje rekultywacji i zagospodarowania terenów „odzyskiwanych” w miarę przesuwania się frontów eksploatacyjnych. Kopalnie nie posiadają zaległości w rekultywacji terenów poeksploatacyjnych.

Jako pierwsza w branży węgla brunatnego próby rekultywacji terenów pogórnich podjęła Kopalnia „Konin”. Już na przełomie lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych XX wieku rozpoczęto prace badawczo-wdrożeniowe. Wdrożono tym samym w życie zasadę – myśl twórcy sozologii profesora i rektora Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie Walerego Goetla – „Co człowiek zniszczył, człowiek musi naprawić”.

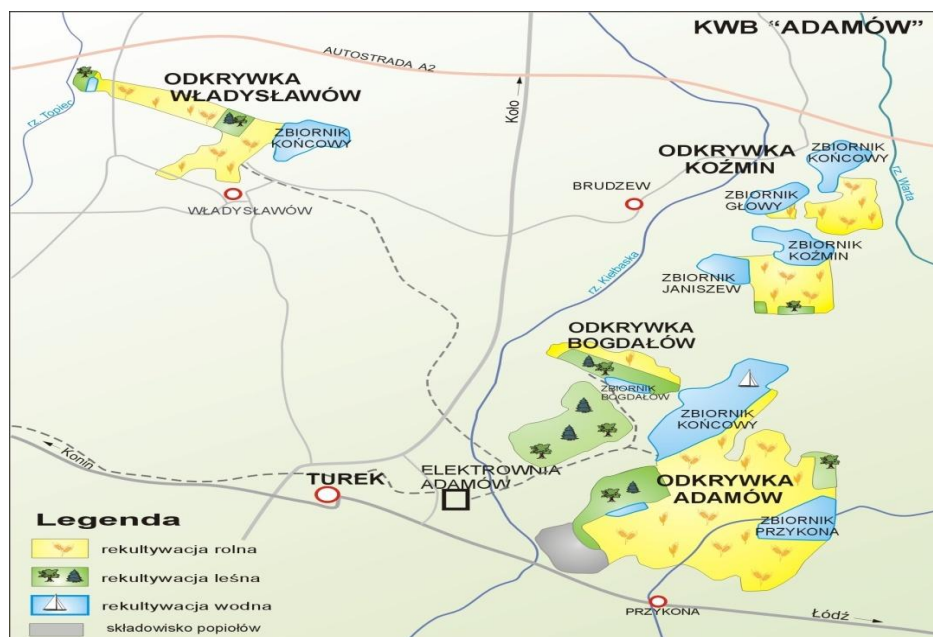
Kopalnie węgla brunatnego do końca 2009 roku zredukowały ponad 17000 ha terenów poeksploatacyjnych. Natomiast aktualnie z działalnością górniczą związane jest około 17900 ha.

Kopalnia „Adamów”

KWB „Adamów” prowadzi działalność górniczą w rejonie Turku od ponad 40 lat. Dla potrzeb działalności kopalnia zajmowała sukcesywnie kolejne tereny o różnym przeznaczeniu. W latach sześćdziesiątych podstawowym kierunkiem rekultywacji był kierunek leśny. Po wprowadzeniu nowego sposobu zwałowania w 1978 roku, wykorzystując podsięsylny sposób zwałowania wierzchowiny zwałowisk, nastąpiła zmiana kierunku zagospodarowania z leśnego na rolny.

Dzięki procesom rekultywacyjnym dokonanych na terenach poeksploatacyjnych, powierzchnia zyskuje status gruntu rolnego i jest później sprzedawana w przetargach. Kopalnia powstała na glebach bardzo niskiej klasy bonitacyjnej (V i VI), które obecnie – po skomplikowanych zabiegach rekultywacyjnych i agrotechnicznych – mieszczą się już w wyższych klasach – III i IV. Spółka wprowadza w życie swoje programy rekultywacji oraz współpracuje z gminami w celu jak najlepszego wykorzystania zredukowanych rolniczo terenów [Rychter, Małachowska 2008].

Wyrobiska końcowe zamieniane są na zbiorniki wodne o różnej pojemności i powierzchni. Są one wykorzystywane do celów retencyjnych, rekreacyjnych, melioracyjnych, przeciwpożarowych a także zwałowania nadkładu pochodzącego z innych odkrywek. Jednym z takich działań było podjęcie decyzji o wykorzystaniu wyrobiska końcowego odkrywki Bogdałów jako zwałowiska dla powstającej kilka kilometrów dalej odkrywki Koźmin. Pozwoliło to uniknąć tworzenia dużego zwałowiska zewnętrznego, a jednocześnie ułatwiło likwidację dużego wyrobiska poeksploatacyjnego poprzez jego znaczne wypłylenie.



Rys. 1. Rekultywacja terenów pogórnich w kopalni „Adamów” (oprac. własne)
Fig. 1. Reclamation of mining sites in the "Adamów" mine (own work)



Fot. 1. Rekreacja na zbiorniku wodnym „Przykona” (fot. Z. Kasztelewicz)
Phot. 1. Recreation on the water reservoir "Przykona" (phot. Z. Kasztelewicz)

W 1994 roku na zazwałowanym terenie po odkrywce Bogdałów, w porozumieniu z Nadleśnictwem Turek, któremu teren ten miał być zwrócony, kopalnia wykonała zbiornik wodny o powierzchni 10,84 ha i kubaturze 600 tys. m³ (rys. 3). Zbiornik zasilany jest częściowo wodą z odwodniania powierzchniowego odkrywki Adamów.

Kopalnia „Bełchatów”

Tereny rekultywowane w kopalni obejmą dwa pola: Bełchatów oraz Szczerców. Obecnie eksploatowane pole Bełchatów zajmuje powierzchnię około 3 887 ha i zostanie wyczerpane około 2018 roku. Udostępnienie złoża wymagało zdjęcia nadkładu, który został umieszczony na zwałowisku zewnętrznym, wyniesionym ponad teren na wysokość 195 m. Jego powierzchnia u podstawy wynosi około 1 480 ha. Zgodnie z decyzją władz zwałowisko to zostało zrehabilitowane w kierunku leśnym. Natomiast na stoku północnym wybudowana została między innymi nartostada, która w sposób znaczny przyczyniła się do uatrakcyjnienia terenów zrehabilitowanych w Bełchatowie. Doskonała lokalizacja (6 kilometrów od trasy szybkiego ruchu Warszawa - Katowice i 18 kilometrów od Bełchatowa) sprawia, że w sezonie zimowym na stok przyjeżdżają tłumy amatorów białego szaleństwa [Woźna 2008].



Fot. 2. Sezon narciarski na stoku w Bełchatowie (fot. KWB „Bełchatów”)
Phot. 2. The ski season on the slopes in Bełchatów (phot. KWB „Bełchatów”)

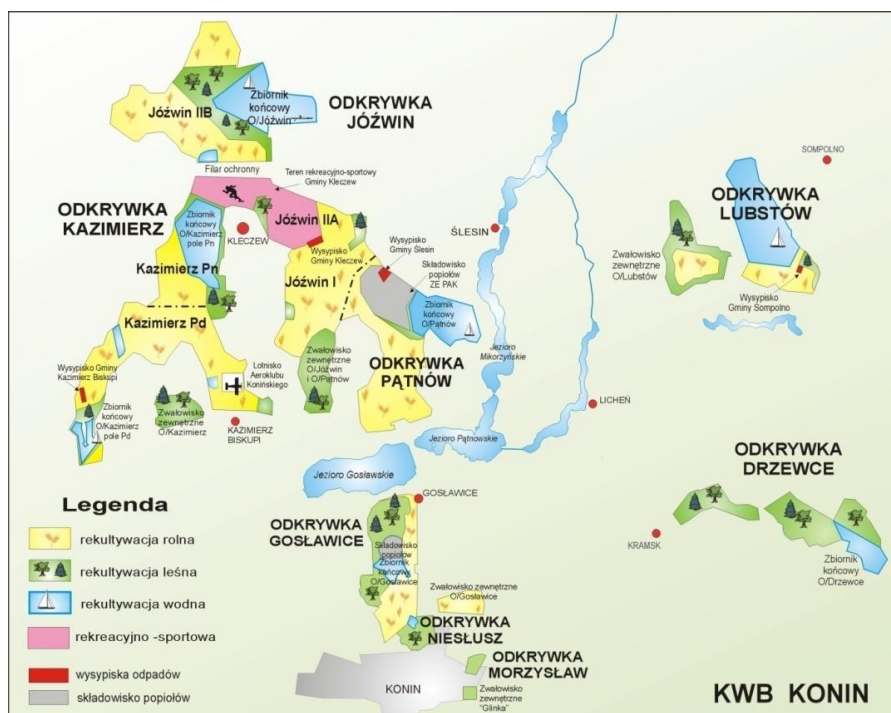


Fot. 3. Tor saneczkowy na Górze Kamiński (fot. Z. Kasztelewicz)
Phot. 3. Tobogganing on Mount Kamiński (phot. Z. Kasztelewicz)

Kopalnia „Konin”

W Kopalni Konin dotychczas dominującym kierunkiem rekultywacji była rekultywacja rolna. Sprzyjała temu obecność w nadkładzie glin zwałowych szarych, które dzięki swym właściwościom przydatne są nie tylko w rekultywacji rolnej, ale również leśnej.

Rekultywacja wodna występuje głównie w wyrobiskach końcowych. Powstają zbiorniki wodne o znanych powierzchniach, głębokościach i pojemnościach. Zbiorniki te – zasilane wodą podziemną i powierzchniową – mogą być wykorzystywane w różnych celach: rekreacyjnym, retencyjnym-sportowym, wędkarskim itp. Rekultywacja o kierunku rekreacyjno-wodno-sportowym jest w ostatnim okresie kierunkiem cieszącym się dużym zainteresowaniem samorządów gminnych [Kasztelewicz, Michalski 2006]. Przykładowo – w odkrywcę Kazimierz Południe, zrehabilitowanej w kierunku wodnym utworzone zostało jezioro o powierzchni około 110 ha.



Rys. 2. Rekultywacja terenów pogórnicznych w KWB "Konin" (oprac. własne)

Fig. 2. Reclamation of mining sites in the KWB "Konin" (own work)

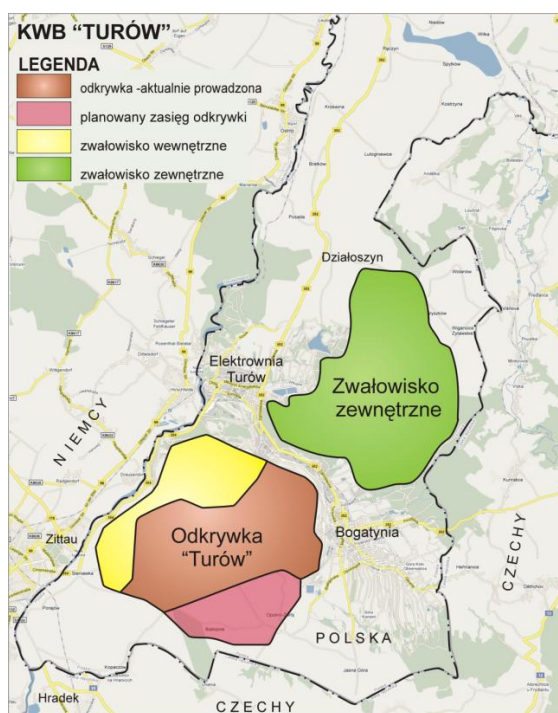


Fot. 4. Plaża przy zbiorniku po odkrywce „Kazimierz Południe” (fot. Z. Kasztelewicz)

Phot. 4. Beach at the reservoir after the pit "Kazimierz South" (phot. Z. Kasztelewicz)

Kopalnia „Turów”

Rekultywację terenów poeksploatacyjnych kopalnia „Turów” rozpoczęła w latach sześćdziesiątych, przyjmując koncepcję leśnego zagospodarowania zwałowiska zewnętrznego. Nie sprawdziły się natomiast próby prowadzenia rekultywacji w kierunku rolnym. Działania takie znalazły potwierdzenie w decyzjach administracyjnych, ustalających leśny kierunek zagospodarowania. W wyniku prowadzonych zabiegów rekultywacyjnych powstały lasy o powierzchni około 1700 ha, z tego około 1400 ha zostało już przekazane pod administrację lasów państwowych, natomiast na pozostałych terenach prowadzone są zabiegi pielęgnacyjne.

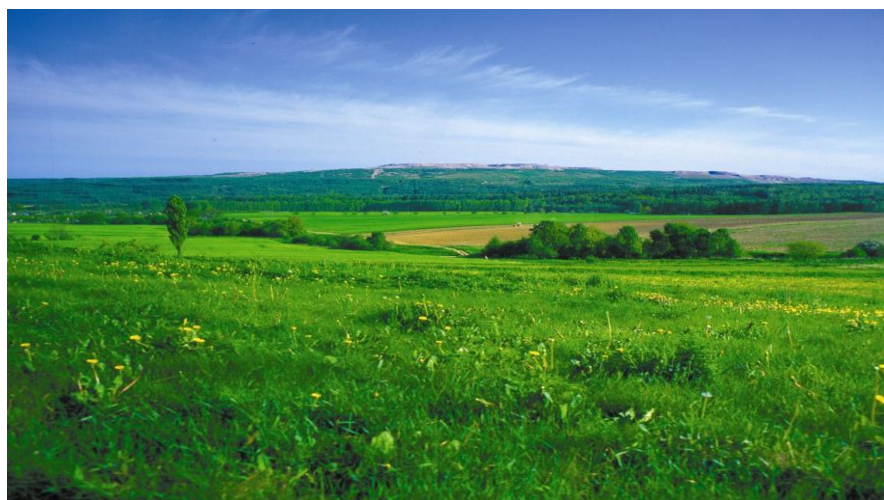


Rys. 3. Kierunki rekultywacji terenów pogórnictwa w KWB „Turów” (oprac. własne)
Fig. 3. Trends in KWB "Turów" post-mining land reclamation (own work)

W wyniku prowadzonych zabiegów rekultywacyjnych powstały lasy o powierzchni około 1 700 ha, z tego około 1 400 ha zostało już przekazane pod administrację lasów państwowych, natomiast na pozostałych terenach prowadzone są zabiegi pielęgnacyjne. Docelowe zagospodarowanie wyrobiska końcowego kopalni „Turów” przewiduje powstanie kompleksu leśnego i zbiornika wodnego, który byłby wykorzystywany do celów retencyjnych – magazynowa-

nia wody na potrzeby gospodarcze, retencjonowania fal powodziowych, rekreacji i gospodarki rybackiej. Efekty rekultywacji przejawiają się przede wszystkim w poprawie jakości podstawowych komponentów środowiska: powietrza atmosferycznego, gleby, wód. Zwiększająca się sukcesywnie powierzchnia terenów zalesionych pełni głównie funkcje glebotwórcze i glebochronne.

Powstały kompleks leśny jest miejscem wycieczek i wypoczynku okolicznej ludności, a w najbliższej przyszłości będzie również miejscem lokalizacji farmy wiatrowej jako alternatywnego źródła energii. Aktualnie trwają prace przygotowawcze inwestycji w zakresie przygotowania dokumentacji związanej z uzyskaniem decyzji oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko, opracowanie raportów przyrodniczych, uzgodnień branżowych, opracowania techniczne i geodezyjne. Planowane jest zainstalowanie około 100 wiatraków o łącznej mocy 200 MW [Mrówczyńska i in. 2009].



Fot. 5. Widok zwałowiska zewnętrznego (fot. KWB „Turów”)
Phot. 5. View to the external dump (phot. KWB "Turów")

KWB „Sieniawa”

Złoże węgla brunatnego położone w okolicach Sieniawy na Ziemi Lubuskiej należy do najdłużej znanych i eksploatowanych złóż węgla brunatnego na ziemiach polskich. W trakcie kilkusetletniej eksploatacji wykorzystywano zarówno metodę podziemną, jak i odkrywkową. Stosunkowo niewielka waga, jaką w okresie gospodarki socjalistycznej przykładano do spraw ochrony środowiska i rekultywacji spowodowała, że po roku 1990 wiele terenów poeksploatacyjnych wymagało wykonania dodatkowych prac związanych z ich zagospodaro-

waniem. Utworzono liczne małe oczka wodne, służące zwierzętom jako wodopoje oraz posadzono kilkaset hektarów lasów. W efekcie dziś trudno tereny po eksploatacji węgla odróżnić od sąsiadujących, gdzie eksploatacja nie była prowadzona.



Fot. 6. Siodło VI – widok z lotu ptaka na zrehabilitowane wyrobisko (fot. KWB "Sieniawa")
Phot. 6. Saddle VI – a bird's eye view of the reclaimed pit (phot. KWB "Sieniawa")



Fot. 7. Widok z lotu ptaka na tereny zrehabilitowane (fot. KWB "Sieniawa")
Phot. 7. A bird's eye view of the reclaimed areas (phot. KWB "Sieniawa")

Podsumowanie i wnioski

Z powyżej przedstawionych faktów, dotyczących jedynie wybranych zagadnień związanych z procesami likwidacji odkrywkowych wyrobisk górniczych wynika, że kopalnie - działając na podstawie określonych przez ustawodawcę przepisów - muszą dostosowywać swoją działalność do zmieniających się warunków prawnych i do rosnących wymagań społecznych. W kopalniach wyraźnie widać dbałość o tę sferę, a działalność proekologiczna związana z rekultywacją terenów pogórnich jest stawiana na równi z wynikami ekonomicznymi. Prowadzi to do zwiększenia zaufania do kopalń i jednocześnie poprawia ich wizerunek w środowiskach lokalnych.

Wykonane prace rekultywacyjne w polskich kopalniach są bardzo wysoko oceniane przez specjalistów polskich i zagranicznych. Jest to poziom europejski. Polska rekultywacja może i powinna być przykładem i wzorcem dla innych krajów europejskich, które prowadzą odkrywkową eksploatację złóż. Należy również podkreślić korzyści, jakie z rekultywacji i zagospodarowania terenów poeksploatacyjnych mają mieszkańcy i samorządy. Uruchomienie odkrywkowej eksploatacji przez kilkanaście, a nawet kilkadziesiąt lat daje ogromne wpływy do budżetów gminnych, a jej zakończenie i następująca później rekultywacja wzbogacają dawne regiony górnicze o atrakcyjne zbiorniki i tereny rekreacyjne.

*Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2008-2011
jako projekt badawczy.*

Literatura

1. FURMANIAK K., MAKAROWICZ P.: *Zwałowiska tętniące życiem*. Węgiel Brunatny nr 3/2008 (64)
2. KASZTELEWICZ Z., MICHALSKI A.: *Aspekt społeczny i środowiskowy w działalności i zagospodarowaniu terenów pogórnich branży węgla brunatnego*. ZESZYTY NAUKOWE Politechniki Śląskiej z 271. Gliwice 2006
3. MAŁACHOWSKA D.: *Ekologiczne sukcesy kopalni „Adamów”*, Węgiel Brunatny nr 3/2006 (56)
4. MRÓWCZYŃSKA H., JAKUBOWSKA M., GOLA-KOZAK M.: *Działania PGE KWB Turów S.A. ograniczające niekorzystne oddziaływania na środowisko w kontekście polityki zrównoważonego rozwoju*. Warsztaty z cyklu „Zagrożenia naturalne w górnictwie”, Bogatynia 2009
5. NIETRZEBA-MARCINONIS J., GÓRECKI R.: *Tworzenie ekosystemu leśnego jako efekt przeprowadzonych prac rekultywacyjnych*. Warsztaty z cyklu „Zagrożenia naturalne w górnictwie”, Bogatynia 2009

6. RYCHTER M., MAŁACHOWSKA D.: *Działalność proekologiczna KWB „Adamów”*. Węgiel Brunatny nr 1/2008 (62)

RECLAMATION OF POST-EXPLOITATION TERRAINS IN POLISH LIGNITE MINING

S u m m a r y

The paper shows current state of post-mining terrains' reclamation in particular lignite mines in Poland. Hitherto achievements regarding reclamation and revitalization of post-exploitation terrains were described. These terrains now serve the society as recreation places and significantly increase the attractiveness of the regions in which they are located.

Key words: post-mining terrains, reclamation, lignite

**ZBIGNIEW KASZTELEWICZ, JERZY KLICH,
MACIEJ ZAJĄCZKOWSKI***

**GŁÓWNE CZYNNIKI PRZEMAWIAJĄCE
ZA ZAGOSPODAROWANIEM ZŁÓŻ Z REJONU NADODRZA**

Streszczenie

Artykuł ma na celu sygnalizację wybranych problemów dotyczących zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego Polski oraz konieczności zagospodarowania nowych złóż węgla brunatnego. Pokazane zostały możliwości wydobywania węgla brunatnego na obecnych złożach oraz przedstawiono krajową bazę zasobową tego surowca. Przedstawiono także główne czynniki przemawiające za zagospodarowaniem złóż z rejonu Nadodrza. Na zakończenie artykułu pokazano negatywny scenariusz z rozwojem polskiej energetyki, gdzie przy założeniu braku inwestycji w węgiel brunatny i kamienny znacznie wzrośnie import węgla kamiennego do naszego kraju.

Słowa kluczowe: złoża węgla brunatnego, bezpieczeństwo energetyczne, kopalnia odkrywkowa

Wstęp

Polska jako nieliczny kraj na świecie posiada wszystkie atuty dla rozwoju branży węgla brunatnego. Z tego surowca produkuje się obecnie około 35% najtańszej energii elektrycznej w Polsce. Niestety, większość eksploatowanych dzisiaj złóż zacznie się wyczerpywać po 2020 roku [Kasztelewicz 2007, Kasztelewicz i in. 2009]. Dla krajowego bilansu energetycznego wskazane jest więc co najmniej utrzymanie obecnego poziomu procentowego produkcji energii elektrycznej z węgla brunatnego. Jest to bowiem paliwo lokalne i najmniej podatne na koniunkturalne wahania cen, mające znaczenie w utrzymywaniu bezpieczeństwa energetycznego Polski. Istotną cechą złóż węgla brunatnego w Polsce jest ich rozłożenie na znacznej przestrzeni, w oddaleniu od złóż węgla kamiennego, co umożliwia budowę kompleksów energetycznych i ich zrównoważony roz-

* Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

kład w skali całego kraju. Dzięki temu uzyskuje się zwiększone bezpieczeństwo dostaw energii elektrycznej. Przewiduje się także, że technologie światowe zdecydowanie zmieniają metody przetwarzania tego paliwa na bardziej efektywne i przyjazne środowisku naturalnemu. Stwarza to szanse na wykorzystanie tych technologii w zagospodarowaniu szeregu złóż perspektywicznych węgla brunatnego i utrzymanie znaczącej roli węgla brunatnego w polskiej gospodarce.

Stan zasobów w polskich kopalniach węgla brunatnego

Obecnie branża węgla brunatnego w Polsce składa się z pięciu odkrywkowych kopalń węgla brunatnego i pięciu elektrowni opalanych tym paliwem. Kopalnie te przy posiadaniu obecnych koncesji na wydobywanie zakończą działalność w latach:

- KWB „Adamów” – posiada koncesje na wydobywanie węgla brunatnego z odkrywki „Adamów”, „Władysławów” i „Koźmin”, węgiel zostanie wyeksploatowany przy obecnym poziomie wydobywania do 2023 roku,
- KWB „Bełchatów” – posiada koncesje na wydobywanie węgla z odkrywki „Bełchatów” i odkrywki „Szczerców”, węgiel zostanie wyeksploatowany przy obecnym poziomie wydobywania do 2038 roku.
- KWB „Konin” – posiada koncesje na wydobywanie węgla z odkrywki „Kazimierz Północ”, „Józwin IIB”, „Drzewce” i „Tomisławice”, węgiel zostanie wyeksploatowany przy obecnym poziomie wydobywania do 2022 roku,
- KWB „Turów” – posiada koncesje na wydobywanie węgla z odkrywki „Turów”, węgiel zostanie wyeksploatowany przy obecnym poziomie wydobywania do 2040 roku,
- KWB „Sieniawa” – posiada koncesje na wydobywanie węgla do roku 2027, węgiel zostanie wyeksploatowany przy obecnym poziomie wydobywania do 2030 roku.

Posiadane obecnie zasoby operatywne węgla brunatnego na złożach, na których kopalnie posiadają koncesje na wydobywanie umożliwiają na pracę tych kopalń przy obecnym poziomie wydobywania na 23 lata. Ale ze względu na wyczerpywanie się zasobów w dwóch kopalniach obecny poziom wydobywania (ok. 60 mln ton rocznie) można utrzymać tylko do początku lat 2023 [Kasztelewicz i in. 2009].

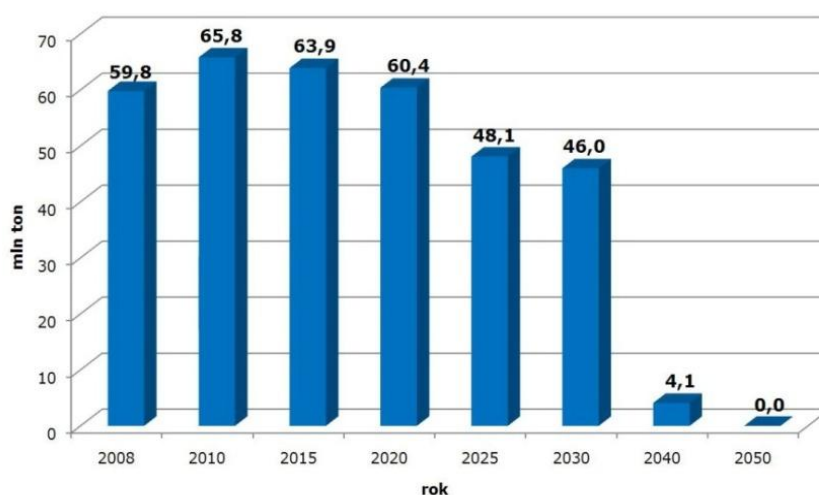
Uwzględniając więc zasoby operatywne na złożach, na które kopalnie posiadają koncesję na wydobywanie można przedstawić prognozę wydobywania węgla brunatnego do roku 2050. Z danych przedstawionych na rys. 1 wynika, że po roku 2023 nastąpi gwałtowny spadek wydobywania.

Stan zasobów operacyjnych przedstawiono na rys. 1.

Tab. 1. Stan zasobów operatywnych węgla brunatnego w kopalniach na 01.01. 2010 rok (oprac. własne)

Tab. 1. State of lignite operative inventory in mines, 01.01.2010 (own work)

Kopalnia	Stan zasobów operatywnych na 01.01.2010 rok [mln ton]	Okres zakończenia działalności przy obecnym poziomie wydobycia [lata]
Adamów	55,0	2023
Bełchatów	880,0	2038
Konin	100,0	2021
Turów	341,0	2045
Sieniawa	1,5	2030
Łącznie	1 377,5	2023



Rys. 1. Łączne wydobycie węgla brunatnego w złożach, na które kopalnie posiadają koncesje na wydobywanie (oprac. własne)

Fig. 1. The total brown coal mining in seam, which mines have to extract concessions (own work)

Uwzględniając długi cykl inwestycji górniczych w celu zapewnienia dostaw węgla brunatnego do elektrowni po roku 2020 należy już dzisiaj podjąć niezbędne prace nad przygotowaniem do zagospodarowania kolejnych złóż tego surowca.

Baza zasobowa węgla brunatnego w Polsce

W naszym kraju rozpoznano ponad 150 złóż i obszarów węglonośnych. Udokumentowano ponad 14 mld Mg zasobów w złożach pewnych, ponad 60 mld Mg w zasobach oszacowanych, a możliwość występowania w obszarach potencjalnie węglonośnych ocenia się na ponad 140 mld Mg.

Ze względu na ilość, jakość i dostępność tych zasobów węgiel brunatny powinien pełnić rolę strategicznego paliwa w polskiej energetyce przez co najmniej 50 a nawet 100 lat [Kasztelewicz i Ptak 2009].

Dokonane w ostatnich latach rankingi złóż węgla brunatnego [Kasiński i in. 2006, Kozłowski i in. 2008] różnią się od siebie w niewielkim zakresie wskazując główne złoża najkorzystniejsze do zagospodarowania w przyszłości.

W tab. 2 przedstawiono 10 czołowych złóż węgla brunatnego w Polsce oraz przedstawiono ich zasoby bilansowe.

Tab. 2. Lista rankingowa złóż węgla brunatnego [Kozłowski i in. 2008]

Tab. 2. Ranking list of the lignite deposits [Kozłowski i in. 2008]

Lp.	Nazwa złoża	Zasoby bilansowe
		(mln ton)
1	Gubin	1 050,8
2	Rogóżno	772,8
3	Mosina	50,9
4	Radomierzyce	503,7
5	Gubin-Zasieki-Brody	1934,0
6	Legnica Zachód	863,6
7	Złoczew	485,6
8	Czempin	1 011,1
9	Gostyń	1 988,8
10	Rzepin	249,5
Razem		8 910,8

Z analizy waloryzacji ekonomicznej i wykonanych rankingów złóż wynika, że na czele klasyfikacji najlepszych polskich złóż węgla brunatnego są cztery strategiczne złoża obszaru Nadodrza: Gubin, Gubin-Zasieki-Brody, Legnica-Zachód i Gostyń-Rawicz. Do tych złóż należy zaliczyć także złoża satelickie: Mosty dla rejonu Gubina oraz Legnica-Wschód, Legnica-Ścinawa-Głogów dla rejonu Legnicy.

Rejon Nadodrza pełni więc strategiczną rolę z uwagi na występowanie na tym terenie dwóch najzasobniejszych złóż węgla brunatnego w rejonie Gubina

i Legnicy. Zagospodarowanie tych złóż będzie wymagało budowy całkiem nowego zagłębia górniczo-energetycznego na tym terenie.

Główne czynniki przemawiające za zagospodarowaniem złóż z rejonu Nadodrza

Zagospodarowanie złóż węgla brunatnego z rejonu Nadodrza oraz budowa nowego zagłębia górniczo-energetycznego powinno być zadaniem strategicznym. Do głównych czynników przemawiającym za tym należy zaliczyć:

- Potrzebę zwiększenia produkcji energii elektrycznej w Polsce przy zachowaniu bezpieczeństwa energetycznego kraju

Polska gospodarka będzie wymagała zwiększenia produkcji energii elektrycznej z obecnego poziomu około 160 TWh/rok do ponad 250 TWh/rok do 2030 roku. Potrzeba zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego wymusi przy obecnym stanie krajowych bloków energetycznych do szybkiej likwidacji około 15 000 MW zainstalowanej mocy z powodu dekapitalizacji bloków pod względem technicznym i niskiej sprawności energetycznej (tylko ok. 30%) oraz wybudowanie nowych mocy i zmodernizowanie starych bloków w wielkości około 40 000 MW [Kasztelewicz i in. 2009, Sejm RP 2010].

- Niekorzystny rozkład mocy wytwórczych w zachodniej części Polski

W zachodniej części Polski występują tylko dwie duże elektrownie: Elektrownia Turów na węgiel brunatny i ZE Dolna Odra na węgiel kamienny. Brak większych mocy wytwórczych energii elektrycznej w tej części Polski powoduje duże straty energii elektrycznej na przesyle prądu z elektrowni z poza tego regionu oraz zagrożenia pewności tych dostaw. Po wyczerpaniu się zasobów w kopalni Turów za około 30 lat konieczne będzie zastąpienie ubytku mocy wytwórczej z nowych źródeł.

- Efektywność ekonomiczna produkcji energii elektrycznej z węgla brunatnego

Energia elektryczna produkowana z węgla brunatnego jest obecnie najtańszym sposobem jej pozyskiwania. Jej konkurencyjność powinna być w przyszłości dalej utrzymana nawet w kontekście obłożenia jej największymi opłatami za emisję CO₂. Dzięki czynionym obecnie pracom badawczo-rozwojowym i stosowaniu nowoczesnych technologii emisyjność elektrowni jest znacznie ograniczana. Całkowity koszt produkcji energii elektrycznej z węgla brunatnego łącznie z kosztami praw do emisji CO₂ powinien dalej być mniejszy niż z in-

nych nośników energetycznych. Prognozowane koszty produkcji energii elektrycznej przedstawiono w tab. 3 [Sejm RP 2010].

Tab. 3. Całkowity koszt produkcji energii elektrycznej po roku 2020 z kosztami praw do emisji CO₂ wg Mielczarskiego [Sejm RP 2010]

Tab. 3. The total cost of electricity generation after 2020 with the costs of CO₂ emission rights according to Mielczarski [Sejm RP 2010]

Rodzaj paliwa w elektrowni	Koszt produkcji energii elektrycznej [zł/MWh]
Elektrownie atomowe	powyżej 500 zł (550-690 zł)
Elektrownie korzystające ze źródeł odnawialnych	powyżej 400 zł
Elektrownie na gaz	370 zł (w tym koszt praw do emisji CO ₂ - 87 zł)
Elektrownie na węgiel kamienny	375 zł (w tym koszt praw do emisji CO ₂ - 139 zł)
Elektrownie na węgiel brunatny	365 zł (w tym koszt praw do emisji CO ₂ - 165zł)

Z przedstawionej tab. 4 wynika, że wbrew obiegowym opiniom koszt produkcji energii elektrycznej w elektrowniach jądrowych będzie wysoki i wyniesie ponad 500 zł za 1 MWh, w elektrowniach korzystających ze źródeł odnawialnych (OZE) ponad 400 zł za 1 MWh, w elektrowniach węglowych i gazowych (licząc z opłatami z tytułu emisji CO₂) ponad 370 zł za 1 MWh. We wszystkich przypadkach założono zaciągnięcie 20 letniego kredytu i opłaty za emisję CO₂ w wysokości 30 euro za tonę.

Chcąc więc zachować konkurencyjność polskiej gospodarki powinno dążyć się do co najmniej utrzymania procentowego udziału produkcji energii elektrycznej z węgla brunatnego.

- Konieczność zapewnienia miejsc pracy po zamknięciu głównych zakładów na obszarach Nadodrza.

W okresie najbliższych kilkadziesiąt lat nastąpi likwidacja i zmniejszenie miejsc pracy z powodu wyczerpywania się rud miedzi w KGHM Polska Miedź S.A. i węgla brunatnego w PGE KWB „Turów” S.A. Zniknięcie z rynku tak dużych zakładów może spowodować problemy strukturalne z bezrobociem, których nie można zaspokoić drobnym przemysłem. Likwidacja górnictwa węgla kamiennego w Wałbrzychu z początku lat 90-tych XX wieku jest tutaj najlepszym przykładem. Stopniowe zmniejszanie produkcji i w końcu zamknięcie tych zakładów spowoduje zmniejszanie miejsc pracy także w firmach kooperujących z tymi gałęziami przemysłu. Odnaczać się to będzie także drastycznym

zmniejszaniem wielkości podatków dla lokalnych samorządów. Skalę wpływu płatności publicznoprawnych z kopalń węgla brunatnego do sektora publicznego przedstawiono w tab. 4.

Tab. 4. Płatności publiczno-prawne dotyczące górnictwa węgla brunatnego w latach 2005-2008 [oprac. PPWB]

Tab. 4. Public-private payment for lignite mining in 2005-2008 [elab. PPWB]

Tytuł	2005	2006	2007	2008
Ubezpieczenia społeczne, zdrowotne	297 403	277 440	283 665	257 313
FGŚP i FP	24 239	22 688	23 632	24 383
PFRON	11 900	11 762	11 916	12 172
Podatek od osób fizycznych	103 729	113 529	105 927	121 375
Podatek od osób prawnych	96 458	52 103	50 423	64 313
VAT	386 082	355 641	306 235	340 298
Wypłata z zysku przez jednoosobowe Spółki Skarbu Państwa	800	3 391	7 569	20 953
Wpłaty i kary na NFOŚ (w tym opłata eksploatacyjna na rzecz NFOŚ)	34 791	34 134	34 822	36 823
Podatki i opłaty na rzecz gmin (w tym opłata eksploatacyjna na rzecz gminy)	205 306	206 928	216 207	240 710
Razem w tys. zł	1 160 712	1 077 619	1 040 400	1 181 344

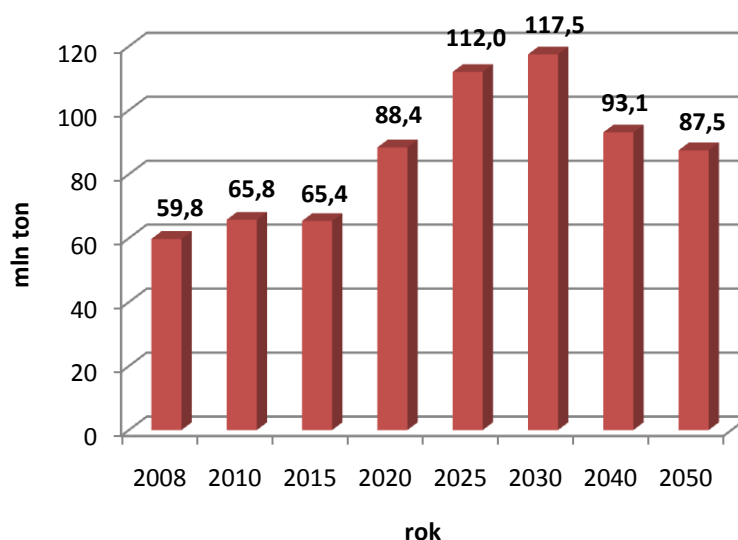
Jak wynika z tab. 4 kopalnie węgla brunatnego są ważnymi podmiotami gospodarczymi dokonującymi corocznie opłat do sektora publicznego na poziomie ponad 1 mld zł rocznie. Corocznie jednostki samorządu terytorialnego otrzymują ponad 240 mln złotych do swoich budżetów, co umożliwia ich szybszy rozwój. Dodatkowo należy uwzględnić także płatności wynikające z działalności elektrowni opalanej tym paliwem.

Budowa nowego zagłębia górniczo-energetycznego przynajmniej na jednym złożu na terenie Nadodrza o wydobywaniu podobnym do kopalni Bełchatów (ok. 30 mln ton/rok) i elektrowni opalanej tym paliwem może wygenerować ponad 25 tys. miejsc prac tylko w tych zakładach i w firmach kooperujących.

Możliwości wydobywania węgla brunatnego w I połowie XXI wieku

Opierając się na posiadanych bardzo zasobnych złożach węgla brunatnego oraz bogatym doświadczeniu, licznych zapleczeniach naukowych, projektowych oraz technicznych, można przedstawić dalsze plany kontynuacji wydobywania

tego surowca, a nawet istnieje możliwość znacznego zwiększenia poziomu jego wydobycia. Na rys. 3 przedstawiono możliwe łączne wydobycie węgla brunatnego z obecnie czynnych kopalń przy zagospodarowaniu złóż satelickich oraz przy zagospodarowaniu części złóż perspektywicznych w nowych rejonach. Przy sukcesywnym udostępnianiu nowych złóż węgla brunatnego jego wydobycie może wzrosnąć nawet do 118 mln Mg na rok. Można założyć także wykorzystanie 10 mln ton węgla rocznie dla przeróbki chemicznej do produkcji paliw płynnych i gazowych w przyszłości.



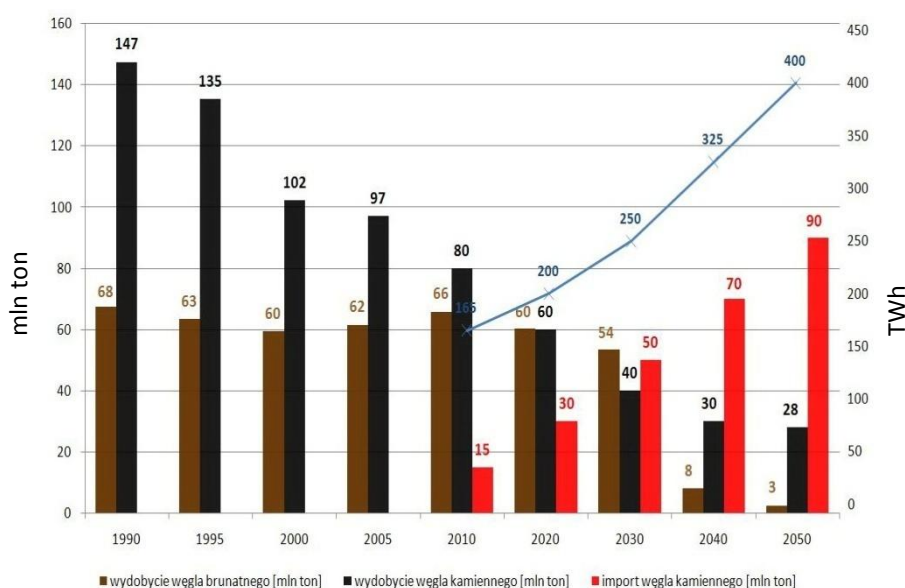
Rys. 2. Możliwe wydobycie węgla brunatnego dla produkcji energii elektrycznej i przeróbki chemicznej z wykorzystaniem dotychczasowych i perspektywicznych złóż w I połowie XXI wieku (oprac. własne)

Fig. 2. Possible production of brown coal for electricity generation and chemical processing using existing and prospective reserves in the first half of XXI century (own work)

Możliwe skutki niezagospodarowania złóż rejonu Nadodrza dla polskiej elektroenergetyki

Potrzeba zaspokojenia potrzeb energetycznych kraju wymaga oddawania co roku nowych mocy energetycznych na poziomie 1500 MW. W okresie ostatnich 20 lat oddano tylko niecałe 1000 MW, a w 2011 roku planuje się uruchomienie bloku 858 MW w Elektrowni Bełchatów. W okresie do 2015 roku trudno będzie o oddanie nowych siłowni energetycznych. W przypadku nie zagospodarowania

więc nowych złóż węgla brunatnego oraz dalszego spadku wydobycia krajowego węgla kamiennego może wystąpić gwałtowny wzrost importu węgla kamiennego w przyszłości. Ten hipotetyczny obecnie stan przedstawiony na rys. 3 może przerodzić się w stan realny w przypadku nie podjęcia decyzji o zagospodarowaniu złóż węgla brunatnego w rejonie Gubina, Legnicy czy Gostynia-Rawicza i nieuruchomienia znacznych inwestycji na węglu kamiennym czy wystąpieniu opóźnień w budowie elektrowni atomowych. Polska z dużego eksportera węgla kamiennego może stać się jednym z największych importerów węgla kamiennego w Europie.



Rys. 3. Zagrożenie znacznego wzrostu importu węgla kamiennego przy braku inwestycji w górnictwie węgla kamiennego i brunatnego oraz opóźnieniu rozwoju energetyki atomowej przy wzroście zapotrzebowania na energię elektryczną (oprac. własne)

Fig. 3. Risk of a significant increase in imports of hard coal in the absence of investment in the mining of coal and lignite, and retarding the development of atomic energy with an increase in demand for electricity (own work)

Wnioski

Polska nie posiada oprócz węgla brunatnego i kamiennego innych surowców energetycznych w dostatecznych ilościach, które mogłyby stanowić o jej bezpieczeństwie energetycznym. Węgiel brunatny jest więc dobrem ogólnonarodowym i strategicznym surowcem energetycznym dla Polski i dlatego powinien być bezwzględnie zabezpieczony dla bieżącego i przyszłego wykorzystania.

Bogactwo zasobów węgla brunatnego w rejonie Nadodrza powoduje, że ten rejon będzie w przyszłości pełnił ważną rolę w przemyśle węgla brunatnego i energetyki opartej na tym surowcu.

Obecnie jednak złoża węgla brunatnego nie są skutecznie zabezpieczane przed zabudową powierzchni nad nimi. Dlatego racja stanu, jaką jest bezpieczeństwo energetyczne kraju przemawia za koniecznością opracowania i wdrożenia skutecznych zasad zabezpieczania wybranych złóż węgla brunatnego przed nieodwracalnym zablokowaniem ich zasobów [Kasztelewicz i Ptak 2009]. Zasady te mogą być opracowane przy wykorzystaniu istniejących ustaw, a najkorzystniejszym rozwiązaniem w zakresie „zabezpieczania złóż i prawidłowego rozwoju branży węgla brunatnego” byłoby opracowanie i uchwalenie specustawy dla całej branży górniczej lub dla górnictwa odkrywkowego węgla brunatnego i energetyki opartej na tym surowcu na wzór ustaw drogowych lub pakietu ustaw EURO 2012.

Literatura

1. KASZTELEWICZ Z., GAWLIK L., PTAK M., ZAJĄCZKOWSKI M.: *Wydobywanie węgla brunatnego jako nadrzędny interes publiczny*. Kraków 2008, materiały niepublikowane
2. KASZTELEWICZ Z., PTAK M.: *Wybrane problemy zabezpieczania złóż węgla brunatnego w Polsce dla odkrywkowej działalności górniczej*. Polityka Energetyczna Tom 12, Z. 2/2, Zakopane 2009
3. KASZTELEWICZ Z.: *Węgiel brunatny - optymalna oferta energetyczna dla Polski*. Związek Pracodawców Porozumienie Producentów Węgla Brunatnego. Redakcja „Górnictwo Odkrywkowe” Bogatynia-Wrocław 2007
4. KASZTELEWICZ Z., PTAK M.: *Dziesięć atutów branży węgla brunatnego w Polsce*. Mat.Konf. XIX Konferencja Aktualia I perspektywy gospodarki surowcami mineralnymi.IGSMiE PAN, Ryto 2009
5. KASZTELEWICZ Z., KACZOROWSKI Z., MAZUREK S., ORLIKOWSKI D., ŻUK S.: *Stan obecny i strategia rozwoju branży węgla brunatnego w I połowie XXI wieku w Polsce*. VI Międzynarodowy Kongres Górnictwo Węgla Brunatnego. Kwartalnik AGH Górnictwo i Geoinżynieria. Rok 33. Zeszyt 2. Kraków 2009
6. KASIŃSKI J.,R., MAZUREK S., PIWOCKI M.: *Waloryzacja i ranking złóż węgla brunatnego Polsce*. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 2006
7. KOZŁOWSKI Z., NOWAK J., KASIŃSKI J., KUDEŁKO J., SOBOCIŃSKI J., UBERMAN R.: *Techniczno-ekonomiczny ranking zagospodarowania złóż węgla brunatnego w aspekcie bezpieczeństwa energetycznego Polski*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2008

8. Opracowanie Sejmu RP.: *Uwarunkowania rozwoju górnictwa węgla brunatnego w Polsce*. Praca nie publikowana. Warszawa 2010

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2008-2011 jako projekt badawczy

MAIN FACTORS SUPPORTING THE USE OF ODRA BASIN LIGNITE DEPOSITS

S u m m a r y

The article's goal is to signal chosen problems concerning energy security of Poland and the need for using new lignite deposits. The possibilities of exploitation on current deposit are shown, together with domestic resource base of lignite. The main factors supporting the use of Odra Basin's lignite deposits are depicted. In the end the negative scenario for Polish energy sector is shown. It assumes that when no new investments in lignite and hard coal sectors are made, Poland's import of the latter increases significantly.

Key words: lignite deposits, energy security, opencast mining

JOLANTA NIETRZEBA-MARCINONIS*

**REKULTYWACJA GRUNTÓW POGÓRNICZYCH
W PGE KWB TURÓW S.A.**

Streszczenie

Rekultywacja w Turowie prowadzona j od lat sześćdziesiątych pozwoliła na wypracowanie własnego modelu rekultywacji. Efektem są powstające ekosystemy leśne o charakterze lasu mieszanego wyżynnego z charakterystycznym układem poziomów diagnostycznych właściwym dla gleb leśnych.

Słowa kluczowe: rekultywacja o kierunku leśnym, grunty pogórnice

Wstęp

W wyniku odkrywkowej eksploatacji węgla brunatnego powstają wielko-przestrzenne, industrialne formy terenowe – odkrywkowe wyrobiska górnicze oraz nadpoziomowe zwałowiska nadkładu. W miejsce ukształtowanych przez wieki na drodze sukcesji naturalnej lokalnych ekosystemów, tworzony jest sukcesywnie krajobraz industrialny, charakteryzujący się znacznym stopniem przekształcenia istniejących pierwotnie użytków rolnych i leśnych. Stopień tych przekształceń jest funkcją uwarunkowań geologiczno-górnich, intensywności eksploatacji oraz wielkości nakładów finansowych przeznaczonych na kompleksową rekultywację obszarów przekształconych. Zwałowanie zewnętrzne zakończono w marcu 2006 roku. Od 1947 roku zdeponowano na zwałowisku zewnętrznym ponad 1470 mln m³ nadkładu. Wysokość względna zwałowiska zewnętrznego to 245 m; 475 m wysokości n.p.m. Obecnie zdejmowany nadkład wraz z produktami paleniskowymi lokowany jest na zwałowiskach wewnętrznych w wyrobisku górniczym.

* PGE KWB „Turów”

Rekultywacja leśna w kopalni Turów

Rekultywacja obejmuje problematykę wielobranżową, w której naukowe badania techniczne i przyrodnicze prowadzone są przez interdyscyplinarne nauki, wymagające ścisłego skoordynowania działań technicznych i biologicznych. W kopalni Turów rekultywacja gruntów pogórnich prowadzona jest systematycznie i na bieżąco, w miarę wyłączenia terenów z eksploatacji górniczej. Rekultywacja, zgodnie z obowiązującymi decyzjami, prowadzona jest w kierunku leśnym. Wybór metody rekultywacji determinowany jest właściwościami gruntu rekultywowanego, warunkami glebowo-klimatycznymi oraz względami ekonomicznymi [Nietrzeba-Marcinonis 2007]. Grunty pogórnice stanowią w większości utwory trzeciorzędowe o niekorzystnych właściwościach zarówno chemicznych jak i fizyko-chemicznych. Według nomenklatury gleboznawczej w większości można je zakwalifikować do podgrupy granulometrycznej gliny ciężkiej. Sporadycznie spotyka się utwory o składzie gliny średniej. Natomiast z geologicznego punktu widzenia są to przeważnie ility kaolinowe. Wysoki stopień trudności w rekultywacji gruntów pogórnich stwarza konieczność ciągłego doskonalenia i modyfikacji postępowania rekultywacyjnego. Proces przywracania cech użytkowych i uproduktywnienia gruntów pogórnich odbywający się w warunkach naturalnych może trwać kilkaset lat [Katzur 1995]. Zniszczenie produktywniej warstwy może nastąpić w tempie o wiele szybszym. Ale za sprawą człowieka proces uproduktywnienia można znacznie przyspieszyć pod warunkiem prowadzenia go w sposób przemysłowy i fachowy. Celem zabiegów rekultywacyjnych jest zabezpieczenie powierzchni przed erozją oraz niwelowanie niekorzystnych właściwości gruntów zwałowiskowych, a w konsekwencji przyspieszenie procesów glebotwórczych i stworzenie korzystnych warunków dla wzrostu i rozwoju wprowadzanej roślinności zielnej i drzewiastej. Istotą rekultywacji jest stymulowanie przemian fizycznych, chemicznych i biologicznych, zachodzących w gruncie zwałowym, dla wydatnego skrócenia czasu. Proces uproduktywnienia „surowych” gruntów wymaga zastosowania odpowiednich prac rekultywacyjnych, w realizacji których wyróżnić można poniższe etapy:

- rekultywacja wstępna; dotyczy rozpoznawania czynników warunkujących prawidłowość przebiegu rekultywacji. Wykonywane są pomiary niwelacyjne, mapy górnicze, dokumenty kosztorysowo-projektowe,
- rekultywacja techniczna; obejmująca prace makroniwelacyjne, regulację stosunków wodnych poprzez budowę obiektów i urządzeń hydrotechnicznych oraz budowę dróg dojazdowych,
- rekultywacja biologiczna; obejmuje neutralizację gruntu z dwukrotnym kultywatorowaniem, hydroobsiew, sadzenie ręczne łubinu, sadzenie drzewek, nawożenie mineralne w 2, 3 i 4 roku wegetacji roślin,

- zabiegi porekultywacyjne; mechaniczne zabezpieczanie drzewek przed zgryzaniem, uzupełnienia wypadów roślin drzewiastych z zielnych.

Trudności w rekultywacji

Główne problemy jakie występują podczas wykonywania prac rekultywacji biologicznej terenów pogórnich w Kopalni Turów wynikają ze skali przedsięwzięcia, właściwości skał – gruntów oraz ogólnego klimatu wokół działań rekultywacyjnych. Zrekultywowane tereny przekazywane są Lasom Państwowym w celu prowadzenia właściwej gospodarki leśnej. Niejednokrotnie przekazywanie tychże terenów trwa wiele lat. Działalność rekultywacyjna prowadzona w Turowie wymaga dużych nakładów finansowych oraz szeregu działań administracyjnych. Z punktu widzenia użytkownika docelowego ważne jest, że na zrekultywowane powierzchnie nakładany jest znacznie niższy podatek niż na grunty wyłączone z produkcji, jakimi były przed rekultywacją. Według klasyfikacji gruntów pogórnich pod względem ich przydatności do rekultywacji biologicznej zrekultywowane grunty turowskie należą do gruntów o najwyższym stopniu trudności rekultywacji biologicznej w Polsce [Skawina 1969]. Wśród trudności, związanych z właściwościami skał wymienić należy:

- nadmierne zakwaszenie skał nadkładu, wynikające z dużej zawartości węgla, pirytów, markazytów, przez co są to grunty toksyczne dla roślin,
- duża kwasowość hydrolityczna,
- nadmierna zawartość wymiennych jonów glinu,
- znikoma zawartość fosforu przyswajalnego oraz związków azotu w skałach nadkładu,
- nadmierne zagęszczenie utworów oraz ich bezstrukturalność, co powoduje skokową zmienność ich konsystencji,
- duża zwięzłość i zlewność (nadmierna gęstość właściwa, niska gęstość objętościowa, mała porowatość ogólna, duży udział w składzie granulometrycznym części spławianych oraz przewaga mikropor),
- duże zróżnicowanie właściwości skał nadkładowych w obrębie różnych partii zwałowisk.

Szereg niekorzystnych właściwości znacznie utrudnia uzyskanie pożądanego efektu nawet po właściwym wykonaniu prac rekultywacyjnych. Niejednokrotnie na skutek wtórnego zakwaszenia zrekultywowanego już gruntu część roślin wypada. Należy wówczas wykonać rekultywacyjne prace uzupełniające wraz z neutralizacją punktową. Niekorzystne właściwości fizyczne przyczyniają się do zasklepienia i scementowania wierzchnich warstw gruntu, co jest bezpośrednią przyczyną duszenia roślin, w szczególności roślinności zielnej. Takie powierzchnie również wymagają wykonania szeregu poprawek i uzupełnień. Ponadto w początkowym okresie rekultywacji wprowadzana roślinność szczegól-

nie drzewiasta przechodzi kilkuletni okres adaptacyjny. W tym czasie wzrost roślin jest znikomy. Tak więc, pomimo poprawnego wykonania prac rekultywacyjnych na ich efekt należy poczekać. Niejednokrotnie oczekiwania nie zawsze są współmierne do poniesionych nakładów. Wynika to ze szczególnej trudności w rekultywacji gruntów, a nie z błędnie przyjętych czy wykonanych rozwiązań rekultywacyjnych. Przy ocenie wykonywanych prac rekultywacyjnych należy szczególnie zwrócić na ten fakt uwagę.

Przyjęte rozwiązania

W procesie rekultywacji gruntów pogórnich w kopalni Turów realizowana jest biodynamiczna metoda zalesiania. Metoda ta jest systematycznie wdrażana na terenach szczególnie trudnych do rekultywacji. Opiera się na wprowadzaniu gatunków drzew i roślin zielnych o właściwościach wybitnie fitomelioracyjnych. Udział gatunków fitomelioracyjnych w tej metodzie nie jest mniejszy niż 30%. Są to głównie olsza czarna i zielona, łubin trwały, rośliny motylkowe. Wśród olszy jednostkowo lub w małych grupach rozmieszczony jest dąb szypułkowy, jawor i inne gatunki główne. Ich udział w składzie zależy od warunków siedliskowych. Dodatkowym czynnikiem w tej metodzie jest udział roślinności zielnej a zwłaszcza łubinu trwałego, którego udatność w ostatnich latach na rekultywowanych terenach znacznie wzrosła. Jego głównym atutem jest dostarczanie dodatkowej biomasy do ekosystemu i znaczne ilości azotu. Z dotychczasowych badań wynika, że z punktu widzenia biologicznej rekultywacji najbardziej niekorzystną cechą utworów zwałowiskowych w kopalni Turów jest ich duże zakwaszenie, zarówno aktualne jak i potencjalne, ujawniające się dopiero po pewnym czasie w wyniku utleniania zredukowanych form siarki zawartych w minerałach siarczkowych, bądź w substancji lignitowej. Zabiegiem mającym na celu wyeliminowanie procesów zakwaszenia gruntów jest wieloskładnikowa neutralizacja prowadzona sukcesywnie na rekultywowanych terenach zwałowisk. Oprócz likwidacji nadmiernego zakwaszenia spełnia ona również funkcję nawozową poprzez wprowadzanie do gruntu składników pokarmowych roślin zwłaszcza wapnia, fosforu i magnezu. W ramach uzupełniającego nawożenia mineralnego wprowadzany jest dodatkowo azot, występujący w gruntach „surowych” w minimalnych ilościach. W istotny sposób na udatność i wzrost roślin wpływają wadliwe stosunki powietrzno-wodne silnie spoistych utworów zwałowiskowych. Uwidacznia się to w drastyczny sposób zwłaszcza w okresach suszy. Brak strukturalności, sprawia że wykazują one skokową zmianę konsystencji z twardoplastycznej do płynnej i odwrotnie. Dla poprawy tych cech w największym stopniu przyczyniają się intensywne zabiegi agrotechniczne. W dalszej kolejności stopniowe ustrukturalnienie gruntów jest w miarę postępujących procesów glebotwórczych intensyfikowanych przez

roślinność [Krzaklewski 2009]. Na terenach o znacznych wypadach roślinności i utrzymujących się niekorzystnych właściwościach wykonywane są prace uzupełniające. W zależności od właściwości podłoża przeprowadzane jest intensywne spulchnianie gruntu, sadzeniu drzewek w zaprawionych ziemią próchniczną dołkach.

Wymierne efekty ekologiczne

Realizowane w kopalni Turów prace rekultywacyjne gruntów zwałowiskowych prowadzą do stopniowego powstawania ekosystemu leśnego z dynamicznie wkraczającą sukcesją ekologiczną. Powstające na zwałowisku zbiorowiska leśne o charakterze lasu wyżynnego świeżego lub lasu wyżynnego mieszanego stanowią dużą wartość ekologiczną i produkcyjną. Rosnące dynamicznie na zwałowisku drzewostany tworzą komponenty środowiska leśnego w tym glebę i jej specyficzną mikroflorę oraz lokalny mikroklimat. Rozwój ekosystemów jest dynamiczny i zmierza w kierunku żyznych siedlisk leśnych o dużej bioróżnorodności. Wskazują na to cechy rodzaju gleby i gatunki roślin z sukcesji, spotykane w żyznych siedliskach leśnych [Krzaklewski, 2009]. Są to przede wszystkim: *Senecio nemorensis* L. – starzec gajowy, *Geum urbanum* L. – kuklik pospolity, *Urtica dioica* L. – pokrzywa zwyczajna. Zbiorowisko ma charakter seralny na co między innymi wskazuje obecność gatunku mchu *Brachytecium rubatulum* (Hedw.) B., S. et G. W tworzących się zbiorowiskach leśnych dominującą rolę zajmują gatunki charakterystyczne dla naturalnych zbiorowisk leśnych. Potwierdza to stopniowe przejście zbiorowisk ukształtowanych sztucznie przez człowieka do zbiorowisk samowystarczalnych powstałych w procesie lasotwórczym na drodze sukcesji.

Powierzchnia dotychczas zrekultywowanych terenów pogórnich w PGE KWB Turów stanowi ok. 2600 ha, w tym na zwałowisku zewnętrznym ok. 2200 ha. We władaniu kopalni pozostaje ponad 400 ha terenów zrekultywowanych na zwałowisku zewnętrznym. Liczny udział gatunków leśnych, obok których występuje jeszcze znaczna liczba gatunków nieleśnych i przejściowych wskazuje, że charakteryzowane zbiorowiska są jeszcze socjologicznie nieustabilizowane. Stabilizacja wymagać będzie jeszcze co najmniej kilku dziesiątków lat. Przeważająca powierzchnia zwałowiska zewnętrznego stanowiąca ok. 60% porośnięta jest drzewostanami w I klasie wieku tj. od 5 do 20 lat. Zbiorowiska leśne są trwałym czynnikiem detoksykacji środowiska, wpływając na poprawę warunków życia mieszkańców tego regionu. Pomimo że struktura wiekowa zalesień jest charakterystyczna dla młodych lasów, już teraz stanowi istotny czynnik krajobrazowy i klimatyczny gminy Bogatynia. W przyszłości będzie stanowić nie lada atrakcję turystyczną. Efekty prowadzonych prac rekultywacyjnych

przyczyniają się przede wszystkim do poprawy jakości podstawowych komponentów środowiska: powietrza atmosferycznego, wód oraz gleby.

Wnioski

- niekorzystne właściwości gruntów pogórnich w Kopalni Turów sprawiają, że proces ich uproduktywnienia jest szczególnie trudny i wymaga zastosowania specjalnych zabiegów agrotechnicznych i fitomelioracyjnych,
- szczególnie korzystny wpływ na przebieg rekultywacji gruntów bezglebowych mają rośliny fitomelioracyjne, wprowadzane w ramach rekultywacji prowadzonej metodą biodynamiczną (drzewiaste – olsza czarna, olsza szara + gatunki docelowe oraz zielne – łubin trwały i inne motylkowe), wyraźnie dynamizujące proces próchnicotwórczy,
- odpowiednio prowadzone prace rekultywacyjne dają gwarancję uzyskania na terenach pogórnich siedlisk leśnych o odpowiednio wysokich walorach ekologicznych i gospodarczych,
- powstają siedliska leśne o potencjalnej żyzności lasu mieszanego Wyżynnego i lasu wyżynnego z charakterystycznym układem poziomów diagnostycznych właściwym dla inicjalnych gleb leśnych,
- w tworzących się zbiorowiskach leśnych dominującą rolę odgrywają gatunki fauny i flory właściwe dla naturalnych zbiorowisk leśnych. Potwierdza to stopniowe przejście zbiorowisk ukształtowanych sztucznie przez człowieka do zbiorowisk samowystarczalnych powstałych w procesie lasotwórczym na drodze sukcesji,
- zastosowana w BOT KWB Turów metoda leśnej rekultywacji prowadzi do skutecznego i dynamicznego odtworzenia ekosystemu leśnego o znacznej bioróżnorodności, stanowiącego dużą wartość ekologiczną i produkcyjną.

Literatura

1. KATZUR J., LIEBNER F.: *Erste Ergebnisse eines Großlisimeterversuchen zu den auswirkungen der Abraumsubstrate und Aschemelioration auf Siekerwasserbildung und sofffrachten der Sickerwasser aus den Kippen und Halden des Braunkohlenbergbaue*. Arch.Acker-Pflanzenbau Bodenkd, 1995
2. KRZAKLEWSKI W., WÓJCIK J.: *Doskonalenie technologii rekultywacji biologicznej zboczy i kształtowanie biotopu dla leśnego zagospodarowania zwałowiska zewnętrznego KWB „Turów”*. IKiOŚ AGH, Kraków, s.12-20, 2009
3. NIETRZEBA-MARCINONIS J.: *Wpływ rekultywacji leśnej terenów pokopalnianych na wybrane właściwości gleb inicjalnych na przykładzie zwało-*

wiska nadkładu KWB Turów S.A. Praca doktorska, WILiŚ UZ, Zielona Góra, 2007

4. SKAWINA T.: *Rezultaty badań nad modelem rekultywacji terenów pogórniczych w Polsce. Zeszyty Naukowe, AGH Kraków, s.21, 1969*

THE RECLAMATION OF DUMPING GROUNDS IN PGE KWB TURÓW S.A.

S u m m a r y

The forest reclamation of dumping grounds in Turów since 60 years permitted on elaboration of own reclamation model. The ecological results are coming into being forest ecosystems about character a mixed high-land forest with characteristic the arrangement of levels the diagnostic forest soils.

Key words: forest reclamation, dumping groups

WOJCIECH NAWORYTA, MARCIN CHODAK*

**ANALIZA MOŻLIWOŚCI ZAGOSPODAROWANIA
ZŁÓŻ WĘGLA BRUNATNEGO W REJONIE GUBINA
ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM
UWARUNKOWAŃ LOKALNYCH (PRZYRODNICZYCH,
SPOŁECZNYCH, KULTUROWYCH)**

Streszczenie

W pracy przedstawiono analizę uwarunkowań lokalnych górniczego zagospodarowania złoża Gubin. Przedstawiono ogólną charakterystykę złoża w kontekście wielkości zasobów, jakości węgla oraz celowości eksploatacji. Przeanalizowano ograniczenia wynikające z warunków glebowych, sposobów zagospodarowania powierzchni terenu, wartości przyrodniczych oraz istniejących form ochrony przyrody. Analizie poddano również gęstość zaludnienia, formy aktywności gospodarczej ludności, stan zabudowy powierzchni terenu złoża. Zwrócono również uwagę na wartości kulturowe czyli obiekty zabytkowe, kościoły, cmentarze.

Słowa kluczowe: węgiel brunatny, ochrona środowiska, społeczność lokalna

Wstęp

Produkcja i zużycie energii w Polsce są na niskim poziomie. W porównaniu do państw Unii Europejskiej Polska znajduje się wśród trzech ostatnich krajów pod względem produkcji i zużycia energii. Można z dużym prawdopodobieństwem założyć, że z czasem wraz z rozwojem gospodarczym zapotrzebowanie na energię elektryczną będzie wzrastać.

Na surowcu jakim jest węgiel brunatny opiera się produkcja około 30% krajowej energii przy wydobyciu rocznym ok. 60 mln Mg. Obecnie zagospodarowane zasoby złóż węgla brunatnego (złoża, dla których kopalnie posiadają koncesje na eksploatację) pozwalają na zaspokojenie zapotrzebowania elektrowni przez około dwadzieścia lat. Zagospodarowanie nowych złóż węgla brunatnego przy obecnych uwarunkowaniach formalno-prawnych to proces trwający co

* Katedra Górnictwa Odkrywkowego AGH im. St. Staszica w Krakowie

najmniej kilkanaście lat. Utrzymanie wydobycia na obecnym poziomie oraz produkcji energii na bazie tego surowca przez następne dekady wymaga już teraz poważnych działań inwestycyjnych.

Eksploatacja złóż węgla brunatnego wiąże się ze znaczącą ingerencją w środowisko naturalne. Przed eksploatacją przeprowadza się proces wykupu nieruchomości, co skutkuje przesiedleniem miejscowej ludności i likwidacją obiektów zabudowy tj. gospodarstw, dróg itp. W procesie wydobycia zdejmowana jest gleba oraz nadkład znad złożeń. W obszarze prowadzonej eksploatacji górotwór podlega odwodnieniu. Po zakończeniu wydobycia i przeprowadzeniu prawidłowej rekultywacji przekształcony działalnością górniczą teren przejmuje nowe funkcje użytkowe.

Ze względu na poważną ingerencję w środowisko, konieczność przesiedlenia ludności, likwidację często wartościowych obiektów zabudowy należy zagospodarowywać tylko takie złoża, dla których szeroko pojęte koszty związane z przekształceniem środowiska będą możliwie niskie.

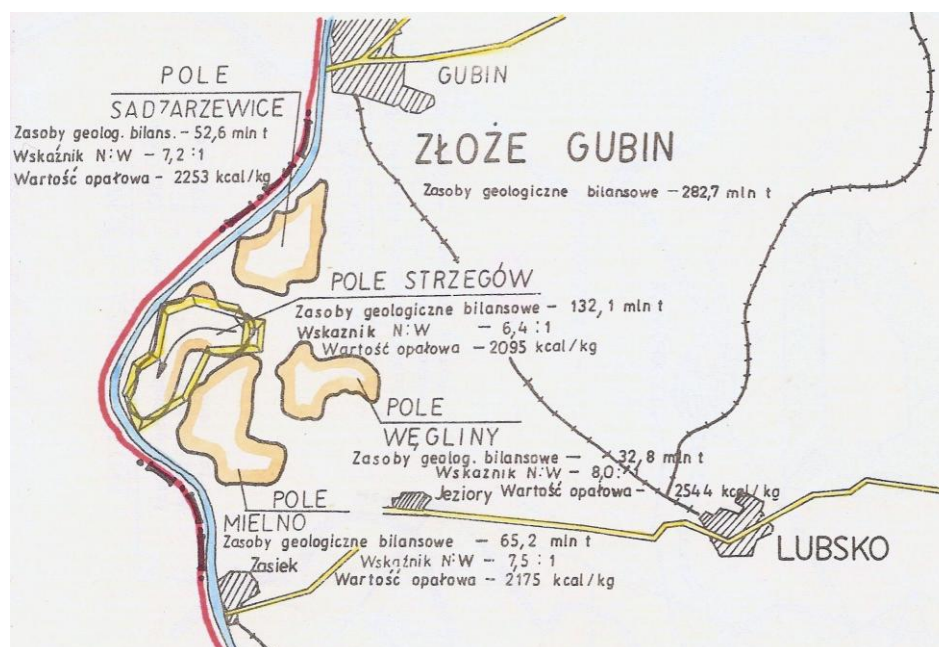
Wybór złóż najkorzystniejszych pod względem geologiczno-górnictwem, których eksploatacja byłaby najmniej konfliktowa był celem opracowywanych od lat 80-tych XX w. rankingów. Wśród nich należy wymienić: Ekspertyzę PAN z 1983 r. pt. Określenie kolejności udostępnienia i kompleksowego wykorzystania złóż węgla brunatnego w Polsce [Ney 1983], ranking z 1994 r. autorstwa Piwockiego i Kasińskiego [1994], w którym przyjęto kryteria ekonomiczne i sozologiczne, rozszerzony ranking Kasińskiego i in. [2006] oparty o kryteria geologiczne, górnicze, przestrzenne, przyrodnicze, ekonomiczne i społeczne oraz pracę Ubermana i Ostręgi opartą na metodzie AHP [Ubermana i Ostręga 2008].

W tabeli 1 zestawiono wyniki przytoczonych rankingów. Tabela odnosi się tylko do pierwszych siedmiu złóż, podczas gdy analizowano ich każdorazowo kilkadziesiąt. We wszystkich cytowanych rankingach złoża Gubin zajmuje wysoką pozycję.

Zagospodarowanie górnicze złoża Gubin było przedmiotem prac studialnych już w latach 80-tych [Program 1982]. Należy zaznaczyć, że projektowane wówczas wydobycie opierało się na udokumentowanych niewielkich zasobach. Nie uwzględniono wtedy zasobów prognostycznych, które rozpoznano i udokumentowano w toku późniejszych prac geologicznych.

Tab. 1. Zestawienie wyników rankingów polskich złóż węgla brunatnego (opr. własne)
 Tab. 1. The scoreboard rankings of Polish brown coal deposits (own work)

Ekspertyza PAN [1983]	Kasiński, Piwocki [1994]	Kasiński, Mazurek, Piwocki [2006]	Uberman, Ostrenga [2008]
Trzcianka	Mosty	Gubin	Legnica Zachód
Mosty	Legnica Wschód	Rogóżno	Gubin
Gubin	Legnica Zachód	Gubin-Brody	Legnica Wschód
Złoczew	Gubin	Złoczew	Złoczew
Legnica Wsch.	Rogóżno	Trzcianka	Rogóżno
Legnica Zachód	Trzcianka	Piaski	Trzcianka
Rogóżno	Złoczew	Głowaczów	Mosty



Rys. 1. Jedna z koncepcji zagospodarowania złoża Gubin [Program 1982]
 Fig. 1. One of the concept of Gubin field managing [Program 1982]

Charakterystyka złoża Gubin

Stosowane w pracy określenie złoża Gubin odnosi się do złoża węgla brunatnego na terenie gmin Gubin i Brody położonego w zakolu granicznej rzeki Nysa Łużycka, ograniczonego od północnego wschodu linią kolejową Lubsko-Gubin a od południowego wschodu linią łączącą miejscowość Zasięki, Brody, Grodziszczę. Głębokie rynny erozyjne dzielą złożo węgla na cztery podstawowe obszary tzw. pola – Strzegów, Mielno, Węgliny i Sadzarzewice (rys. 1).

Wiedza na temat złoża bazuje na wynikach prac geologicznych wykonanych na przestrzeni prawie połowy wieku. Pierwsza dokumentacja (w kat. C₁) pochodzi z roku 1961. W roku 1969 wykonano Kompleksową dokumentację geologiczną złoża Gubin w kat. C₂+C₁+B [Kompleksowa Dokumentacja 1969]. Na początku lat 90-tych odwiercono szereg otworów rozpoznawczych na złożu [Sprawozdanie 1992], które potwierdziły przypuszczenia o faktycznej wielkości jego zasobów. Zgodnie z wykonanym w 2009r Dodatkiem do dokumentacji geologicznej złoża Gubin w kat. C₂+C₁+B [Dodatek 2009] jego zasoby szacuje się na poziomie ponad 1,6 mld Mg, co pod względem zasobów stawia je w czołowie polskich złóż węgla brunatnego.

Pod względem geologicznym złożo Gubin składa się z kilku pokładów, z których znaczenie przemysłowe mają pokład II i głębiej położony pokład IV. Należy do złóż pokładowych, niezaburzonych tektonicznie. Jego górnicze zagospodarowanie komplikują głębokie rozmycia erozyjne, które dzielą go na kilka pól. Pokład II ma miąższość średnią od 8 do 12 m. Grubość nadkładu zmienia się od 49,8 m do 110,7 m. We wschodniej i południowej części złoża na głębokości od 120 do 162 występuje pokład IV o zmiennej miąższości 1,6 do 25,5 m.

W obydwu pokładach występują bardzo dobre węgle energetyczne o wysokiej wartości opałowej, średniej popielności ale o podwyższonej zawartości siarki. Średnie zawartości alkaliów wskazują, że węgiel w złożu Gubin nie jest węglem zasolonym.

Wielkość złoża i jego parametry jakościowe stwarzają podstawę dla projektowania zespołu górniczo-energetycznego, którego okres funkcjonowania w zależności od wielkości rocznego wydobycia mógłby wynosić od 60 do 80 lat.

Uwarunkowania środowiskowe

Złożo Gubin zlokalizowane jest na obszarze dwóch gmin – Gubin i Brody o dominującej funkcji rolniczo-leśnej. W gminie Gubin użytki rolne zajmują powierzchnię około 12 250 ha (co stanowi około 1/3 powierzchni gminy) w tym grunty orne około 7 500 ha. Blisko połowa gleb uprawnych całej gminy Gubin należy do chronionych przepisami ustawy o ochronie gruntów rolnych i leśnych

klas bonitacyjnych II-IV. W gminie Brody użytki rolne zajmują 6 318 ha (około ¼ powierzchni gminy). Najlepsze gleby znajdują się w północnej części w rejonie wsi: Koło, Datyń, Kumiałowice i Wierzchno, w rejonie złoża określanego mianem pola Węgliny. Oznacza to, że w przypadku podjęcia eksploatacji znaczny udział w przejmowanych gruntach w obszarze tego pola złożowego będą miały gleby wyższej jakości.

Głównym komponentem środowiska przyrodniczego rozpatrywanego rejonu są lasy. Ponieważ lasy porastają głównie tereny najsłabszych gleb typu bielico-wego dominującym typem lasu są bory świeże i suche które stanowią blisko 70% powierzchni leśnych natomiast udział żyznych siedlisk leśnych jest niewielki (około 2-4%). Głównym gatunkiem lasotwórczym jest sosna, której udział w drzewostanach wynosi około 90%. W strukturze wiekowej dominują drzewostany młode, dojrzałe drzewostany (w wieku powyżej 100 lat) obejmują jedynie 6,6% powierzchni leśnych w gminie Gubin i 5,1% powierzchni leśnych w gminie Brody. Przewaga ubogich siedlisk leśnych zdominowanych przez młode drzewostany sosnowe oznacza niższe koszty pozyskania tych terenów oraz niższe opłaty za ich wyłączenie z użytkowania leśnego.

Sieć hydrograficzna rejonu złoża Gubin jest stosunkowo rozbudowana, jednakże dominują w niej niewielkie ciekły wodne. Z większych rzek w pobliżu złoża przepływa jedynie Nysa Łużycka, która w sposób naturalny ogranicza złożę od strony zachodniej. Przez obszar złoża przepływają rzeki Wodra (Werdawa), Ładzica, Stara Werdawa i kanał Sadzarzewice – Węgliny. Poza jego obszarem, jednakże w zasięgu prognozowanego leżą depresji znajdują się jeziora Suchodół i Brodzkie. Ponieważ są one płytkie i położone blisko złoża Gubin w przypadku podjęcia eksploatacji należy się liczyć z możliwością ich drenażu. Z uwagi na występowanie w jeziorach cennych gatunków flory i fauny oraz ze względu na znaczenie jezior dla lokalnej społeczności w przypadku rozpoczęcia eksploatacji węgla należy rozważyć możliwość technicznego zabezpieczenia jezior przez wpływem prowadzonej eksploatacji.

Na terenie złoża Gubin nie występują Główne Zbiorniki Wód Podziemnych (GZWP), co jest ewenementem wśród polskich złóż. W jego sąsiedztwie znajdują się natomiast dwa zbiorniki GZWP – „Sandr Krosno – Gubin” na północ od złoża i „Pradolina Zasieki – Nowa Sól” na południe. Wody obydwu zbiorników są wysokiej jakości (klasa Ib) a zbiorniki mają status obszarów najwyższej ochrony. Obydwa zbiorniki leżą poza obszarem odkrywek jednakże na obecnym etapie rozpoznania nie można wykluczyć potencjalnego wpływu odwadniania złoża Gubin, szczególnie w okresie eksploatacji jego południowej części na GZWP „Pradolina Zasieki – Nowa Sól”.

Głębokość występowania zwierciadła wód gruntowych waha się od 1-3 m do poniżej 5 m p.p. t. Z uwagi na możliwość osuszenia gleb w bezpośrednim sąsiedztwie wyrobiska (zaniku zwierciadła wód gruntowych występujących w profilu glebowym lub bliskiej strefie podprofilowej) i obniżenia ich produk-

tywności, przed rozpoczęciem eksploatacji należałoby wykonać szczegółowe badania położenia zwierciadła wód gruntowych w strefie prognozowanego oddziaływania czwartorzędowego leja depresji.

W rejonie otoczenia złoża brak jest najbardziej restrykcyjnych form ochrony przyrody takich jak parki narodowe czy parki krajobrazowe. Najbliżej położone Krzesiński Park Krajobrazowy oraz Park Krajobrazowy „Łuk Mużakowa” znajdują się w znacznej odległości od złoża, daleko poza zasięgiem potencjalnych wpływów jego eksploatacji. Najważniejszym obiektem chronionym w obszarze występowania złoża jest rezerwat leśny „Uroczysko Węglińskie” o pow. 6,82 ha, obejmujący stary drzewostan dębowy i bukowy w wieku 100-200 lat. Ponadto w rejonie złoża w pobliżu Węglin, w okolicy Sękowic oraz we wsi Luboszyce występują pomniki przyrody. W pobliżu złoża, lecz poza zasięgiem wpływu jego eksploatacji znajduje się utworzony w 2006 roku rezerwat „Mierkowskie Suche Bory” chroniący ubogie bory sosnowe, kompleksy suchych, skrajnie ubogich ekosystemów rozwijających się na piaszczystych, śródlądowych wydmach.

W obszarze złoża i w strefie prognozowanego leja depresji nie występują obszary sieci Natura 2000. Najbliższy obszar tej sieci – „Uroczyska Borów Dolnośląskich” położony jest na południowy wschód od wsi Brody, poza zasięgiem potencjalnego leja depresji. Część złoża Gubin, szczególnie w otoczeniu rzeki Nysa Łużycka leży na obszarach chronionego krajobrazu [Mapa sozologiczna]. Obszary chronionego krajobrazu są jednak stosunkowo słabą formą ochrony przyrody.

Uwarunkowania społeczne

Gminy, na terenie których znajduje się analizowane złożo charakteryzuje bardzo niska gęstość zaludnienia. W gminie Gubin, nie licząc miasta Gubin, które stanowi odrębną jednostkę samorządową i nie leży w obszarze udokumentowanego złoża, gęstość zaludnienia wynosi 20 mieszkańców/km². Brody z liczbą 15 mk/km² mają najniższy wskaźnik zaludnienia w województwie lubuskim. Dla porównania średnia gęstość zaludnienia w Polsce wynosi 122 mk/km², w miastach 1090 mk/km² a na terenach wiejskich ponad 50 mk/km².

Sieć osadnicza charakteryzuje się dużym rozdrobnieniem. W zasobach mieszkaniowych przeważa zabudowa jednorodzinna, wolnostojąca. Z ogólnej liczby budynków większość (ok. 96%) powstała przed rokiem 1945, a więc w dużym stopniu uległo dekapitalizacji. Większe, nowsze zespoły zabudowy wybudowano w latach sześćdziesiątych XX wieku w sąsiedztwie ówczesnych gospodarstw PGR. Większość mieszkań znajduje się w rękach prywatnych. Najważniejszym źródłem utrzymania ludności jest rolnictwo, w którym zatrudnionych jest około 80% mieszkańców. W obszarze gminy Gubin dominują gospo-

darstwa o niewielkich arealach, natomiast w gminie Brody występują również duże gospodarstwa rolne o powierzchni przekraczającej nawet 100 ha.

Jednym z podstawowych problemów gospodarczych analizowanych terenów jest duże bezrobocie, którego stopa waha się od 22 do 26%.

Na terenie gminy Gubin funkcjonuje kilka jednostek szkolnych, kształcących na poziomie podstawowym i gimnazjalnym. Na obszarze złoża znajduje się jedna jednostka edukacyjna – szkoła podstawowa w Strzegowie. W gminie Brody usługi edukacyjne skupione są we wsi Brody, gdzie znajduje się szkoła podstawowa i gimnazjum. Usługi medyczne w gminie Gubin świadczy Samodzielny Publiczny Zakład Opieki Zdrowotnej z oddziałami w Strzegowie, Grabicach i Polu. W gminie Brody gminny ośrodek zdrowia ma siedzibę we wsi Brody.

Wsie zaopatrywane są w wodę z wodociągów komunalnych. Wiele jednostek osadniczych w rejonie występowania złoża nie posiada jednak sieci wodociagowych.

Obydwie gminy mają ubogą infrastrukturę turystyczno-wypoczynkową, wśród nich jako całoroczne bazy noclegowe znaczenie mają hotel w Brodach i gospodarstwo agroturystyczne we wsi Suchodół. Turystyka nie stanowi źródła utrzymania miejscowej ludności.

Infrastruktura transportowa w rejonie złoża

Teren występowania złoża cechuje rzadka sieć dróg, wśród których większość, z nawierzchnią z kostki granitowej powstała, tak jak większość zabudowy mieszkalnej, jeszcze przed rokiem 1945. Ważniejsze z nich to drogi 285 i 286, z których droga 285 przechodzi przez obszar złoża. Linia kolejowa Lubsko-Gubin stanowiąca teoretyczną, północno-wschodnią granicę analizowanego złoża Gubin została zmodernizowana w latach 1982-1985, obecnie jest nieczynna.

Charakter zabudowy, obiekty zabytkowe na terenie złoża

Wsie położone na terenie złoża Gubin i Brody mają głównie układ ulicowy lub ulicowo-placowy z zabudową zwartą, kalenicową. Występują również osady – owalnice, rzędówki oraz wielodrożnice z zabudową rozluźnioną, szczytową i kalenicową. Dominuje typ wsi małej. W miejscowościach nigdy nie było znaczących budowli publicznych. Na tle prostych układów osadniczych wyróżnia się wieś Brody o dobrze zachowanym układzie przestrzennym, kilku zabytkach architektury i okazałym założeniu pałacowo-parkowym. Podkreślić należy, że wieś Brody nie leży w obszarze projektowanej eksploatacji.



Fot. 1. Przykład zabudowy rejonu złoża – wieś Strzegów [Naworyta 2008]
Phot. 1. Example of development of coal reservoir area - a Strzegów village
[Naworyta 2008]

Na terenach złoża zinwentaryzowano obiekty, które zostały wpisane do rejestru Wojewódzkiego Konserwatora Zabytków. Wśród nich: późnogotycki kościół w Strzegowie, neogotycki kościół z XIX w. we wsi Mielno oraz dwa domy mieszkalne o konstrukcji szachulcowo-murowanej, pałac klasycystyczny z końca XVIII w. we wsi Grabice użytkowany po wojnie przez PGR, pałac z XIX w. we wsi Luboszyce. Stan techniczny zabudowań pałacowych i folwarcznych ze względu na brak właściwego zagospodarowania jest zły.

Przy niektórych z zabudowań dworskich zachowały się parki, wśród których na uwagę zwraca park pałacowy w Luboszycach i w Brzozowie.

Ze względu na wczesny rodowód osadnictwa, na analizowanym terenie udokumentowano liczne stanowiska archeologiczne. We wsi Strzegów znajduje się cmentarz polny, obecnie użytkowany.

W praktyce górniczej, w przypadku podjęcia eksploatacji złoża, obiekty przedstawiające wartość zabytkową – po uprzednim dokładnym udokumentowaniu – podlegają rozbiórce. W uzasadnionych nadzwyczajną wartością obiektu przypadkach rezygnuje się z części złoża tworząc wokół obiektów filar ochronny. W historii współczesnego górnictwa węgla brunatnego znane są też przypadki przenoszenia całych budowli na nowe miejsce np. przeniesienie kościoła z XV w. w mieście Most w Czechach (1975 r.), czy całkiem niedawne

przeniesienie kościoła Emauskirche z XIII w w Neukieritzsch w okręgu lipskim w Saksonii (2007 r.).

Podsumowanie i wnioski

Na tle perspektywicznych złóż węgla brunatnego w Polsce złoża Gubin wyróżnia się nie tylko wielkością zasobów, jakością czy łatwością udostępnienia ale również relatywnie niskim stopniem konfliktowości w odniesieniu do walorów środowiska oraz warunków społecznych. Przeanalizowane w pracy uwarunkowania środowiskowe i społeczne predestynują złoża do górniczego zagospodarowania. Wśród nich należy podkreślić – brak obszarów o restrykcyjnej formie ochrony przyrody (np. parki narodowe, obszary Natura 2000), brak w bezpośrednim zasięgu wpływów obszarów GZWP, niską wartość siedlisk leśnych, gleby o niskiej klasie bonitacyjnej. Wśród czynników społecznych wpływających na decyzję o eksploatacji na uwagę zasługują: wysokie bezrobocie, brak zakładów przemysłowych i usługowych, bardzo niska gęstość zaludnienia, niski stan zabudowy mieszkalnej i infrastruktury drogowej.

Ewentualne zagospodarowanie tak dużego złoża będzie procesem długotrwałym w odniesieniu do terenu całego złoża ale jednocześnie procesem przejściowym w odniesieniu do jego fragmentów. Równolegle z postępem frontów eksploatacyjnych będzie przebiegał proces rekultywacji terenów zbędnych dla kopalni. Takie postępowanie nie zależy od dobrej woli kopalni, jest ono warunkiem *sin equa non* opłacalności przedsięwzięcia górniczego. W czasie wydobywania ostatnich ton węgla ze złoża, miejsce jego udostępnienia będzie już porastał kilkudziesięcioletni wartościowy las.

Związana z eksploatacją konieczność wykupu nieruchomości i przesiedlenia mieszkańców, ze względu na obecny stan przeważającej części zabudowań, przyczyni się do poprawy warunków mieszkaniowych przesiedlonych ludzi.

Zdaniem autorów referatu wobec konieczności zaspokojenia prognozowanego zapotrzebowania na energię, stanu technicznego obecnych mocy wytwórczych a przede wszystkim wobec trudności jakie związane są z udostępnieniem nowych złóż, wynikających przede wszystkim z ograniczeń sozologicznych i społecznych, zagospodarowanie górniczne złoża Gubin jest celowe. Na tle innych niezagospodarowanych złóż w Polsce przedstawia się wręcz jako wyjątkowo mało konfliktowe w stosunku do walorów środowiska naturalnego oraz w stosunku do społeczności lokalnej [Badera 2009, Pietrzyk-Sokulska 2009]. Jego zagospodarowanie poza realizacją celu strategicznego dla kraju przyczyni się do aktywizacji gospodarczej regionu, który obecnie charakteryzuje wysokie bezrobocie i niski standard życia.

Literatura

1. BADERA J.: *Konflikty społeczne – nowy aspekt zagospodarowania złóż kopalin*, XIX Konferencja z cyklu Aktualia i perspektywy gospodarki surowcami mineralnymi, Wydawnictwo IGSMiP PAN, Kraków 2009
2. *Dodatek nr 1 do kompleksowej dokumentacji geologicznej złoża węgla brunatnego „Gubin” w kat. C₂+C₁+ B*, Przedsiębiorstwo Geologiczne, Kraków, maj 2009
3. NEY R. red.: *Określenie kolejności udostępniania i kompleksowego wykorzystania złóż węgla brunatnego w Polsce*, Polska Akademia Nauk. Komitet Gospodarki Surowcami Mineralnymi, Kraków 1983
4. GUS: *Podstawowe informacje o rozwoju demograficznym Polski w latach 2000-2009*, Departament Badań Demograficznych, Mat. na konf. prasową w dniu 28 stycznia 2010
5. KASIŃSKI J.R., MAZUREK S., PIWOCKI M.: *Waloryzacja i ranking złóż węgla brunatnego w Polsce*, Prace Państwowego Instytutu Geologicznego Nr CLXXXVII, Warszawa 2006
6. *Kompleksowa Dokumentacja Geologiczna złoża węgla brunatnego Gubin w kategorii C₂+C₁+B*, Ministerstwo Górnictwa i Energetyki, Zjednoczenie Przemysłu Węgla Brunatnego we Wrocławiu, Wrocław 1969
7. *Mapa sozologiczna w skali 1: 50 000*; arkusze: Zasieki i Gubin, Opracowanie na zlecenie Głównego Geodety Kraju
8. PIETRZYK-SOKULSKA E.: *Ostoje sieci natura 2000 jako element środowiskowych uwarunkowań eksploatacji kopalin*, Górnictwo Odkrywkowe 2-3/2009, Wrocław 2009
9. PIWOCKI M., KASIŃSKI J. R.: *Mapa waloryzacji ekonomiczno-środowiskowej złóż węgla brunatnego w Polsce*, Wydawnictwo PIG Warszawa 1994
10. Program rozwoju przemysłu węgla brunatnego w latach 1982-1990 i w dalszej perspektywie. Zrzeszenie Przedsiębiorstw Przemysłu Węgla Brunatnego, Wrocław 1982
11. *Sprawozdanie z prac geologiczno-badawczych w kat. C₁ na złożu węgla brunatnego „Gubin”*, MOŚZNiL, Przedsiębiorstwo Geologiczne we Wrocławiu „PROXIMA” S.A., Wrocław 1992
12. UBERMAN R., OSTREĞA A.: *Wykorzystanie metody Analitycznego Procesu Hierarchicznego dla waloryzacji (rankingu) polskich złóż węgla brunatnego*, Gospodarka Surowcami Mineralnymi, IGSMiE PAN 2008

ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL, SOCIAL AND CULTURAL CONDITIONS OF LIGNITE EXTRACTION IN GUBIN REGION

S u m m a r y

The work describes analysis of local conditions of lignite extraction from the deposit Gubin. The deposit has been characterized and restrictions for mining due to quality of soils, natural values and nature protection have been presented. Analyzed were also social conditions such as population density, infrastructure and economic activity of local people as well as cultural heritage of the area (churches, cemeteries, sights).

Key words: lignite, environment protection, local society

**ZBIGNIEW BZOWSKI, ANDRZEJ DAWIDOWSKI*,
ZBIGNIEW KROPORNICKI****

KRZEMIENIE W CZWARTORZĘDOWYM NADKŁADZIE POKŁADU WĘGLA BRUNATNEGO W SIENIAWIE

Streszczenie

W pracy zaprezentowano na tle warunków geologicznych charakterystykę znalezionych krzemieni pochodzących z piasków szczytów wzgórz morenowych oraz z gliny zwałowej w czwartorzędowym nadkładzie pokładu węgla brunatnego w Sieniawie. Krzemienie składają się z drobnoziarnistego autogenicznego kwarcu, trudno identyfikowanej ilości amorficznego chalcedonu oraz śladowej ilości goethytu i być może moganitu. Krzemienie zawierają od 0,15 do 0,36% węgla organicznego oraz w ilościach śladowych takie metale jak mangan, stront, tytan i cynk. Trudno jest jednoznacznie wyznaczyć, które z badanych metali mogą być związane z genezą krzemieni, ich wiekiem lub taką cechą jak barwa i jej strefowe zmiany. Przypuszczalnie badane krzemienie mogą pochodzić z utworów węglanowych kredy i/lub jury występujących w północno-zachodniej Polsce lub w rejonie na północ od wybrzeża (dno Bałtyku).

Słowa kluczowe: krzemienie, czwartorzęd, badania

Wstęp

Sieniawa według podziału regionalnego J. Kondrackiego [2002] leży w mezoregionie Pojezierze Łagowskie należącym do makroregionu Pojezierze Lubuskie. Na Pojezierzu Łagowskim znajdują się liczne jeziora, niektóre o charakterze rynnowym. Rzeźba terenu okolic Sieniawy jest urozmaicona, w części zachodniej zalesione pagórki moren posiadają wysokość do 227 m n.p.m (Bukowiec), natomiast w kierunku wschodnim występują wyraźne obniżenia, gdzie przeważa krajobraz rolniczy.

Podłoże Pojezierza Łagowskiego stanowią margle i wapienie kredy, na których występują piaszczyste i pylaste osady trzeciorzędu. W sekwencji na prze-

* Zakład Monitoringu Środowiska, Główny Instytut Górnictwa w Katowicach

** Kopalnia Węgla Brunatnego „Sieniawa” Sp. z o.o. w Sieniawie

mian zalegających piasków i pyłów miocenu występuje pokład węgla brunatnego o skomplikowanym przebiegu. Zjawiska tektoniczne późnego miocenu oraz glacitektoniczne w starszym plejstocenie spowodowały pofałdowanie pokładu węgla brunatnego do postaci szeregu prawie równoległych form antyklinalnych i synklinalnych (siodła i łęków). Wskutek takiego pofałdowania trudno określić precyzyjnie miąższość oraz głębokość zalegania poszczególnych osadów miocenu. Pokrywą osadów miocenu budują utwory czwartorzędowe górnego plejstocenu, w podłożu stanowiące 2-3 poziomy glin zwałowych zlodowacenia Wisły, na których występują osady wodnolodowcowe [Lindner i in. 1995, Lindner, Marks 1995]. Gliny zwałowe plejstocenu budują wzgórza morenowe uformowane często nad łekami pokładu węgla brunatnego. Na glinach zwałowych występują piaski: pylaste, gruboziarniste, miejscami ze żwirem i głazami. W dolinach rzecznych występują osady holocenu.

Złoże węgla brunatnego w Sieniawie

Obszar złoża węgla brunatnego okolic Sieniawy znajduje się w dorzeczu Odry, w zlewni Warty i odwadniany jest przez rzekę Obrę z jej lewobrzeżnymi dopływami. Złoże to leży na pograniczu dwóch wielkich jednostek geologicznych: monokliny przedsudeckiej i niecki szczecińskiej.

Złoże węgla brunatnego „Sieniawa” jest jednym z najdłużej znanych i eksploatowanych złóż tej kopaliny, o czym świadczy jego odkrycie ok. 1853 roku i uruchomienie kopalni w roku 1873 [Sieniawa Online 2010].

Po II wojnie światowej Kopalnię Węgla Brunatnego „Sieniawa” uruchomiono w 1950 roku prowadząc wydobywanie systemem filarowym w eksploatacji podziemnej do poziomu wód podziemnych. W roku 1983 wydobywanie węgla brunatnego ze złoża „Sieniawa” osiągnęło maksymalną w historii wartość 209,1 tys. ton, natomiast w latach 1997-2001 Kopalnia Węgla Brunatnego „Sieniawa” została zlikwidowana. Do zakończenia likwidacji w 2001 r., była jedyną podziemną kopalnią węgla brunatnego w Polsce [Bik 2006]. W 2002 roku powstał nowy podmiot gospodarczy Kopalnia Węgla Brunatnego „Sieniawa” Sp. z o.o. kontynuująca wydobywanie węgla brunatnego ze złoża „Sieniawa” lecz metodą odkrywkową. Obecnie z tego złoża wydobywany jest węgiel brunatny wyrobiskiem o głębokości ok. 40 m i powierzchni ok. 12,5 ha, o średniej wartości opałowej powyżej 10 tys. kJ/kg oraz zawartości siarki 0,6-0,8%. Cechą węgla brunatnego ze złoża „Sieniawa” jest zawartość wapnia – średnio 1,85% CaO (w popiele średnio 21,2% CaO) oraz posiadanie cech węgla wylewnego i zawartości prasmoły w stanie suchym ponad 12% [Bik 2006, Izydorczyk 2007].

Występowanie głazów i żwirów w osadach czwartorzędowych Sieniawy

W czwartorzędowych glinach zwałowych górnego plejstocenu zalegających na osadach miocenu i budujących wzgórza morenowe w okolicach Sieniawy często występują głazy narzutowe. Rozmieszczenie tych głazów jest chaotyczne, a średnice są bardzo zróżnicowane i wahają się od kilku centymetrów do ponad 1,5 m. Głazy narzutowe to przede wszystkim granity, gnejsy, kwarcyty, porfiry, dioryty, piaskowce, dolomity, ale również występują krzemienie, najczęściej z niewielką ilością „kory” w postaci wapienia. Krzemienie najczęściej barwy od ciemnoszarej do brązowoczarnej posiadają teksturę zbitą i przełam muszlowy, a jego powierzchnia jest najczęściej matowa.

W piaskach gruboziarnistych i żwirach zalegających na glinach zwałowych w obrębie szczytowych partii wzgórz morenowych występują głazy, głównie skał krystalicznych (granity, dioryty, gnejsy) o średnicy od 0,2 do ponad 0,5 m. W spągu tej warstwy w piaskach gruboziarnistych występują również, pojedynczo lub w skupiskach, konkretne krzemionkowe (krzemienie) wielkości do kilkudziesięciu centymetrów, przeważnie słabo obtoczone, barwy od jasnoszarej do szaroczarnej. Krzemienie posiadają teksturę zbitą i przełam muszlowy, a jego powierzchnia jest najczęściej błyszcząca.

Metody badań i materiał badawczy

Badania mineralogiczne wykonano rentgenowską metodą dyfrakcyjną (XRD) używając dyfraktometru PW 3040 firmy Panalytical. Stosowano metodę proszkową (DSH), promieniowanie CoK_{α} , z filtrem Fe przy szybkości rejestracji $0,01^\circ$ na sekundę. Badania dyfrakcyjne przeprowadzono w Pracowni Rentgenowskiej Zakładu Mineralogii Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach.

Skład mineralny zidentyfikowano na podstawie danych z kartoteki ASTM. Wykorzystano dane wzorcowe ASTM z bazy PDF-4: International Centre for Diffraction Data [2010] sprzężonej z dyfraktometrem programem PCPDFWIN v.2.1 oraz wzorce referencyjne ASTM [Gawęł, Muszyński 1992].

Badania chemiczne dotyczące zawartości metali oznaczono metodą spektrometrii emisyjnej z plazmą wzbudzoną indukcyjnie (ICP-EAS), wykorzystując spektrometr Optima 5300 DV Perkin Elmer [Bzowski, Dawidowski 2000]. Zawartości węgla i siarki w krzemieniach oznaczono analizatorem elementarnym Eltra CS 500 z przystawką do oznaczania węgla nieorganicznego. Badania przeprowadzono w Laboratorium Analizy Odpadów Stałych Zakładu Monitoringu Środowiska Głównego Instytutu Górnictwa w Katowicach.

Krzemienie z piasków szczytów wzgórz morenowych

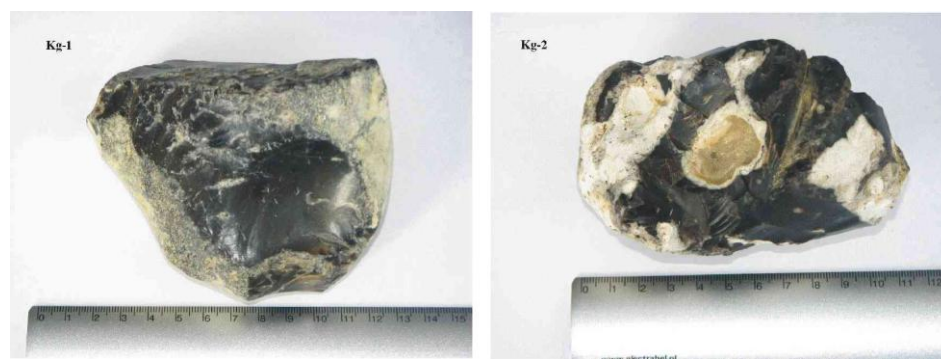
Krzemienie o różnej barwie: jasnobieżowe, jasnoszarobieżowe, szarobieżowe, jasnoszare oraz szare. Barwy krzemieni niejednolite, miejscami pasiaste z przejściem od jasnobieżowego do jasnoszarego poprzez barwy pośrednie. W większości okruchy ostrokrawężyste z widocznymi powierzchniami przełamu muszlowego i „opalizacją” tych powierzchni. Do badań wybrano dwie próbki (fot. 1): Kp-1 – krzemień jasnobieżowy oraz Kp-2 – krzemień jasnoszary.



Fot. 1. Krzemienie z piasków szczytów wzgórz morenowych
Phot. 1. The flints from sands in moraine heaps

Krzemienie z warstwy gliny zwałowej

Krzemienie o barwie w przedziale od ciemnoszarej do czarnej, prawie jednolitej barwy, bez pasów, jedynie z nielicznymi jasnoszarymi przebarwieniami. W większości okruchy obtoczone z nielicznymi powierzchniami przełamu muszlowego. Na powierzchni niektórych krzemieni występuje „kora” kalcytowa. Do badań wybrano dwie próbki (fot. 2): Kg-1 – krzemień szary oraz Kg-2 – krzemień czarny.



Fot. 2. Krzemienie z gliny zwałowej
Phot. 2. The flints in boulder clay

Wynik badań krzemieni z Sieniawy

Występowanie krzemieni w czwartorzędowych (plejstocénskich) osadach gruboziarnistych (żwirach) podobnie jak w glinach północno-zachodniej Polski jest rozpoznane. W osadach glacyfluwialnych Cedyni i Chełma Górnego (Pojezierze Myśliborskie) udział krzemieni w żwirze stanowił do 9%, a w wydzielonej frakcji kamienistej (20-60 mm) z gliny glacialnej od 1,5 do 3% [Górska-Zabielska, Pisarska-Jamroży 2008]. Krzemienie w osadach plejstocénskich nie były szczególnym obiektem zainteresowania, ponieważ nie zaliczane są zarówno do eratyków przewodnich jak i wskaźnikowych [Górska 2007].

Badania mineralogiczne

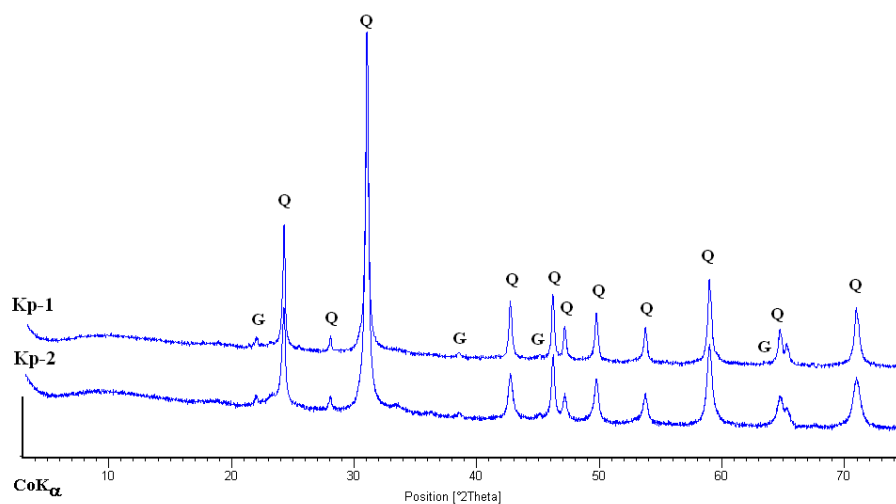
Przeprowadzone badania mineralogiczne wykazały, że krzemienie z piasków szczytów wzgórz morenowych składają się przede wszystkim z drobnoziarnistego autogenicznego kwarcu, trudno identyfikowanej ilości amorficznego chalcedonu oraz śladowej ilości goethytu. Obie badane próbki: Kp-1 i Kp-2 bez względu na barwę wykazywały bardzo podobny skład mineralny (rys. 1). Natomiast krzemienie z warstwy gliny zwałowej poza wymienionymi składnikami zawierały prawdopodobnie moganit (odmiana kwarcu), a próbka Kg-2 również kalcyt (rys. 2). Występowanie kalcytu związane jest nie tyle z obecnością „kory” węglanowej (usunięto na etapie przygotowania próbek), lecz z wystąpieniem kalcytu w formie wtrąceń i naskorupień na płaszczyznach przełamu. Natomiast analiza zarówno obecności jak i ilości moganitu w badanych krzemieniach, ze względu na obecność faz amorficznych jest znacznie utrudniona.

Badania mineralogiczne wskazują, że skład mineralny krzemieni pochodzących z osadów czwartorzędu w okolicy Sieniawy zbliżony jest do typowych odmian krzemieni [Turnau-Morawska 1954, Łydka 1985]. Miejsce ich występowania oraz skład mineralny sugerują, że są to krzemienie mezozoiczne, najlepiej rozpoznane w utworach kredy i jury w południowej i środkowej Polsce.

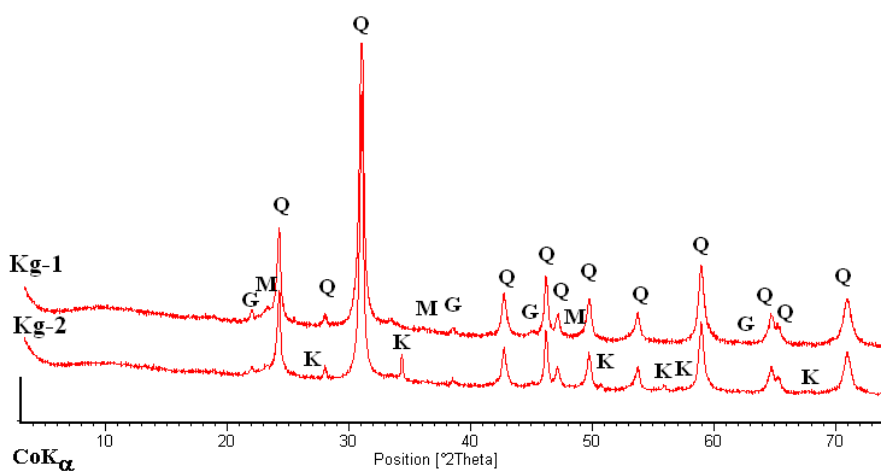
Krzemienie rozpoznano również w węglanowych i marglowych utworach górnej kredy i górnej jury północno-zachodniej Polski [Dalczak-Calikowska 1983, Jaśkowiak-Schoeneichowa, Raczyńska 1983]. Analiza zasięgu osadów górnego miocenu wskazuje, że teren północno-zachodniej Polski należy do obszarów denudowanych w tym okresie. W okresie późnego pliocenu, osady kredy i jury rejonu Szczecin-Kołobrzeg tworzą podłoże dla plejstocénskiej erozji glacialnej [Stankowski 1996].

W związku z tym można przypuszczać, że badane krzemienie mogą pochodzić z utworów węglanowych kredy i/lub jury występujących w północno-zachodniej Polsce lub w rejonie na północ od wybrzeża (dno Bałtyku). W przypadku krzemieni z piasków szczytów wzgórz morenowych takie pochodzenie sugeruje krótką drogę transportu (ostrokrawędzistość) z równoczesnym znacznym wpływem wody na rozpuszczanie skał węglanowych otaczających krze-

mienie (brak „kory”). Natomiast w przypadku krzemieni z gliny zwałowej obecność „kory” może być wynikiem krótkiego transportu z rejonu północno-zachodniego w masie ilasto-pylastej glin, z ograniczonym udziałem wody.



Rys. 1. Dyfratogramy krzemieni z piasków wzgórz morenowych
Fig. 1. The X-ray diffractograms of flints from sands in moraine heaps



Rys. 2. Dyfratogramy krzemieni z gliny zwałowej
Fig. 2. The X-ray diffractograms of flints from boulder clay

Badania chemiczne

Badania chemiczne wykazały, że krzemienie z piasków szczytów wzgórz morenowych zawierały 0,17 i 0,19% węgla całkowitego, a krzemienie z gliny zwałowej – 0,24 i 0,54% $C_{\text{całk}}$. W krzemieniu Kg-2, który zawierał kalcyt stwierdzono 0,18% węgla nieorganicznego, co po przeliczeniu stanowi 1,5% CaCO_3 . Krzemienie nie zawierały siarki powyżej 0,003% oraz charakteryzowały się bardzo zróżnicowaną zawartością węgla organicznego – od 0,15% w próbce Kp-1 do 0,36% w krzemieniu Kg-2 (tab. 1).

Tab 1. Zawartości węgla i metali w krzemieniach osadów czwartorzędowych okolic Sieniawy

Tab 1. Carbon and heavy metals contents in the flints from Quaternary sediments near Sieniawa

Nr próbki	Kp-1	Kp-2	Kg-1	Kg-2
%				
C – całkowity	0,17	0,19	0,24	0,54
C – organiczny	0,15	0,19	0,23	0,36
mg/kg [ppm]				
Fe	1058	215	463	7558
Mn	9	2	3	426
Sr	5	8	5	11
Ti	20	20	24	32
Zn	35	27	49	34

Podjęto próbę oznaczenia zawartości metali w badanych krzemieniach. Obecności takich metali jak kobalt, chrom, ołów, miedź i nikiel powyżej 1 mg/kg (ppm) nie stwierdzono. Zawartości żelaza, manganu, strontu, tytanu i cynku w badanych krzemieniach zestawiono w tabeli 1. Trudno jest jednoznacznie wyznaczyć, które z badanych metali mogą być związane z genezą krzemieni, ich wiekiem lub taką cechą jak barwa i jej strefowe zmiany.

Podsumowanie

W czwartorzędowych glinach zwałowych oraz piaskach gruboziarnistych występujących na tych glinach w nadkładzie pokładu węgla brunatnego w okolicy Sieniawy występują pojedynczo lub w skupiskach, konkretne krzemionkowe (krzemienie) wielkości do kilkunastu centymetrów, przeważnie słabo obtoczone, barwy od jasnoszarej do szaroczarnej.

Badania mineralogiczne tych krzemieni wykazały, że składają się przede wszystkim z drobnoziarnistego autogenicznego kwarcu, trudno identyfikowanej ilości amorficznego chalcedonu oraz śladowej ilości goethytu. Krzemienie

z gliny zwałowej poza wymienionymi składnikami zawierają prawdopodobnie moganit (odmiana kwarcu) oraz kalcyt. Analiza obecności jak i ilości goethytu i moganitu w badanych krzemieniach, ze względu na obecność faz amorficznych jest znacznie utrudniona.

Badania chemiczne wykazały, że krzemienie zawierają od 0,15 do 0,36% węgla organicznego oraz w ilościach śladowych takie metale jak mangan, stront, tytan i cynk. Trudno jest jednoznacznie wyznaczyć, które z badanych metali mogą być związane z genezą krzemieni, ich wiekiem lub taką cechą jak barwa i jej strefowe zmiany.

Badane krzemienie mogą pochodzić z utworów węglanowych kredy i/lub jury występujących w północno-zachodniej Polsce lub w rejonie na północ od wybrzeża (dno Bałtyku). Świadczyć o tym może analiza zasięgu osadów kredy i jury rejonu Szczecin-Kołobrzeg w późnym pliocenie oraz udokumentowane występowanie krzemieni w utworach węglanowych i marglach.

Literatura

1. BIK A.: *Spoglądamy w przyszłość przez pryzmat środowiska naturalnego*. Węgiel brunatny, vol. 54, nr 1, poz. 7, 2006
2. BZOWSKI Z., DAWIDOWSKI A.: XRD-XRF-ICP Analytic system in ecochemical assessment of industrial soil. In Proc.1st Inter. Conf. „Soils of Urban, Industrial, Traffic and Mining Areas” (SUITMA). Essen, Germany 2000, vol.1; 189-193
3. DALCZAK-CALIKOWSKA K. *Jura środkowa i górna*. Przewodnik LV Zjazdu PTGeol Szczecin 1983, 107-114
4. GAWEŁ A., MUSZYŃSKI M.: *Tablice do identyfikacji minerałów metodą rentgenograficzną*. Wyd. AGH Kraków 1992
5. GÓRSKA M.: *Eratyki skandynawskie – metodyka i interpretacja*. W: „Badania cech teksturalnych osadów czwartorzędowych i wybrane metody oznaczania ich wieku”. Wyd. Szkoły Wyższej Przymierza Rodzin, Warszawa 2007; 75-82
6. GÓRSKA-ZABIELSKA M., PISARSKA-JAMROŹY M.: *Zróźnicowanie petrograficzne plejstocentrycznych osadów Pojezierza Myśliborskiego na przykładzie żwirów z Chelma Górnego i Cedyni*. Przegląd Geologiczny vol. 56, nr 4, 2008, 317-321
7. IZYDORCZYK H.: *Kopalnia Sieniawa: ekonomia i ekologia*. Węgiel brunatny, vol. 60, nr 3, poz. 3, 2007
8. JCPDS.: International Centre for Diffraction Data (ICDD) for PCPDFWIN v.1.30, 1997

9. JAŚKOWIAK-SCHOENEICHOVA M., RACZYŃSKA A.: *Rozwój sedymentacji osadów kredowych na obszarze Szczecin-Kołobrzeg*. Przewodnik LV Zjazdu PTGeol Szczecin 1983, 115-131
10. KONDRACKI J.: *Geografia fizyczna Polski*. PWN Warszawa 2002
11. LINDNER L., DZIERŻEK J., LAMPIARSKI Z., MARKS L., NITYCHORUK J.: *Zarys stratygrafii czwartorzędu Polski; główne poziomy osadów glacialnych i interglacialnych oraz ich rozprzestrzenienie*. Przegląd Geologiczny, vol. 43, nr 7, 586-591; 1995
12. LINDNER L., MARKS L.: *Zarys paleogeomorfologii obszaru Polski podczas zlodowaceń skandynawskich*. Przegląd geologiczny, vol. 43, nr 7, 591-594; 1995
13. ŁYDKA K.: *Petrologia skal osadowych*. Wyd. Geol. Warszawa 1985
14. PDF-4.: International Centre for Diffraction Data (ICDD) for PCPDFWIN v.2.1., 2010
15. Sieniawa Online – serwis internetowy Kopalni Węgla Brunatnego „Sieniawa” Sp. z o.o.; http://www.sieniawa.com/index.php?option=com_content&task=view&id=3&Itemid=9
16. STANKOWSKI W.: *Wstęp do geologii kenozoiku*. Wyd. Nauk. UAM Poznań 1996

FLINTS IN QUATERNARY OVERBURDEN OF THE BROWN COAL BED IN SIENIAWA

Summary

In the paper, geological conditions and characteristics of found flints originated from sands and boulder clay are presented. Flints are present in Quaternary overburden of the brown coal bed in Sieniawa, Poland and they consist of fine-grained authigenic quartz, hard to identify amount of amorphous chalcedon and trace amounts of goethite and possibly moganite. Flints contain from 0,15 to 0,36% of total organic carbon and trace amount of metals such as manganese, strontium, titanium and zinc. Presumably, investigated flints may origin from Jurassic and/or Cretaceous carbonate formations occurring in the North-Western parts of Poland or in the region due north from polish coast line (bottom of the Baltic Sea).

Key words: flints, Quaternary, researches

MARCIN PIETRZYKOWSKI, WOJCIECH KRZAKLEWSKI,
GRZEGORZ GAIK*

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

Streszczenie

Prezentowano wyniki badań wzrostu sosny zwyczajnej i kilku towarzyszących gatunków drzew wprowadzonych w 1995 roku na składowisku odpadów paleniskowych „Lubień” elektrowni „Błchatów”. W ramach doświadczenia zastosowano warianty z pokryciem warstwą mineralną ziemi (miąższości 20 i 40 cm) i bez pokrycia (wariant kontrolny na popiołach). Wyszczono 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.

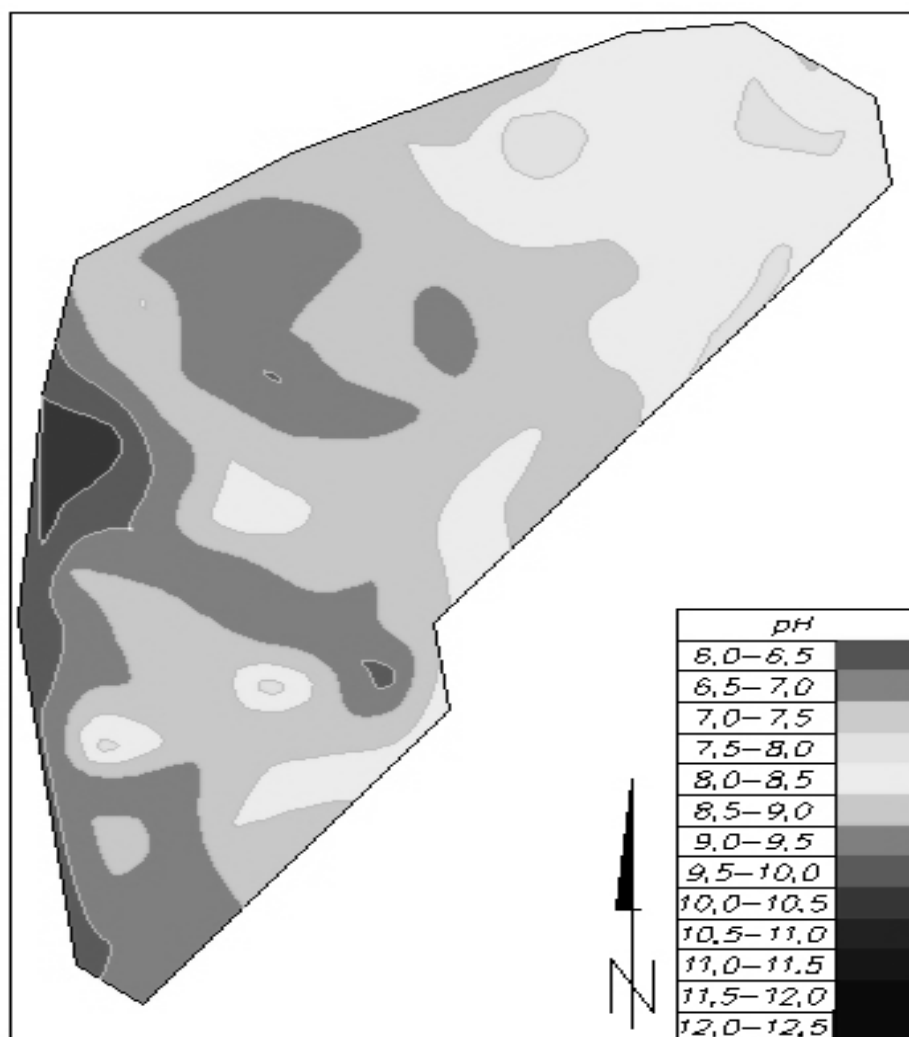
Obiekt badań i metody

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 [Trampler 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 deponowanych 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].

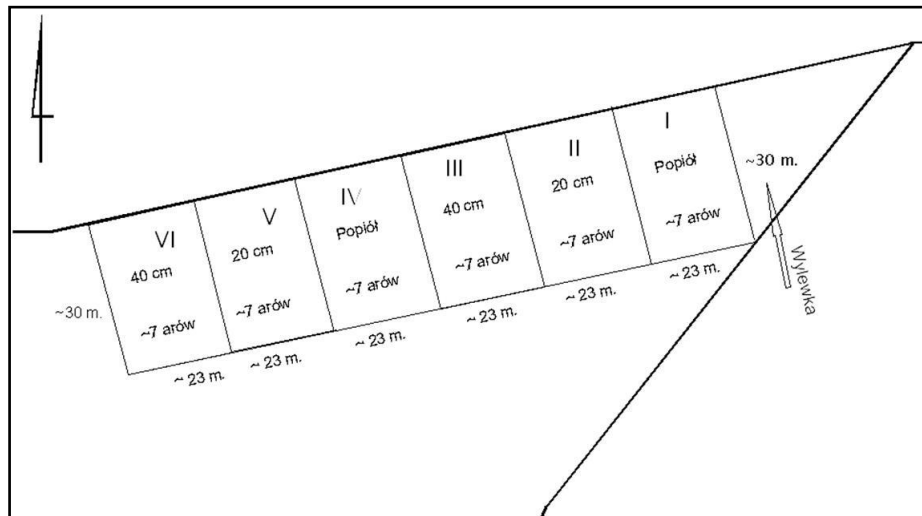
We wrześniu 1995 roku na polu nr 4 składowiska „Lubień” wyłączono z eksploatacji fragment osadnika o powierzchni około 0,60 ha. Z powierzchni tej wydzielono fragment półki, na którym założono 6 poletek doświadczalnych (każde o areale 7 arów). Zastosowano 2 warianty z pokryciem ziemią mineralną o miąższości 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 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$; potasu K₂O 2,11-25,9 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ i przyswajalnego fosforu P₂O₅ 0,0-6,0 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ [Gaik 2006].



Rys. 1. Zróżnicowanie 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 uzyskala 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 akacjowa; 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 rosną 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., KLICZKOWSKA 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: topsoiling of fly ash to depths of 20 and 40 cm and control plots without topsoiling 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

MARCIN PIETRZYKOWSKI, WOJCIECH KRZAKLEWSKI*,
MALWINA TOMANEK, PAWEŁ HAJDUK**

**GOSPODARKA POWIERZCHNIĄ ORAZ CHARAKTERYSTYKA
DRZEWOSTANÓW I SIEDLISK NA REKULTYWOWANYCH
ZWAŁACH ODPADÓW GÓRNICICTWA WĘGLA KAMIENNEGO
NA OBSZARZE NADLEŚNICTWA RYBNIK (REJON GOP)**

Streszczenie

Powierzchnia gruntów wymagających rekultywacji w Polsce wynosi ponad 64 tys. ha, w tym w przemyśle wydobywczym około 44 tys. ha. Dominującym kierunkiem rekultywacji jest kierunek leśny (około 60%). Zwały odpadów górnictwa węgla kamiennego w rejonie GOP należą do obiektów uciążliwych dla środowiska i często powstają na terenach wyłączonych z produkcji leśnej. Znaczna część rekultywowanych i zalesionych zwałowisk przekazywana jest pod administrację LP. Tereny te obejmowane są Planami Urządzania Lasu, w których zawarta jest charakterystyka siedlisk i drzewostanów. Celem niniejszej pracy była analiza powierzchniowej rekultywacji leśnej, wieku i składu gatunkowego drzewostanów oraz prognozowanych siedliskowych typów lasu na zwałach znajdujących się na terenie Nadleśnictwa Rybnik (rejon GOP). Stwierdzono, że na analizowanym obszarze powierzchnia wyłączona z produkcji leśnej dla tworzenia zwałowisk wynosiła 254,5 ha, zaś powierzchnia zrehabilitowana wynosi 132,3 ha. W większości siedliska na zwałach zdiagnozowano jako BMśw (53%), a dominującym gatunkiem jest sosna zwyczajna (40%), w tym w znacznej części pochodząca z samosiewu. Drzewostany znajdują się aktualnie w I i II klasie wieku. Wyniki pracy mogą mieć znaczenie dla planowania hodowlanego w odniesieniu do drzewostanów na rekultywowanych zwałach.

Słowa kluczowe: górnictwo węgla kamiennego, zwałowisko, rekultywacja, bilans powierzchniowy, drzewostany, siedliska leśne

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

** Państwowe Gospodarstwo Leśne Lasy Państwowe, Nadleśnictwo Rybnik, RDLP Katowice

Wstęp i cel pracy

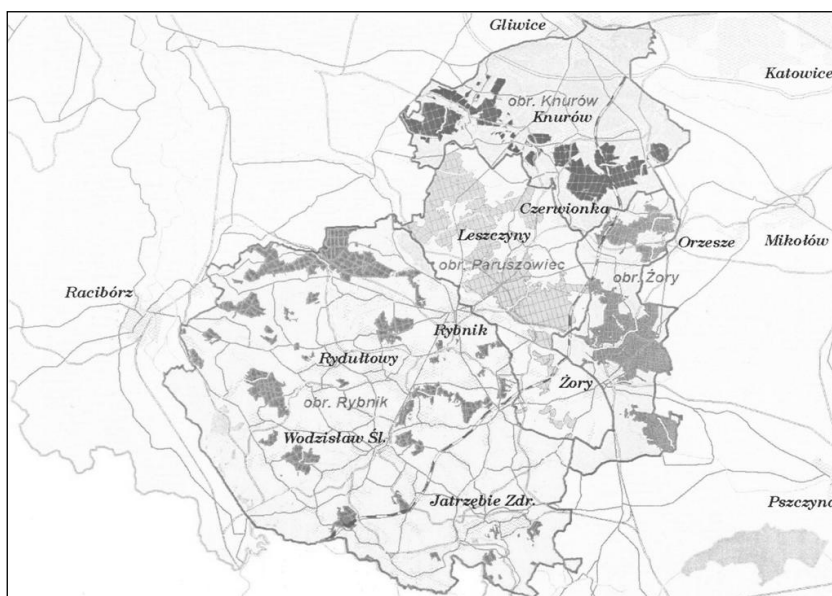
Aktualnie w Polsce grunty zdewastowane i zdegradowane wymagające rekultywacji i zagospodarowania zajmują łącznie ponad 64 tys. ha [dane GUS 2008]. W przemyśle wydobywczym (głównie odkrywkowe górnictwo węgla brunatnego, piasków podsadzkowych i siarki) łącznie z około 44 tys. ha powierzchni przekazano ponad 25 tys. ha do ponownego zagospodarowania, z wyraźnie zaznaczającą się przewagą (ponad 60%) powierzchni rekultywowanych dla leśnictwa [Krzaklewski 2001]. Nieużytki poprzemysłowe towarzyszące wydobywaniu węgla kamiennego, w tym szczególnie zwałowiska centralne, stanowią w skali Górnego Śląska niekorzystny czynnik dla środowiska i krajobrazu. Według podziału W. Krzaklewskiego obiekty te należą do II grupy nieużytków poprzemysłowych zarastających wolno (nie wcześniej niż po 5 latach) [Krzaklewski 1988]. W ciągu ostatnich 100 lat ilość odpadów nagromadzonych na terenie byłego województwa katowickiego wynosiła 1,5 mld. ton, a corocznie powstaje od 40 do 90 mln. ton odpadów. Udział górnictwa węgla kamiennego w ilości powstających odpadów przekracza 80% [Strzyszczyński i Harabin 2004]. W 2002 roku w województwie śląskim na zwałowiskach po wydobywaniu węgla kamiennego zalegało wciąż 700 mln ton odpadów, a powierzchnia niezrekultywowana wynosiła około 2700 ha [Strzyszczyński i Harabin 2004]. Znaczna część zwałowisk lokalizowana była na terenach administrowanych przez Lasy Państwowe. Problem ten dotyczył również terenów Nadleśnictwa Rybnik (RDLP Katowice). Aby zmniejszyć uciążliwość powstających zwałów od lat 70-tych podejmowano działania rekultywacyjne. Zwałowiska obejmowano głównie leśnym i zadrzewieniowym kierunkiem rekultywacji [Gresztka i Morawski 1972, Krzaklewski 1988]. Było to korzystne ze względu na funkcje krajobrazowe i sanitarne. Tereny rekultywowane dla leśnictwa i przekazywane Lasom Państwowym obejmowane są sukcesywnie Planami Urządzania Gospodarstw Leśnych, w których zamieszczane są między innymi informacje na temat siedliskowych typów lasu (STL), wieku, składu gatunkowego i gospodarczych typów drzewostanów (GTD) dla tworzonych wydzieleń. Jak wynika z dotychczasowej praktyki i danych literaturowych ustalenie STL na takich terenach jest trudne. Diagnozę siedlisk na terenach pogórnicznych powinno traktować się w kategoriach prognozy [Krzaklewski i Pietrzykowski 2007], a skład gatunkowy drzewostanów w różnym stopniu dostosowany jest do potencjalnych typów siedlisk powstających na zwałowiskach.

Celem niniejszej pracy była ogólna analiza gospodarki powierzchnią, wieku i składu gatunkowego drzewostanów oraz prognozowanych siedliskowych typów lasu na rekultywowanych zwałowiskach na terenie Nadleśnictwa Rybnik w rejonie GOP. Analizę wykonano w oparciu o dokumentację zawartą w Planach Urządzania, bazie SILP oraz notatkach służbowych i protokołach przekazania i odbioru. Opracowanie może być przydatne między innymi w kontekście

planowania hodowlanego, w tym zakresu i rozmiaru zabiegów pielęgnacyjnych, a następnie przebudowy składu gatunkowego drzewostanów na zrekultywowanych zwałowiskach w analizowanym Nadleśnictwie. Praca ma również odniesienie do podobnych jednostek LP na terenie GOP.

Opis terenu objętego analizą

Nadleśnictwo Rybnik należy do Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Katowicach i składa się z czterech obrębów leśnych: Knurów, Paruszowice, Rybnik i Żory [„Informator ...” 2008].



Ryc.. 1. Zasięg terytorialny Nadleśnictwa Rybnik [„Plan Urządzania...” 2007]

Fig. 1. Area of Forest Inspectorate Rybnik [„Plan Urządzania ...” 2007]

Powierzchnia ogólna gruntów Nadleśnictwa wynosi 20594,58 ha, w tym powierzchnia leśna 19488,40 ha (ryc. 1). Według „Regionalizacji przyrodniczo-leśnej” [Trampler i in. 1990], w większej części obszar Nadleśnictwa położony jest w V Śląskiej Krainie Przyrodniczo-Leśnej; dzielnicy 6 Kędzierzyńsko-Rybnickiej, a część obrębu Żory położona jest w VI Małopolskiej Krainie; dzielnicy 7 Wyżyn i Pogórza Śląskiego; mezoregionie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. Obszar znajduje się w zasięgu tzw. zapadliska przedkarpackiego z okresu karbonu górnego. Najstarsze osady to naprzemianległe serie ilów i piaskowców oraz margli, wapieni i dolomitów. Liczne pokłady węgla kamien-

nego przedzielają warstwy piaskowców, łupków i zlepieńców. Aktualna rzeźba terenu jest wynikiem współdziałania lodowca i wód płynących oraz czynników antropogenicznych (działalność górnictwa węgla kamiennego, eksploatacja materiałów budowlanych) [Gilewska 1972]. Na terenie Nadleśnictwa zlokalizowanych jest 12 czynnych kopalni głębinowych węgla kamiennego [Jureczka i Galos 2007]. Klimat regionu ma charakter podgórski o dużej zmienności w wyniku oddziaływania wpływów oceanicznych i kontynentalnych. Jest to część najcieplejszej strefy w Polsce. Okres wegetacyjny trwa około 235 dni, średnia roczna temperatura wynosi 7,5°C, a suma opadów 750 mm [Woś 1999]. Dominujące typy gleb występujące w Nadleśnictwie to: gleby rdzawe (39,0%), opadowo-glejowe (19,3%) i brunatne (16,9%) [„Plan Urządzania...” 2007], a wśród siedliskowych typów lasu dominuje bór mieszany świeży (BMśw – 30,2%) i las mieszany świeży (LMśw – 25,2%). Przeważającym gatunkiem lasotwórczym jest sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris* L.), która ma 62% udziału w drzewostanach. Dęby (łącznie szypułkowy i bezszypułkowy: *Quercus robur* L., *Quercus petraea* L.) oraz brzozy (łącznie brodawkowata i omszona: *Betula pendula* Roth, *Betula pubescens* Ehrh.) stanowią po 12%.

Wyniki i omówienie

Na terenie Nadleśnictwa Rybnik występują znaczne szkody górnicze, głównie w postaci osiadanania terenu (na powierzchni 1160,01 ha), oraz zawodnień powierzchniowych (266,82 ha), w tym zalewiska trwałe (136,6 ha). Przesuszenie terenu stwierdzono na powierzchni 50,0 ha [„Informator ...” 2008]. Zwałowiska pogórnice, które są ujmowane osobno, stanowią istotny element przekształceń środowiska leśnego, oddziałując zarówno bezpośrednio jak i pośrednio. Powierzchnia wyłączona z produkcji leśnej na cele nieleśne (w tym głównie pod tworzenie zwałowisk) do 2007 roku wynosiła łącznie 254,53 ha. Na terenie Nadleśnictwa zinwentaryzowano następujące zwałowiska odpadów górnictwa węgla kamiennego: zwałowiska centralne - „Knurów” i „Smolnica III” oraz mniejsze zwałowiska przykopalniane - zwałowisko „KWK Jankowice”; Krostoszowice; „KWK Marcel”. Największe wyłączenia powierzchni z produkcji leśnej na rzecz przemysłu wydobywczego dotyczyły głównie okresu, tzw. „rozkwit gospodarczego kraju” i znacznego wydobycia węgla kamiennego, dochodzącego do 193 mln ton (w 1980 roku) [„Rocznik...” 2008].

Powierzchnia zwałowisk zrehabilitowana i przekazana Nadleśnictwu Rybnik do 2007 roku wynosiła 132,32 ha (tab. 1). Stanowi to 52% w stosunku do powierzchni wyłączonej na cele nieleśne dla tworzenia zwałowisk. Nie wszystkie analizowane zwałowiska mają uregulowany stan własnościowy. Jest to związane z dynamicznymi przekształceniami gospodarczymi, szeregiem zmian własności podmiotów gospodarczych i związaną z tym odpowiedzialnością za

powstałe szkody. Taki problem występuje np. w dokumentacji zwałowiska „Smolnica III”. W obrębie tego zwałowiska zanotowano „nadmiar” powierzchni zrehabilitowanej nad powierzchnią wyłączoną o 16,58 ha.

Tabela 1. Bilans powierzchni wyłączonej z produkcji leśnej oraz zrehabilitowanej w Nadleśnictwie Rybnik [„Plan Urządzania...” 2007]

Table 1. Balance of areas excluded from forest production and reclaimed in Forest Inspectorate Rybnik [„Plan Urządzania...” 2007]

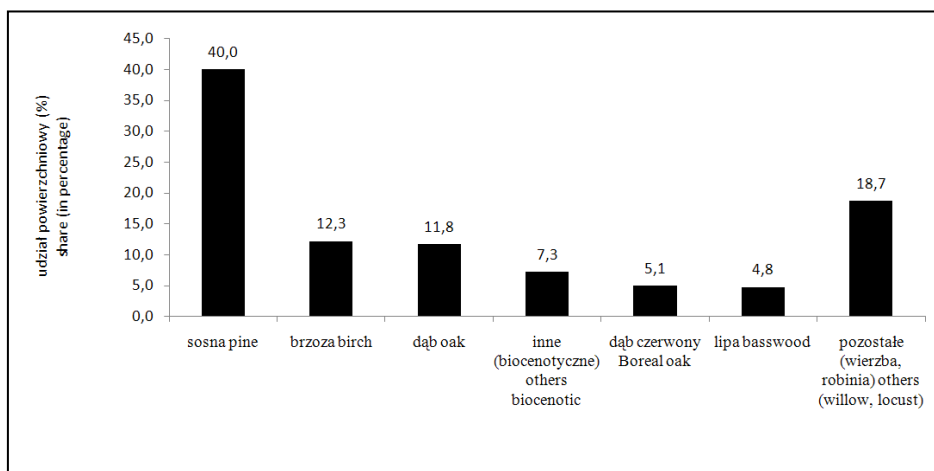
Zwałowisko Spoil heap	Powierzchnia wyłączona na cele zwałowania Area excluded for waste storage (ha)	Powierzchnia zrehabilitowana Reclaimed area (ha)
Knurów	152,34	32,52
Smolnica III	52,67	69,25
KWK Jankowice	17,88	0,00
Krostoszowice	23,92	23,47
KWK Marcel	7,72	7,08
Łącznie (total)	254,53	132,32

Tereny rekultywowane wymagają szczegółowej i dokładnej oceny warunków siedliskowych, ponieważ stanowi to podstawę planowania składu gatunkowego zalesień. Ocenę tą można przeprowadzić z wykorzystaniem metody kartograficzno-glebowej, fitosocjologiczno-glebowej lub fitosocjologicznej [Krzaklewski i Pietrzykowski 2007]. Na terenach rekultywowanych mówi się jednak o prognozowanych siedliskowych typach lasu, ponieważ powstające siedliska są w stadium inicjalnego rozwoju. W Planach Urządzania Gospodarstwa Leśnego wymagane jest jednak określenie siedliskowych typów lasu zgodnie z systemem typologicznym IBL [SPHL 2003]. Metody stosowane w urządzaniu lasu nie są jednak w pełni „dostosowane” do warunków na zwałowiskach. Dlatego aktualnie prowadzi się badania nad opracowaniem jednolitych wskaźników jakości gleb i siedlisk dla praktycznego zastosowania w zalesieniach obiektów pogórnictwa [Pietrzykowski i in. 2010].

Analizę udziału prognozowanych siedliskowych typów lasu na terenie Nadleśnictwa Rybnik wykonano dla zwałowiska centralnego „Smolnica III” oraz zwałowiska „Krostoszowice”, ponieważ dla tych dwóch zwałowisk został przypisany STL w istniejącej dokumentacji [„Plan Urządzania...” 2007]. Na zwałowiskach klasyfikowano głównie siedliska boru mieszanego świeżego (BMśw) (53%). Jest to zgodne ze specyfiką całego Nadleśnictwa, w którym siedliska te dominują [„Plan Urządzania...” 2007]. Siedliska lasu mieszanego świeżego (LMśw) na zwałowiskach klasyfikowano na 19% powierzchni, następnie bór mieszany wilgotny (BMw) i las świeży (Lśw) zajmują po 11% powierzchni i las mieszany wilgotny (LMw) 6% [„Plan Urządzania...” 2007]. Aktualnie w przypadku zwałowisk górnictwa węgla kamiennego przypisane potencjalne siedli-

skowe typy lasu są nieco zaniżone w kontekście danych literaturowych [Strzyszc i Harabin 2004]. Materiał budujący zwałowiska stanowią najczęściej odpady szybowe w postaci łupków, ilowców i piaskowców karbońskich. Utwory te charakteryzują się dużymi potencjalnymi możliwościami produkcyjnymi [Strzyszc i Harabin 2004]. Na terenach tych potencjalnie mogą powstać siedliska lasów oraz lasów mieszanych [Pietrzykowski i in. 2010]. Diagnoza siedliska jako BMśw daje jednak możliwości dla większego udziału w pierwszej generacji drzewostanu sosny zwyczajnej, jako gatunku pionierskiego. Pionierska sosna dobrze spełnia w tych warunkach rolę osłony dla gatunków docelowych, które mogą być wprowadzane w przyszłości w ramach przebudowy. Ponadto sukcesja samorzutna sosny wpłynęła na obniżenie kosztów rekultywacji tych zwałowisk [Stolarska i in. 2006].

Określenie składu gatunkowego zalesień i drzewostanów możliwe było w odniesieniu do zwałowisk „Knurów”, „Smolnica III” oraz „Krostoszowice”. Na pozostałych dwóch mniejszych obiektach nie określano składu gatunkowego, ponieważ jeszcze nie rozpoczęto rekultywacji (zwałowisko KWK „Jankowice”), bądź rekultywacja wykonywana jest na bieżąco (zwałowisko KWK „Marcel”). W składzie gatunkowym drzewostanów na zwałowiskach dominuje sosna zwyczajna, która stanowi około 40,0% udziału. Na obiekcie najstarszym (Smolnica III) sosna w większości pochodzi z samosiewu. Znaczący udział (po 12%) mają także brzozy (głównie brodawkowata) oraz dęby (szypułkowy i bezszypułkowy podawane są łącznie) (ryc. 2).



Ryc. 2. Udział gatunków w drzewostanach na rekultywowanych zwałowiskach górnictwa węgla kamiennego na terenie Nadleśnictwa Rybnik (podano nazwy rodzajowe) [„Plan Urządzania...2007”]

Fig. 2. Share of species in stand trees on reclaimed spoil heaps of hard coal mining in Forest Inspectorate Rybnik (generous names were given) [„Plan Urządzania...2007”]

W literaturze przedmiotu wciąż dyskusyjne są kwestie udziału poszczególnych grup gatunków w zalesieniach. Wśród metod zalesień wyróżnić można metodę gatunków pionierskich, metodę biodynamiczną (gatunki pionierskie i główne) oraz metodę gatunków głównych (docelowych) [Krzaklewski i Mikłaszewski 1996, Wójcik 2002, Krzaklewski 2009]. Każda z nich oznacza inny skład gatunkowy projektowanych zalesień (zwłaszcza udział lub brak gatunków fitomelioracyjnych i docelowych) oraz inne zabiegi z zakresu przygotowania gruntu (m.in. nawożenie) [Bender i Gilewska 1988, Krzaklewski i Mikłaszewski 1996]. Metoda gatunków docelowych polega na wprowadzaniu od razu gatunków tworzących w przyszłości drzewostan główny, takich jak dęby [Bender i Gilewska 1988]. Metoda gatunków pionierskich polega na wprowadzaniu gatunków pełniących rolę przedplonów, w tym głównie sosny zwyczajnej, a niekiedy modrzewia [Krzaklewski 1988]. Wymienione gatunki pionierskie w naturalnych warunkach wykorzystują skrajne warunki siedliska do realizacji życiowych funkcji, uzyskują zdolność przystosowania się do warunków powstających oraz wyprzedzają inne gatunki w zdobywaniu i zasiedlaniu nowych obszarów. Z kolei metoda biodynamiczna wykorzystuje fitomelioracyjne oddziaływanie gatunków wiążących azot (np. z rodzaju łubin) oraz olsz wprowadzanych w odpowiednim udziale (nawet do 30%) w ramach zalesień do drzewostanów złożonych z gatunków głównych [Krzaklewski i Mikłaszewski 1996, Wójcik 2002]. Ponadto można również mówić o metodzie z wykorzystaniem gatunków wkraczających na nieużytek w procesie sukcesji [Krzaklewski i Frączek 1999]. Metoda ta znalazła zastosowanie np. na terenach starych wyrobisk popiaskowych. W przypadku analizowanego zwałowiska „Smolnica III” sosna z samosiewu stanowi znaczny udział w drzewostanach. Wykorzystywanie sukcesji sosny i brzozy wpłynęło na obniżenie kosztów rekultywacji tych zwałów [Stolarska i in. 2006]. Korzystnym rozwiązaniem byłoby w przyszłości wprowadzenie większej liczby gatunków liściastych (dębów i domieszkowo olsz), które lepiej wykorzystują potencjalnie możliwości produkcyjne gleb powstających na zasobnych utworach, a ponadto wzbogacają glebę w pierwiastki. W planowaniu hodowlanym należy jednak przede wszystkim uwzględnić rozeznanie warunków siedliskowych panujących na konkretnych zwałowiskach.

Na zalesionych zwałowiskach na terenie Nadleśnictwa Rybnik dominują głównie drzewostany w I klasie wieku (do 20 lat) znajdujące się w fazach rozwojowych upraw i młodników. Dotyczy to zwałowisk „Knurów”, „Krostosowice” i KWK „Marcel” (tab. 2). Drzewostany znajdujące się na zwałowisku centralnym „Smolnica III” znajdują się już w II klasie wieku (20-40 lat).

Tab. 2. Średni wiek drzewostanów na zalesionych zwałowiskach na terenie Nadleśnictwa Rybnik [na podstawie: „Planu Urządzania...2007”]

Tab. 2. Mean age of stand trees on reclaimed spoil heaps on areas of Forest Inspectorate Rybnik [based on: „Planu Urządzania...2007”]

Zwałowisko Spoil heap	Średni wiek drzewostanów (lata) Mean age of tree stands (years)
„Smolnica III”	34
„Knurów”	8
„Krostoszowice”	10
KWK „Marcel”	20

Ogólnie w Polsce znaczna część drzewostanów na rekultywowanych terenach pogórnich znajduje się w I i II, mniej licznie natomiast w III klasie wieku. Określenie struktury wiekowej zalesień na terenach rekultywowanych ma znaczenie dla późniejszego planowania zabiegów hodowlanych oraz nakładów finansowych. W pierwszych fazach będą to pielęgnacje upraw oraz czyszczenia młodników i tyczkowni. Na zwałowisku „Smolnica III”, gdzie średni wiek zalesień wynosi 34 lat, trzeba już prowadzić trzebieże. Przy selekcji należy kierować się jednak głównie kryterium żywotności, a nie jakości, ponieważ w przypadku tych drzewostanów funkcja ochronna jest ważniejsza od produkcyjnej. Niestety trudno oczekiwać, aby koszt pielęgnacji drzewostanów na terenach przemysłowych równoważony był przez przychody z pozyskania. Dlatego w perspektywie długoterminowej koszt rekultywacji, rozumianej, jako dłuższy w czasie proces odtworzenia ekosystemu pełniącego między innymi funkcje ochronne (tak istotne w warunkach silnie uprzemysłowionego Górnego Śląska) ponosić będą Lasy Państwowe.

Podsumowanie i wnioski

W Nadleśnictwie Rybnik powierzchnia wyłączona z produkcji leśnej na cele nieleśne pod składowiska odpadów po wydobyciu węgla kamiennego w latach 1979-2007 wynosiła łącznie 254,53 ha. Do tej pory zrekultywowano i przekazano LP 132,32 ha. Na zalesionych zwałowiskach prognozowane są głównie siedliska borów mieszanych świeżych (BMśw) stanowiące 53% powierzchni. Jakkolwiek jest to zgodne ze specyfiką Nadleśnictwa (przewaga BMśw) to zrekultywowane zwałowiska wymagają odrębnego traktowania. Potencjalna zasobność gleb powstających na zwietrzelinie skał karbońskich pozwala prognozować w przyszłości, co najmniej siedliska lasów mieszanych świeżych (LMśw). Wskazuje to na potrzebę zwiększenia udziału gatunków liściastych (głównie dębów). Można również wprowadzać czasową domieszkę olsz dla

zdynamizowania procesów glebo- i siedliskotwórczych. Aktualnie na zalesionych zwałowiskach w składzie dominują gatunki z grupy pionierskich, w tym sosna zwyczajna, która stanowi około 40,0% oraz brzoza brodawkowata stanowiąca 12%. W kontekście funkcjonujących w literaturze przedmiotu podziałów metod zalesień (zależnie od udziału gatunków z grupy funkcyjnych) można uznać, że na analizowanych zwałach metoda ma charakter m. gatunków pionierskich, ze znacznym wykorzystaniem sosny z samosiewu. W pierwszej generacji drzewostanów, sosna pełni korzystną rolę gatunku przedplonowego, przygotowującego siedlisko dla gatunków o większych wymaganiach ekologicznych.

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

Literatura

1. BENDER J., GILEWSKA M.: *Rekultywacja w ujęciu aktów prawnych, badań naukowych i gospodarczej praktyki*. Zeszyty Naukowe AGH, Sozologia i Sozotechnika 26, 53-68, 1988
2. GILEWSKA S.: *Wyżyny Śląsko-Małopolskie*. [W]: Klimaszewski M.: (red.) *Geomorfologia Polski*. Wyd. PWN, 1972
3. GRESZTA J., MORAWSKI S.: *Rekultywacja nieużytków przemysłowych*. Wyd. PWRiL, 1972
4. INFORMATOR – NADLEŚNICTWO RYBNIK.: RDLP w Katowicach, 2008
5. JURECZKA J., GALOS K.: Niektóre aspekty ponownego zagospodarowania wybranych złóż zlikwidowanych kopalń węgla kamiennego w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. [W]: *Polityka energetyczna*, Wyd. Instytutu GSMiE PAN, tom 10, zeszyt specjalny 2, 645-661, 2007
6. KRZAKLEWSKI W.: *Leśna rekultywacja i biologiczne zagospodarowanie nieużytków przemysłowych*. Wyd. AR Kraków, 1988
7. KRZAKLEWSKI W.: *Rekultywacja obszarów pogórnich i przemysłowych*. [W]: Kotarba M J.: *Przemiany środowiska naturalnego a ekorozwój*. Wyd. TBPS GEOSFERA, 2001
8. KRZAKLEWSKI W., MIKLASZEWSKI A.: *Rekultywacja zwałów nadkładu w górnictwie węgla brunatnego w Polsce*. Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej 79, 1996

9. KRZAKLEWSKI W., FRĄCZEK M.: *Metoda rekultywacji leśnej starych wyrobisk popiaskowych z wykorzystaniem roślinności z sukcesji samorzutnej*. Materiały konferencyjne: Górnictwo odkrywkowe – środowisko – rekultywacja, ze szczególnym uwzględnieniem KWB „Bełchatów”, 1., Wyd. S.C. DRUKROL, 111-127, 1999
10. KRZAKLEWSKI W., PIETRZYKOWSKI M.: Diagnoza siedlisk na terenach pogórnich rekultywowanych dla leśnictwa, ze szczególnym uwzględnieniem metody fitosocjologiczno-glebowej. *Sylvan* 1, 51-57, 2007
11. GŁÓWNY URZĄD STATYSTYCZNY.: *Ochrona Środowiska*, 2008
12. GŁÓWNY URZĄD STATYSTYCZNY.: *Rocznik Statystyczny Przemysłu*, 2008
13. PIETRZYKOWSKI M., KRZAKLEWSKI W., PAJĄK M., SOCHA J., OCHAŁ W.: *Analiza i optymalizacja metod klasyfikacji siedlisk i kryteriów oceny rekultywacji leśnej na wybranych terenach pogórnich w Polsce*. Monografia naukowa, praca pod redakcją M. Pietrzykowskiego, Wyd. UR Kraków (w druku), 2010
14. PLAN URZĄDZANIA LASU DLA NADLEŚNICTWA RYBNIK, obręby: Knurów, Paruszowice, Rybnik, Żory, sporządzony na okres od 01.01.2007 do 31.12.2016.: RDLP w Katowicach, opracowanie BULiGL, 2007
15. SIEDLISKOWE PODSTAWY HODOWLI LASU, 2003
16. STOLARSKA M., STOLARSKI R., HARABIN Z., KRZAKLEWSKI W., PIETRZYKOWSKI M.: *Sosna zwyczajna (Pinus sylvestris L.) z sukcesji na centralnym zwałowisku odpadów górnictwa węgla kamiennego*. *Roczniki gleboznawcze*. Tom LVII, nr ½, 183-191, 2006
17. STRZYSZCZ Z., HARABIN Z.: *Rekultywacja i biologiczne zagospodarowanie odpadów górnictwa węgla kamiennego ze szczególnym uwzględnieniem zwałowisk centralnych*. Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN w Zabrze, 2004
18. TRAMPLER T., KLICKOWSKA A., DMYTERKO E., SIERPIŃSKA A.: *Regionalizacja przyrodniczo-leśna na podstawach ekologiczno-fizjograficznych*. Wyd. PWRiL, 1990
19. WOŚ A.: *Klimat Polski*. Wyd. PWN, 1999
20. WÓJCIK J.: *Biodynamiczna metoda leśnej rekultywacji na przykładzie zboczy zwałowiska kopalni węgla brunatnego „Adamów”*. Rozprawa doktorska wykonana w Zakładzie Kształtowania i Ochrony Środowiska AGH Kraków. Maszynopis, 2002

**AREAL BALANCE MANAGEMENT, TREE STANDS
AND SITES CHARACTERISTIC ON A RECLAIMED
SPOIL HEAP OF HARD COAL MINING
IN THE RYBNIK FOREST INSPECTORATE
(UPPER SILESIAN INDUSTRIAL REGION-GOP)**

S u m m a r y

*The surface areas requiring reclamation in Poland amounts 64,000 ha, of which, 44,000 ha are occupied by mining. The predominant reclaimed postmining use is forestry (60%). In the area of Upper Silesia, spoil heaps pose a threat to the environment, and they are often deposited on surfaces excluded from forest production. The majority of these reclaimed and afforested spoil heaps is transferred to the administration of The State Forests National Forest Holding (Lasy Państwowe). These areas are included into the Forest Management Plan and contain characteristics of both forest sites and tree stands. The aim of this study was to analyze the area of forest reclamation, tree stand age, species composition and forest site classification on spoil heaps located in the Rybnik Forest Inspectorate. Findings show that in the analyzed area, surfaces excluded from forest production amounted 245.5 ha, and the surface of reclaimed area amounted 132.3 ha. The majority of these areas were defined as young, mixed coniferous forest sites (BMśw 53%). Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) is the predominant species (40%), derived mostly from self-seeding and stands are in the first or second age class. The result of these studies can be important during silviculture planning and management for tree stands on reclaimed sites.*

Key words: hard coal mining, spoil heap, reclamation, areal balance, stand trees, forest habitats

MIROSLAWA GILEWSKA, KRZYSZTOF OTREMB*

**WPŁYW 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 złodowacenia 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 złodowacenia 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 $300 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, $100 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$, $100 \text{ kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$. 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 warstwowany 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_2O kształtowało się od 8,57 do 9,03, a w $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ KCl}$ 8,00-8,43. Zawartość CaCO_3 wahała się od 72,9 do $96,0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. 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 $15 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. 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⁻¹. 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⁻¹. 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 ⁻³	Gęstość objętościowa Bulk density Mg·dm ⁻³	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 walowanie.

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 ₃		
	H ₂ O	1 mol·kg ⁻¹	g·kg ⁻¹		
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 + dolki 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 + dolki 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 ⁻¹	N g·kg ⁻¹	wg. Egnera-Riehma according to Egner- Riehm		Mg mg·kg ⁻¹
			P mg·kg ⁻¹	K mg·kg ⁻¹	
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 + dolki 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 + dolki 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., OTREMBKA K.: *Wpływ zabiegów rekultywacyjnych na uproduktywnienie składowiska mokrego odpopielania*. Zesz. Naukowe Wydziału Budownictwa i Inż. Środ. Politechniki Koszalińskiej 15, 427-438, 1999
4. GILEWSKA M., OTREMBKA 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., OTREMBKA K., MACIOROWSKI M., PACEWICZ K.: *Kształtowanie się zapasów wody w składowisku mokrego odpopielania*. Zesz. Probl. 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., OTREMBKA K.: *Charakterystyka wzrostu drzew klonu jesionolistnego *Olinika wąskolistnego* i *Robinii Akacyjowej* na składowisku popiołów elektrownianych*. Acta Sci. Pol., Formatio Circumietus 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

MIROSLAWA GILEWSKA***REKULTYWACJA LEŚNA TERENÓW POGÓRNICZYCH
KONIŃSKO-TURECKIEGO ZAGŁĘBIA
WĘGLA BRUNATNEGO***Streszczenie*

*Praca dotyczy efektywności rekultywacji leśnej realizowanej w oparciu o zasady koncepcji gatunków docelowych. Ważną czynnością hodowlaną w rekultywacji leśnej obok doboru gatunków drzew i krzewów jest naprawa chemizmu gruntu realizowana poprzez nawożenie mineralne. Badania wykazały, że na gruntach pogórnich zbudowanych z glin zwałowych kształtuje się siedlisko lasu świeżego z domieszką modrzewia. Tworzy go drzewostan mieszany. Główne gatunki lasotwórcze to dąb szypułkowy (*Quercus pedunculata* Ehrh.), klon jawor (*Acer pseudoplatanus* L.), buk pospolity (*Fagus sylvatica* L.), modrzew europejski (*Larix decidua* Mill). Gatunki domieszkowe stanowią lipa drobnolistna (*Tilia cordata* Mill.), grab pospolity (*Carpinus betulus* L.), klon zwyczajny (*Acer plantanoides* L.)*

Słowa kluczowe: grunty pogórnice, rekultywacja leśna, gatunki docelowe, las świeży z domieszką modrzewia

Wstęp

Litologia oraz technologia robót górniczych związanych z urabianiem, przemieszczaniem i zwałowaniem skał nadkładu, obok formy i lokalizacji zwałowiska, przesądzają o kierunku rekultywacji terenów pogórnich. Przewaga glin zwałowych w nadkładzie złóż węgla brunatnego eksploatowanych w Koninśko-Tureckim Zagłębiu Węgla Brunatnego zaważyła na właściwościach powstających gruntów pogórnich i dominacji rolniczego kierunku rekultywacji. Obszar gruntów pogórnich objętych tym kierunkiem rekultywacji wynosi już ponad 6000 ha i jest on realizowany na wierzchołkach zwałowisk. Pod rekultywację leśną przeznaczone są skarpy zwałowisk i niektóre fragmenty wierzchołków. Zalesionych zostało już około 2900 ha. Pierwsze zalesienia wy-

* Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu; Katedra Gleboznawstwa i Rekultywacji

konywane zostały pod koniec lat sześćdziesiątych ubiegłego wieku i były one zgodne z zasadami koncepcji gatunków pionierskich Skawiny [Krzaklewski 1979, Bender i in. 1985]. Od 35 lat rekultywacja rolnicza i leśna jest realizowana zgodnie z koncepcją gatunków docelowych opracowanych pod kierunkiem Bendera [Bender i in. 1978, 1981]. Wiele miejsca poświęcono rekultywacji rolniczej. Literatura dotycząca rekultywacji leśnej jest bardzo uboga [Bender, Gilewska 1995, Gilewska, Kasztelewicz 1997]. Te luki częściowo stara się wypełnić niniejsza praca.

Charakterystyka obiektu badań

Podstawą do rozważań nad rekultywacją leśną gruntów pogórnich Konińskiego-Tureckiego Zagłębia Węgla Brunatnego było doświadczenie założone w 1976 roku i trwające do chwili obecnej na skarpie zwałowiska wewnętrznego O/Kazimierz. Grunty pogórnice, jak wynika z materiałów archiwalnych [Bender 1978, 1981] były zbudowane z glin zwałowych i miały uziarnienie glin, głównie gliny średniej. Odczyn ich był zasadowy – pH w H₂O wynosiło od 7,4 do 7,6, w 1 M KCl 7,2-7,4. Były one zasobne w węglany wapnia (6-8%), ubogie w związki azotu (0,018%), fosforu (4,5 mg P₂O₅·100 g gruntu), średnio zasobne w związki potasu (13,0 mg K₂O·100 g gruntu).

Nasadzenia stanowiły gatunki docelowe, wprowadzane na powierzchnię doświadczalną, z pominięciem etapu przejściowego – roślinności pionierskiej. Przy doborze gatunków uwzględnione zostały właściwości gruntów, wymagania siedliskowe poszczególnych gatunków i wymagania hodowlane. Uwzględniono poniższe gatunki:

główne:

- modrzew europejski – *Larix decidua* Mill.
- dąb szypułkowy – *Quercus pedunculata* Ehrh.
- klon zwyczajny – *Acer platanoides* L.
- klon jawor – *Acer pseudoplatanus* L.
- dąb czerwony – *Quercus rubra* Du Roi.
- jesion wyniosły – *Fraxinus excelsior* L.
- lipa drobnolistna – *Tilia cordata* Mill.

domieszkowe:

- buk pospolity – *Fagus sylvatica* L.
- grab pospolity – *Carpinus betulus* L.

W podszycie zastosowano następujące gatunki:

- czeremcha amerykańska – *Prunus serotina* Ehrh.
- karagana syberyjska – *Caragana arborescens* Lam.
- leszczyna pospolita – *Corylus avellana* L.
- głóg dwuszyjkowy – *Crataegus oxyacantha* L.

- wawrzynek wilcze łyko – *Daphne mezereum* L.
- szakłak pospolity – *Rhamnus cathartica* L.
- ligustr pospolity – *Ligustrum vulgare* L.
- dereń świdwa – *Cornus sanguinea* L.
- rokitnik zwyczajny – *Hippophae rhamnoides* L.

W trakcie prowadzonych badań pojawiły się:

- robinia biała – *Robinia pseudoacacia* L.
- jeżyna fałdowana – *Runus plicatus* W. et K.

Wymienione gatunki wprowadzone zostały w biogrupach w więźbie 1,5 m x 1,4 m drzewa i 1,5 m x 2,8 m krzewy. Warunkiem niezbędnym, zapewniającym rozwój i wzrost drzew i krzewów, było zgodne z koncepcją gatunków docelowych nawożenie mineralne, zwane w terminologii rekultywacyjnej naprawą chemizmu. Założono, że stosowane przez 4 lata nawożenie mineralne oraz przyjęta więźba umożliwiała po 10 latach pełne zwarcie drzewostanu, a mineralizacja ściółki spowoduje zamknięcie łańcucha troficznego. Układ staje się samowystarczalny.

W badaniach zastosowane zostały różne kombinacje nawożenia mineralnego. Za podstawowe, obok kontroli którą była kombinacja bez nawożenia – 0 NPK, uznane zostały kombinacje:

1 NPK – 200 kg N·ha⁻¹, 100 kg P₂O₅·ha⁻¹ i 50 kg K₂O·ha⁻¹

2 NPK – 400 kg N·ha⁻¹, 200 kg P₂O₅·ha⁻¹, 100 kg K₂O·ha⁻¹

Badania wykonane zostały w 5 i 23 roku nasadzeń. W tabelach podano wartości średnie z pomiarów biometrycznych przeprowadzonych na 7 egzemplarzach z każdego gatunku.

Wyniki badań i dyskusja

Ocena udatności nasadzeń przeprowadzona w 5 roku, wykazała, że była ona wysoka i wynosiła dla większości gatunków około 93%. Niska udatność uzyskana dla dębu szypułkowego i modrzewia europejskiego wynikała z ustawicznego ich niszczenia przez zwierzęta. W świetle przeprowadzonych badań biometrycznych najkorzystniejsze warunki do wzrostu i rozwoju miały drzewka rosnące na kombinacjach nawozowych 1 NPK i 2 NPK (tab. 1). Zaopatrzenie podłoża w niezbędne składniki pokarmowe wzmogło przyrosty drzewek na wysokość i grubość. Różnice w podstawowych parametrach wzrostowych pomiędzy kombinacjami 1 NPK i 2 NPK były niewielkie. Korzystnie na nawożenie mineralne zareagował jesion wyniosły, klon jawor i klon zwyczajny. Na kombinacji bez nawożenia przyrosty były niewielkie. Drzewka miały słabe ulistnienie, które nakładało się na pędy boczne. Pęd główny z reguły zamierał. Konsekwencją niedoboru składników pokarmowych był znaczny ubytek

w drzewostanie stwierdzony po 23 latach. U klona zwyczajnego wyniósł on nawet 77%.

Tab. 1. Wybrane parametry 5 letnich nasadzeń na zwałowisku wewnętrznym Kazimierz [Bender 1981]

Tab. 1. Some parameters of 5 year- cultures of inner waste heap Kazimierz [Bender 1981]

Gatunek Species	Kombinacja nawozowa Fertilization treatment	Udatność Success of performance %	Odziomek Buttend cm	Pierśnica Diameter cm	Wysokość Height m	Liczba gałęzi Number of branches	Długość gałęzi Length of branches cm
Jesion wyniosły <i>Fraxinus excelsior</i> L.	0	93	1,9	0,5	1,18	3,3	11,4
	1	96	3,0	1,8	1,56	7,3	13,5
	2	92	3,1	1,6	1,78	13,1	17,5
Klon zwyczajny <i>Acer plantanoides</i> L.	0	96	1,9	-	0,46	5,4	8,3
	1	93	4,1	1,9	2,37	16,4	14,1
	2	100	3,5	2,1	2,29	16,8	22,8
Klon jawor <i>Acer pseudoplatanus</i> L.	0	96	1,5	„-„	0,77	3,8	13,5
	1	76	4,1	2,0	1,95	16,4	25,2
	2	100	3,9	1,9	1,92	16,0	24,6
Lipa drobnolistna <i>Tilia cordata</i> Mill.	0	90	3,4	2,1	1,94	5,5	40,0
	1	90	3,9	1,8	1,81	14,2	19,0
	2	70	4,7	2,8	2,19	13,6	26,7
Dąb szypułkowy <i>Quercus pedunculata</i> Ehrh.	0	82	3,7	1,0	1,70	43,0	14,3
	2	86	2,3	1,0	1,30	5,0	24,1
Modrzew europejski <i>Larix decidua</i> Mill.	0	76	1,6	1,5	0,46	„-„	„-„
	1	46	2,8	1,5	0,85	„-„	„-„

Efektywność nawożenia mineralnego w świetle analizy 23 letnich drzewostanów jest różna (tab. 2). Na kombinacjach nawozowych 1 NPK i 2 NPK modrzew został niemal całkowicie zniszczony przez zwierzęta. Wiele egzemplarzy lipy drobnolistnej (*Tilia cordata* Mill.), klona zwyczajnego (*Acer plantanoides* L.), klona jawora (*Acer pseudoplatanus* L.) jest pochodzenia odróślowego.

Większość drzewostanu jest zdrowa. Za drzewostan obumierający należy uznać nasadzenia jesionu wyniosłego. Obserwacje prowadzone na tym gatunku wskazują, że wymaga on znacznie dłuższego okresu nawożenia mineralnego. Jest to gatunek eutroficzny potrzebujący zarówno dużej ilości składników pokarmowych jak i wody. W modelu nasadzeń opracowanym dla gruntów pogórniczych Konińsko-Tureckiego Zagłębia Węgla Brunatnego udział tego gatunku został zmniejszony z 40% do 10%. Do gatunków preferowanych należy dąb szypułkowy (*Quercus pedunculata* Ehrh), dąb czerwony (*Quercus rubra* Du Roi.), modrzew europejski (*Larix decidua* Mill.), lipa drobnolistna (*Tilia cordata* Mill.). W leśnej praktyce rekultywacyjnej coraz szerzej wykorzystane są gatunki o małej przydatności gospodarczej – klon jesionolistny (*Acer negundo* L.) i jesion pensylwański (*Fraxinus pensylvanica* Marsh.). Nawożenie mineralne z reguły kształtuje się na poziomie kombinacji nawozowej 1 NPK.

Prowadzone przez 23 lata obserwacje, uzyskane efekty wzrostowe drzew umożliwiają wyznaczenie typu siedliskowego. Jest to siedlisko zbliżone do lasów świeżych z domieszką modrzewia. Tworzy go drzewostan mieszany. Głównymi gatunkami lasotwórczymi jest dąb szypułkowy, klon jawor, modrzew europejski, buk zwyczajny. Gatunki domieszkowe stanowią lipa drobnolistna (*Tilia cordata* Mill.), grab pospolity *Carpinus betulus* L.), klon zwyczajny (*Acer platanoides* L.) i klon jawor (*Acer pseudoplatanus* L.). Gatunkami pomocniczymi są leszczyna zwyczajna (*Corylus avellana* L.), głóg dwuszyjkowy (*Crataegus oxyacantha* L.), wawrzynek wilcze łyko (*Daphne mezereum* L.), karagana syberyjska (*Caragana arborescens* Lam.), ligustr pospolity (*Ligustrum vulgare* L.), i czeremcha amerykańska (*Prunus serotina* Ehrh.). W składzie runa obok traw wyróżnić można kokoryczkę wielokwiatową (*Polygonatum multiflorum* L.), a także storczyka kukawkę (*Orchis militaria* L.).

Siedlisko sprzyja odnowieniu naturalnemu. Pod okapem drzewostanu dobrze rozwijają się lipa drobnolistna, modrzew europejski, dąb szypułkowy.

Tab. 2. Wybrane parametry 23 letnich drzewostanów na zwałowisku wewnętrznym Kazimierz

Tab. 2. Some parameters of 23 year- forest stand of inner waste heap Kazimierz

Gatunek Species	Kombinacja nawozowa Fertilization treatment	Udatność Success of performance %	Wysokość Height m	Pierśnica Diameter cm
Jesion	0	50	6,4	3,7
wyniosły	1	67	5,2	5,7
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	2	96	6,9	8,1
Klon	0	23	7,5	6,6
zwyczajny	1	73	5,9	7,0
<i>Acer plantanoides</i> L.	2	100	7,8	9,1
Klon	0	39	5,5	3,9
jawor	1	36	5,4	7,4
<i>Acer plantanoides</i> L.	2	75	7,0	8,8
Lipa	0	90	6,6	9,3
drobnolistna	1	84	6,1	7,7
<i>Tilia cordata</i> Mill.	2	93	8,8	8,3
Modrzew	0	58	8,5	12,7
europejski	1	1	7,7	11,2
<i>Larix decidua</i> Mill.	2	1	7,0	6,3
Dąb	0	74	7,8	7,4
szypułkowy	1	23	6,7	10,6
<i>Quercus pedunculata</i> Ehrh.	2	76	7,3	9,3
Buk	0	68	8,1	6,8
pospolity	1	4	9,0	10,0
<i>Fagus sylvatica</i> L.	2	20	6,5	5,5
Grab	0	53	6,3	4,8
pospolity	2	70	4,9	6,4
<i>Carpinus betulus</i> L.				

Wnioski

- W rekultywacji leśnej ważną czynnością hodowlaną obok doboru gatunków drzew i krzewów jest także nawożenie mineralne. Dobre zaopatrzenie drzew i krzewów w składniki pokarmowe intensyfikuje ich wzrost na wysokość i grubość oraz uodparnia na działanie czynników stresowych.
- W warunkach gruntów pogórnich zbudowanych z utworów gliniastych kształtuje się siedlisko zbliżone do lasu świeżego z domieszką modrzewia europejskiego. Głównymi gatunkami lasotwórczymi są dąb szypułkowy (*Quercus pedunculata* Ehrh.), klon jawor (*Acer pseudoplatanus* L.) i modrzew europejski (*Larix decidua* Mill.), buk pospolity (*Fagus sylvatica* L.)
- Wyznaczenie typu gospodarczego drzewostanu ukierunkowuje proces produkcji leśnej i staje się podstawą planowania czynności hodowlanych w całym cyklu produkcji. Umożliwia ustalenie składu drzewostanu i zaplanowanie zabiegów hodowlanych.

Literatura

1. BENDER J.: *Opracowanie technologii uprawy oraz nawożenia gruntów zwalowiskowych po kopalni węgla brunatnego*. Maszynopis, IPIŚ PAN, Zabrze ss.45, 1977
2. BENDER J.: *Kształtowanie produktywności industrioziemów w procesach ich rolniczej i leśnej rekultywacji*. Maszynopis, IPIŚ PAN, Zabrze, ss.39, 1981
3. BENDER J., GILEWSKA M., WÓJCIK A.: *Przydatność robini akacjowej do zadrzewień gruntów pogórnich*. Arch. Ochr. Środ. 4-3, 113-133, 1985
4. BENDER J., GILEWSKA M.: *Rekultywacja leśna przemysłowych nieużytków*. Las-Drewno - Ekologia'95. Wielkopolska Fundacja Naukowa im. T. Perkitnego 7-13, Poznań, 1995
5. GILEWSKA M., KASZTELEWICZ Z.: *Kształtowanie rolniczej i leśnej przestrzeni produkcyjnej na gruntach pogórnich*. Górnictwo Odkrywkowe, a Ochrona Środowiska. Fakty i mity. Scriptum, 197-208, Kraków 1997
6. KRZAKLEWSKI W.: *Fitosocjologiczna metoda oceny warunków rekultywacji i zagospodarowania leśnego nieużytków na przykładzie skarp zwalowiska Kopalni Węgla Brunatnego „Adamów”*. Arch. Ochr. Środ. 3-4, 121-165, 1979

THE FOREST RECLAMATION OF POST MINING AREA IN KONIN-TUREK LIGNITE BASIN

S u m m a r y

*This work concerns the effectiveness of forest reclamation which was based on the principles of destination sorts concept. The important plant breeding activity in the forest reclamation next to selection of species of trees and bushes is the repair of chemistry of soil which was carried out through mineral fertilizer. The research pointed out that fresh forest habitat with admixture of European larch was shaping on the post mining grounds built from clay heap. It is formed of mixed tree stand. The main forest forming species are: oak (*Quercus pedunculata* Ehrh.), sycamore maple (*Acer pseudoplatanus* L.), European beech (*Fagus sylvatica* L.), European larch (*Larix deciduas* Mill). The other admixture species are: small leaved lime (*Tilia cordata* Mill.), European hornbeam (*Carpinus betulus* L.), Norway maple (*Acer platanoides* L.).*

Key words: post mining grounds, forest reclamation, destination sorts,
fresh forest with admixture of European Larch

ANNA ASANI***STAN WAŁÓW PRZECIWPOWODZIOWYCH
W REJONIE MIASTA NOWA SÓL***Streszczenie*

Niniejszy artykuł prezentuje wyniki oceny stanu wałów przeciwpowodziowych zlokalizowanych na lewym brzegu Odry, w 430,0-432,40 km biegu rzeki, w rejonie miasta Nowa Sól. Z przeprowadzonych badań wynika, że kontrola stanu wałów jest jednym z najważniejszych zadań w prewencji przeciwpowodziowej. Powinna ona być przeprowadzana systematycznie, co najmniej raz na pięć lat, bez względu na częstotliwość powodzi, stopień zmodernizowania wałów i metodę zastosowaną podczas ich modernizacji.

Słowa kluczowe: wały przeciwpowodziowe, lubuski odcinek Odry, stan wałów przeciwpowodziowych

Wstęp

Jednym z nadrzędnych problemów związanych z zagospodarowaniem dorzecza Odry jest skuteczna ochrona przeciwpowodziowa, której jednym z istotnych elementów są wały przeciwpowodziowe.

Budowa wałów na Środkowym Nadodrzu rozpoczęła się już w czasach prehistorycznych, kiedy konstruowano je w sposób dowolny, nie gwarantujący właściwego stanu technicznego. Ich jakość była dodatkowo osłabiana podczas licznych powodzi, ale także procesów erozyjnych i niewłaściwego użytkowania wałów, ale także procesami erozyjnymi i niewłaściwym użytkowaniem [Kołodziejczyk 2002, Saathoff i Werth 2003, Topolnicki 2003].

Powódź tysiąclecia, jaka miała miejsce w dorzeczu Odry w lipcu 1997 r., spowodowała znaczne zniszczenie obwałowań. Tylko na terenie województwa lubuskiego rozmocy uległo wówczas 3,57 km wałów, a drugie tyle obiektów

* Uniwersytet Zielonogórski; Instytut Inżynierii Środowiska; Zakład Hydrologii i Geologii Stosowanej

zostało silnie zdeformowanych [Dubicki i in. 1999, Kołodziejczyk i Kowalski 2001].

Wraz z ustąpieniem wód powodziowych przystąpiono do naprawy wałów. W wielu miejscach przeprowadzono ich gruntowną modernizację, wykorzystując nowoczesne materiały izolacyjne, w innych wykonano jedynie doraźne prace naprawcze [Kołodziejczyk i Kowalski 2001, Bieberstein i Braus 2002, Bobowska i Kołodziejczyk 2004, Bobowska 2004].

Obecnie, w kilka lat po modernizacji, zachodzi konieczność zbadania aktualnego stanu technicznego wałów przeciwpowodziowych oraz oceny skuteczności zastosowanych metod modernizacyjnych.

Niniejszy artykuł to prezentacja wyników badań przeprowadzonych w listopadzie 2004 r., dotyczących stanu wałów przeciwpowodziowych zlokalizowanych na lewym brzegu Odry w rejonie miasta Nowa Sól.

Metodyka badań

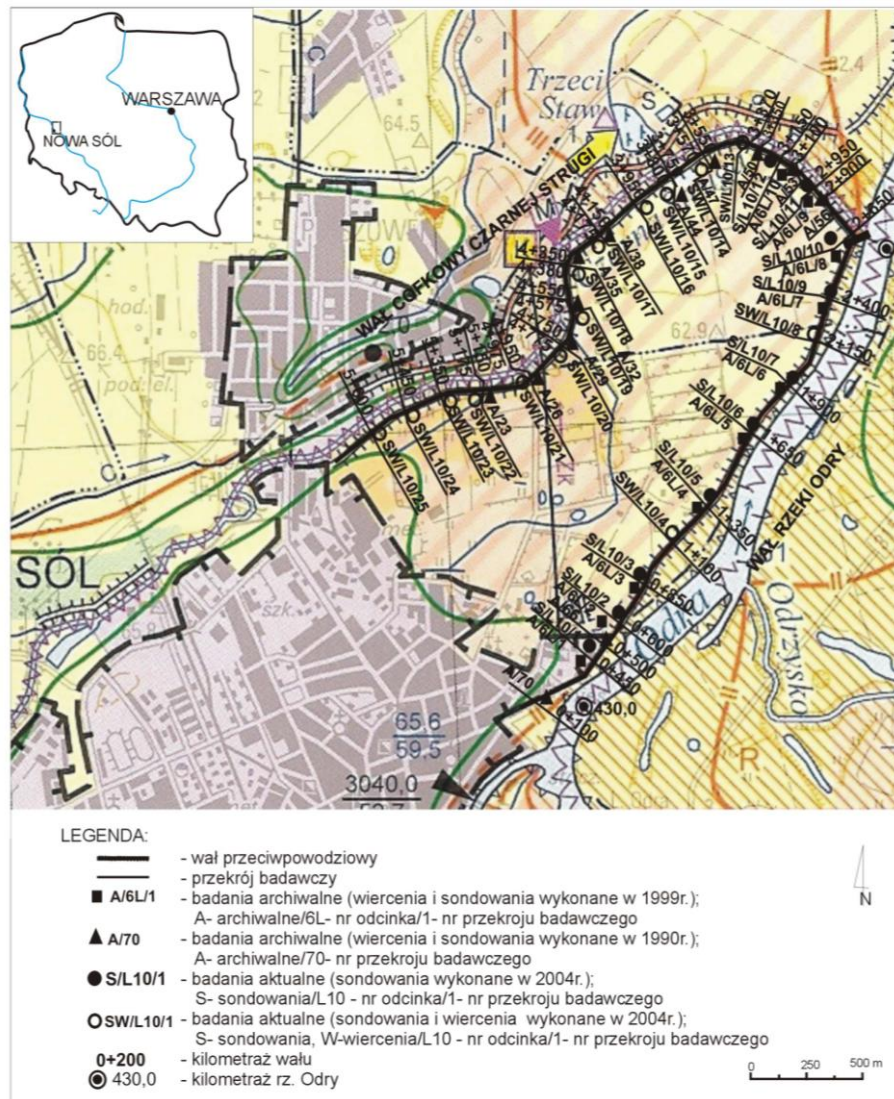
Prace badawcze, polegające na ocenie metod modernizacji wałów, wykonano w ramach założonego programu badawczo-naukowego. Zakres prac był zgodny z obowiązującymi normatywami dotyczącymi ocen technicznych obwałowań rzek [Reszka i Warcholak 2000, Kołodziejczyk 2002, Borys i Mosiej 2003, Hermann i Jansen 2003] i obejmował:

- badania terenowe (kartowanie terenowe ze szczególną analizą warunków przyrodniczo-środowiskowych, sondowanie sondą DPL, wiercenia małośrednicowe i niwelację terenu),
- badania laboratoryjne (określenie wiodących parametrów gruntu: rodzaju gruntu, gęstości objętościowej, wilgotności, stopnia plastyczności, współczynnika filtracji, zawartości części organicznych i in.),
- część analityczną (zestawienie uzyskanych danych i określenie stanu wału, m.in. pod kątem filtracji i stateczności).

Wyniki badań

Charakterystyka wybranego odcinka wałów

Odcinek Nowa Sól zlokalizowany jest na 430,0-432,40 km biegu Odry. Stanowi wał drugiej klasy. Tworzy go wał rzeki Odry, o długości 2,65 km, chroniący peryferie miasta Nowa Sól (w tym ogródki działkowe i uprawy rolne). Wał ten na 2+650 km biegu Odry przechodzi w sposób ciągły w wał cofkowy Czarnej Strugi, o długości 3,0 km i wyraźnie zmieniając kierunek z północno-wschodniego na północno-zachodni (rys. 1).



Rys. 1. Lokalizacja odcinka wału będącego przedmiotem opracowania
 Fig. 1. Location of researched section of flood embankment

Odcinek ten zbudowany został w latach 60-tych XX w. W 1987r. dokonano zabudowy wyrw utworzonych wskutek powodzi i wyrównano skarpę na długości 1,0-2,65 km. Z myślą o dalszej modernizacji wału dobudowano wówczas (od strony odpowietrznej) ławę o wysokości 0,5 m. Miała ona być wykorzystana jako droga dojazdowa i ławka przy późniejszej modernizacji wału, dlatego też odsunięto ją od stopy wału i wzmocniono płytami betonowymi. Podczas

wielkiej powodzi w 1997r., wał został znacznie uszkodzony; w analizowanym odcinku powstało 5 wyrw o długości od 20-100 m. Po powodzi - poza doraźną likwidacją wyrw - nie przeprowadzono w wale żadnych prac modernizacyjnych.

W analizowanym odcinku wałów, w ramach założonych badań wykonano 55 sondowań sondą lekką DPL o głębokości 3,0-6,0 m p.p.t. oraz nawiercono 45 otworów małośrednicowych o głębokości 3,0-5,0 m p.p.t. (rys. 1).

Z przeprowadzonych badań wynika, że grunty budujące korpus wału w nie-licznych (czterech) przypadkach znajduje się w stanie luźnym ($I_D \leq 0,33$), a większości przypadków w stanie średnio zagęszczonym ($0,33 < I_D \leq 0,67$). Badania wykazały również występowanie na tym odcinku gruntów zagęszczonych ($0,67 < I_D \leq 0,80$); zlokalizowano je w sześciu przekrojach badawczych tj. na 0+600, 1+900, 2+400, 2+950, 3+570 oraz na 4+975 km wału.

Analiza stopnia zagęszczenia gruntów znajdujących się w podłożu wału, wykazała w większości przypadków stan średnio zagęszczony. W siedmiu przekrojach: S/L10/4/3, S/L10/14/1, S/L10/15/1, S/L10/16/1, S/L10/17/1, S/L10/17/3, S/L10/20/1 (rys. 1.), odnotowano warstwy w stanie luźnym; stopień zagęszczenia tych miejscach wynosi $I_D = 0,28-0,32$.

Obliczenia filtracji, przebicia hydraulicznego i stateczności obwałowania

Filtracja

Za zagrożenie filtracyjne uznano przesiąk wody przez korpus wału. Ocenę zagrożenia filtracją oparto o wzór Thiema, wyprowadzony przy założeniu nagłego podniesienia się wód wezbraniowych [Borys i Mosiej 2003]. Daje on wyniki na tyle bezpieczne, by można było przyjąć, iż filtracja nie stanowi zagrożenia dla wału w tych przypadkach, gdy czas T wg Thiema jest dłuższy od czasu trwania wezbrania T_w .

Do oceny stopnia zagrożenia przesiąkiem korpusu wału wprowadzono współczynnik pewności F_2 określony wzorem:

$$F_2 = T/T_w$$

gdzie:

T - czas przesiąku wg Thiema,

T_w - czas wezbrania ustalony na 14 dni.

Wartość współczynnika F_2 , uzyskana dla danego przekroju poprzecznego wału, zadecydowała o zakwalifikowaniu każdego analizowanego przypadku do poszczególnych kategorii zagrożenia wg następującego kryterium:

kat. 1: $F_2 \geq 1,5$ - praktycznie wyklucza się zjawisko przesiąku w okresie 14 dni utrzymywania się wody w międzywałach na poziomie wody kontrolnej,

kat. 2: $0,5 > F_2 > 1,5$ - dopuszcza się możliwość przesiąku w okresie od 7 do 14 dni,

kat. 3: $F_2 \leq 0,5$ - oszacowany czas T jest krótki (mniej niż 7 dni) i może nastąpić zjawisko szybkiego rozmoknięcia wału.

Z przeprowadzonych badań wynika, że w km 1+100 – 5+175 obliczony stopień zagrożenia przesiąkiem wyrażony współczynnikiem pewności F_2 wynosi $F_2 = 0,001–0,844$. Oznacza to, że oszacowany czas, po którym przesiąki osiągną spód skarpy odpowietrznej jest krótki (mniej niż 7 dni), przez co może dojść do szybkiego rozmoknięcia wału a tym samym do jego zniszczenia.

Końcowy odcinek wału (5+350 – 5+600), z uwagi na wysoki teren zawala, sklasyfikowany został jako nie zagrożony rozmyciem w skutek filtracji.

Przebicie hydrauliczne

Problem ustalenia stopnia zagrożenia przebicciem hydraulicznym nieprzepuszczalnej warstwy zalegającej w podłożu wału wymaga przeprowadzenia skomplikowanych obliczeń numerycznych. Stąd, przy ocenie możliwości wystąpienia tego zjawiska zdecydowano się na liczbowe oszacowanie poziomu bezpieczeństwa, przyjmując najbardziej niekorzystne warunki wyparcia i przerwania ciągłości warstwy nieprzepuszczalnej [Rathgeb 2001]. Ocenę możliwości przebiccia odniesiono wyłącznie do geotechnicznie rozpoznanej strefy podłoża wałów.

Ocenę warunku wystąpienia przebiccia hydraulicznego warstwy pokrywającej przeprowadzono wykorzystując zależność:

$$F_3 = 2l/H$$

gdzie:

l – miąższość warstwy pokrywającej,

H – ciśnienie wody wywierane na spąg warstwy pokrywającej.

Rodzaj kategorii zagrożenia uzależniono od wartości współczynnika F_3 wydzielając:

kat. 1: $F_3 \geq 2$ przebicie wykluczone,

kat. 2: $1 < F_3 < 2$ nie można wykluczyć przebiccia hydraulicznego,

kat. 3: $1 \leq F_3$ możliwe przebicie hydrauliczne.

Z przeprowadzonych badań wynika, że analizowany odcinek wałów przeciwpowodziowych charakteryzuje się dobrymi parametrami geotechnicznymi chroniącymi wał przed przebicciem hydraulicznym.

Dobre parametry w tym względzie stwierdzono na całym odcinku wału za wyjątkiem miejsc zlokalizowanych w 1+100, 3+570 oraz 3+950 w km wału.

Stateczność

Do obliczeń wskaźnika stateczności „F” skarpy odpowietrznej wałów wykorzystano metodę szwedzką (Felleniusa), opierając się o wstępną analizę wyników rozpoznania geologiczno-inżynierskiego [Kołodziejczyk 2002, Borys i Mosiej 2003].

Za podstawę ustalenia kategorii zagrożenia utratą stateczności wału przyjęto wartość wskaźnika F_1 uwzględniającą wymagany współczynnik konsekwencji zniszczenia budowli hydrotechnicznej γ_n wymagany dla danej klasy wału (zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska - Dz.U. 07 nr 86, poz. 579 z dnia 20 kwietnia 2007r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie). Pozwoliło to na wydzielenie trzech kategorii wałów (1, 2, 3) pod względem stateczności. Zgodnie z przyjętym powyżej sposobem oceny zagrożenia, w ocenie stateczności wałów przyjęto kryteria podane w tab. 1.

Tab. 1. Kategorie zagrożenia stateczności wału

Tab. 1. Categories of the flood embankment stability

Klasa wału	Kat. 1	Kat. 2	Kat. 3
I	$F_{1min} \geq 1,43$	$1,17 < F_{1min} < 1,43$	$F_{1min} \leq 1,17$
II	$F_{1min} \geq 1,32$	$1,08 < F_{1min} < 1,32$	$F_{1min} \leq 1,08$
III	$F_{1min} \geq 1,26$	$1,03 < F_{1min} < 1,26$	$F_{1min} \leq 1,03$
IV	$F_{1min} \geq 1,21$	$1,00 < F_{1min} < 1,21$	$F_{1min} \leq 1,00$

Obliczenia wskaźnika stateczności wałów przeciwpowodziowych, jakie przeprowadzono w wyznaczonych przekrojach dla korpusu wału wykazały, że uzyskany wskaźnik stateczności skarp był jedynie w trzech przekrojach (1+100, 3+570 i 4+975 km wału) niższy od wymaganego minimum ($F > 1,1$), i wyniósł $F = 1,01$, czyli nie osiągnął minimalnej wartości gwarantującej bezpieczeństwo.

W pozostałych przekrojach wartość uzyskanego wskaźnika stateczności była wyższa od wymaganego minimum ($F > 1,1$) i wynosiła od $F = 1,10$ do $F = 1,62$.

Podsumowanie

Zbiorcza klasyfikacja dokonana dla poszczególnych przekrojów badawczych w obrębie analizowanego odcinka wału rz. Odry i wału cofkowego Czarnej Strugi pozwoliła na ocenę zagrożeń filtracją, przebiciem hydraulicznym i utratą stateczności. Analizowany odcinek wału stanowi wał II klasy i wykazuje w poszczególnych profilach następujące stopnie zagrożeń (tab. 2).

Tab. 2. Ocena zagrożeń filtracją, przebiciem hydraulicznym i utratą stateczności w przekrojach badawczych analizowanego odcinka wału

Tab. 2. Evaluation of treats the filtration, hydraulic perforation and loss of stability in research section of the analyzed flood embankment

Lp.	Profil		Ocena stateczności		Zagrożenia filtracyjne		Przebiecie hydrauliczne	
	oznaczenie przekroju badawczego	kilometraż wału	F ₁	kategoria	F ₂	kategoria	F ₃	kategoria
1	SW/L10/4	1+100	1,01	2	0,107	3	1,6	2
2	SW/L10/8	2+150	1,62	1	0,059	3	-	1
3	SW/L10/13	3+370	1,20	2	0,003	3	-	1
4	SW/L10/14	3+570	1,01	3	0,002	3	0,64	3
5	SW/L10/15	3+800	1,24	3	0,003	3	-	1
6	SW/L10/16	3+950	1,26	3	0,844	3	0,87	3
7	SW/L10/17	4+175	1,10	1	0,001	3	-	1
8	SW/L10/18	4+380	1,61	1	0,005	3	-	1
9	SW/L10/19	4+575	1,58	1	0,004	3	2,27	1
10	SW/L10/20	4+775	1,42	1	0,008	3	-	1
11	SW/L10/21	4+975	1,02	2	0,018	3	-	1
12	SW/L10/22	5+175	1,10	2	wysoki teren zawala	1	-	1
13	SW/L10/23	5+350	1,15	2		1	-	1
14	SW/L10/24	5+450	1,25	2		1	-	1
15	SW/L10/25	5+600	1,20	2		1	-	1

Analizowany odcinek wału, pod względem stateczności i możliwości wystąpienia przebicia hydraulicznego zasadniczo nie jest zagrożony. Odchylenia, jakie odnotowano pod tymi względami dotyczą jedynie miejsc zlokalizowanych w 1+100, 3+570, 3+950 oraz 4+975 km wału. Zagrożenia filtracyjne, przez co rozumie się możliwość szybkiego przesiąku wody przez wał, a tym samym jego rozmycie i zniszczenie, może wystąpić na znacznym fragmencie wału, czyli od 1+100 – 4+975. Badania wykazały, że od 5+175 do 5+650 km wału, obwałowanie charakteryzuje się dobrymi parametrami geotechnicznymi. Wał na tym odcinku jest stateczny, wykluczono również możliwość wystąpienia przebicia hydraulicznego a przesiąk wody przez korpus nasypu nie stanowi zagrożenia dla analizowanego obiektu.

Wzorując się na zaproponowanej przez Kołodziejczyk [2002] metodzie kompleksowej analizy skuteczności wałów w ochronie przeciwpowodziowej - stworzono tabelę, w której szczegółowo, opierając się na punktacji rangowej, określono stan wału. Wartości rangowe przyznane dla poszczególnych czynników zwiększających zagrożenie uwzględniają zarówno parametry geologiczno-inżynierskie, geotechniczne gruntu, jak również inne uwarunkowania jak np.: warunki przyrodniczo-środowiskowe. W klasyfikacji tej oceniane są takie parametry jak: osiadanie korony wału, małe zagęszczenie korpusu wału, słabe parametry geologiczno-inżynierskie gruntów, zawartość części organicznych w gruntach, możliwa filtracja (brak warstw uszczelniających, możliwe przebicie hydrauliczne (zbyt cienka warstwa uszczelniająca), mała stateczność skarp,

niejednorodność przepuszczalności podłoża i korpusu, zła geometria wału czy końcu stan techniczny korony, skarpy, oraz międzywała.

Sumaryczne wyniki badań wykazały, że zbadany wał można uznać w km 0+000 – 0+600 oraz km 2+600 – 2+750 jako dobry (skuteczny), chroniący przyległe tereny przed nagłym zalaniem wodami wezbraniowymi.

Inne fragmenty wału określono jako dostateczne (mało skuteczne), czyli stwarzające okresowo zagrożenia i nie gwarantujące całkowitego bezpieczeństwa przeciwpowodziowego. Taki stan trzymuje się na znacznej długości tego odcinka wału; w km 0+850 – 2+600, km 2+750 – 3+370 oraz km 4+175 – 5+650.

Odcinkiem stwarzającym największe zagrożenie i nie gwarantującym bezpieczeństwa jest fragment w km 3+570 do 3+950 (odcinek wzdłuż Czarnej Strugi), który - z uwagi na niskie parametry geologiczno-inżynierskie oraz niekorzystne warunki miejscowe - określono jako nieskuteczny. Na tym fragmencie stwierdzono również odkłucie gruntów w koronie wału i zsuw osuwiskowy po skarpie odpowietrznej.

Zły stan we fragmentach zbadanego odcinka wałów został spowodowany przez:

- mechaniczne uszkodzenia wału wodami rzeki Odry w okresie podwyższonych i wysokich stanów wód oraz przy pochodzie kry, szczególnie w przypadku małej szerokości międzywała,
- procesy erozyjne zachodzące w czasie gwałtownych i długotrwałych opadów atmosferycznych,
- działalność człowieka – liczne przejazdy koroną wałów, zniszczenia korpusu poprzez tworzenie „dzikich” przejazdów i ścieżek, poszukiwanie militariów itp.,
- zniszczenia spowodowane przez zwierzęta,
- podsiąkanie wody w korpus wału, obniżające jego stateczność i wytrzymałość, zwłaszcza w przypadku silnego zawodnienia terenu przy wale (oczka wodne, starorzecza, podtopienia),
- brak systematycznej pielęgnacji wałów, co doprowadziło do zachwaszczenia i zadrzewienia korpusu wału oraz zaniku darni,
- spływy, zsuwy i obrywy na skarpach, szczególnie intensywne w miejscach słabo zadarnionych i przy niewystarczającym zagęszczeniu korpusu wału.

Obwałowanie rzeki Odry na badanym odcinku oraz wał cofkowy Czarnej Strugi wymagają prac modernizacyjnych i remontowych. Modernizacja wału powinna polegać na zmianie jego konstrukcji, przebudowie i uszczelnieniu, szczególnie w km 3+570 – 3+950.

Remont wału, o mniejszym zakresie prac, powinien obejmować cały analizowany odcinek i polegać na:

- wzmocnieniu i wyrównaniu korony wału,
- zabezpieczeniu wału przed ruchem pojazdów po koronie,

- uporządkowaniu szaty roślinnej poprzez likwidację drzew, krzewów i chwastów porastających korpus oraz wysianiu trawy celem uzyskania prawidłowego zadarnienia,
- wzmocnieniu przejazdów wałowych,
- uporządkowaniu międzywala, w tym także wycięciu części drzew.

Literatura

1. BIEBERSTEIN A., BRAUNS J.: Technischer Hochwasserschutz - Erfordernisse aus geotechnischer Sicht. *Geotechnik* 25, Nr. 4, s. 239 – 248, 2002
2. BOBOWSKA A.: *Methods of strengthening flood-embankments*. Zeszyty Naukowe nr 131 Inżynieria Środowiska nr 12 s. 37-43. Zielona Góra 2004
3. BOBOWSKA A., KOŁODZIEJCZYK U.: *Die Modernisierung der Flussdeiche auf der lubuschen Strecke der Oder*. Zeszyty Naukowe nr 131 Inżynieria Środowiska nr 12, s. 45-52. Zielona Góra 2004
4. BORYS M., MOSIEJ K.: *Wytoczne wykonywania ocen stanu technicznego i bezpieczeństwa wałów przeciwpowodziowych*. Wyd. IMUZ Falenty 2003
5. DUBICKI A., SŁOTA H., ZIELIŃSKI J.: *Dorzecze Odry – monografia powodzi lipiec 1997*. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Warszawa 1999
6. HERRMANN R. A., JENSEN J.: *Sicherung von Dämmen und Deichen: Handbuch für Theorie und Praxis*, Hrsg. Hermann und Jensen, Universitätsverlag Siegen – universi, 2003
7. KOŁODZIEJCZYK U.: *Geologiczno-inżynierskie badania wałów przeciwpowodziowych i ich podłoża*. Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego. Zielona Góra 2002
8. KOŁODZIEJCZYK U., KOWALSKI W.C.: *Inżyniersko-geologiczne, środowiskowe i geotechniczne badania wałów przeciwpowodziowych w dolinach nizin środkowopolskich*. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego nr 125, Inżynieria Środowiska 11. Zielona Góra 2001
9. RATHGEB A.: *Hydrodynamische Bemessungsgrundlagen für Lockerdeckwerke an überströmbarren Erddämmen*. Dissertation, Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart 2001
10. RESZKA T., WARCHOLAK P.: *Współczesne techniki pomiarowe dla potrzeb oceny stanu technicznego obwałowań przeciwpowodziowych*. [W:] *Modernizacja i eksploatacja obwałowań rzecznych*, SITWiM, Zielona Góra 2000
11. SAATHOFF F., WERTH K.: *Geokunststoffe in Dämmen und Deichen. Sicherung von Dämmen und Deichen: Handbuch für Theorie und Praxis*. s. 221 – 237. Hrsg. Hermann und Jensen. Universitätsverlag Siegen – universi 2003

12. TOPOLNICKI M.: *Herstellung von Dichtwänden in alten Deichen in Polen mit dem Verfahren der tiefen Bodenvermörtelung (DMM)*. Bemessungsanalysen und Ausführungsbeispiele. Fachaufsatz S. 32 - 51 D, Keller Grundbau GmbH 2003

CONDITION OF FLOOD EMBANKMENTS IN REGION OF THE NOWA SÓL CITY

S u m m a r y

This article presents the results of the assessment of flood embankments located on the left bank of the Oder River, on 430,0-432,40 km of the river, in region of the Nowa Sól city. The study present that the control of stand the flood embankments is one of the most important tasks of flood prevention. It should be conducted regularly, at least once every five years, regardless on frequency of flooding, level of modernization and method used in their modernization.

Key words: flood embankments, Oder River section in the Lubuskie Region, conditions of flood embankments

MAREK PAJĄK, MICHAŁ JASIK*

**POZIOM AKUMULACJI CYNKU, KADMU I OŁOWIU
W WIERZCHNIEJ WARSTWIE GLEB LEŚNYCH
W SĄSIEDZTWIE HUTY CYNKU „MIASTECZKO ŚLĄSKIE”**

Streszczenie

Oznaczono skażenie metalami ciężkimi (Zn, Pb i Cd) ścióły i wierzchniej warstwy gleby (0-20 cm) lasów znajdujących się w sąsiedztwie Huty Cynku „Miasteczko Śląskie”. Zawartość metali ciężkich określono metodą ASA. Na podstawie przeprowadzanych analiz stwierdzono znaczne skażenie metalami ciężkimi środowiska leśnego, przy czym ich stężenia malały wraz z odległością od emitora.

Słowa kluczowe: zanieczyszczenie środowiska, metale ciężkie, gleba, pierwiastki śladowe

Wstęp

Metale ciężkie stanowią uniwersalny i powszechnie stosowany wskaźnik zanieczyszczeń środowiska. Szczególnie, jeśli bierzemy pod uwagę powierzchniowe warstwy gleby oraz niektóre gatunki roślin, zwłaszcza mchów i porostów [Panek 2000]. Nadmiar metali ciężkich zmienia skład chemiczny środowiska prowadząc do zakłócenia homeostazy panującej w ekosystemach, co z kolei stwarza zagrożenie dla ich naturalnej egzystencji [Kabata-Pendias i Pendias 1999]. Drobnoustroje, rośliny oraz zwierzęta reagują na te pierwiastki zahamowaniem rozwoju lub nawet śmiercią. Ponadto toksyczne metale zmniejszają żyzność gleb i wywołują zmiany w łańcuchach żywieniowych. Jednym z bardziej narażonych na zanieczyszczenia pierwiastkami śladowymi są ekosystemy leśne. Same w sobie stanowią odrębny układ charakteryzujący się bogatą różnorodnością biologiczną, a także odmiennością zachodzących tam procesów, lecz równocześnie pełnią rolę najlepszego filtra i pochłaniacza zanieczyszczeń powietrza. Las ma zdolność wyłączania z obiegu metali ciężkich, które ulegają akumulacji w jego poszczególnych komponentach na różny, czasem nawet bar-

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

dzo długi okres. Jednak nadmierna koncentracja pierwiastków śladowych powoduje destabilizację tego układu, co poza stratami gospodarczymi ma dużo poważniejsze znaczenie w stratach, jakie powstają z pełnienia szeroko pojętych pozaprodukcyjnych funkcji lasu [Ciepał 1992]. Celem niniejszej pracy było określenie stopnia zanieczyszczenia metalami ciężkimi (Zn, Pb, Cd) środowiska leśnego w sąsiedztwie Huty Cynku „Miasteczko Śląskie”.

Material i metodyka

Prace badawcze zostały przeprowadzone na terenie Nadleśnictwa Świerklańiec w Obrębie Brynica w bezpośrednim sąsiedztwie Huty Cynku „Miasteczko Śląskie” (HCMŚ) zakładu metalurgicznego, w którym pierwszy wytop cynku i ołowiu nastąpił w 1968 roku. Jesienią 2008 roku na przedmiotowym terenie założono 31 powierzchni badawczych o wymiarach 10 x 10 m w regularnej siatce kwadratów 1500 m x 1500 m. Powierzchnie badawcze zostały usytuowane na północny wschód i wschód od emitora (HCMŚ), zgodnie z kierunkiem panujących wiatrów. Siatkę starano się tak nałożyć na teren badań, aby powierzchnie były zlokalizowane na dominujących typach siedliskowych lasu tj. borze mieszanym wilgotnym (BMw) i borze mieszanym świeżym (BMśw). Przeważające gleby, na których założono powierzchnie badawcze należą do gleb biellicowych właściwych i glejo-biellicowych właściwych. Na powierzchniach dominowały drzewostany od II do IV klasy [Plan Urządzania Lasu 2004-2013]. Każdej powierzchni zostały przydzielone współrzędne (x, y). W terenie powierzchnie odnaleziono za pomocą odbiornika GPS, a następnie je zastabilizowano. Na każdej nich dokonano poboru próbek warstwy ścióły (O_{lh}) oraz gleby (0-20 cm). Próbki pobierano z czterech narożników oraz środka powierzchni badawczych (tworząc próbkę mieszaną). Zebrane próbki przewieziono do laboratorium, gdzie oznaczono w nich zawartości metali ciężkich (Pb, Zn, Cd) przy użyciu spektrofotometru atomowego AA 20 Varian. Przed oznaczeniem metali ciężkich zarówno próbki glebowe jak i ściółę spalano w 60% $HClO_4$. W próbkach zgodnie z metodami podanymi przez Ostrowską i in. [1991] oznaczono również: skład granulometryczny (metodą areometryczną) oraz pH w H_2O i KCl (metodą potencjometryczną). Przeprowadzono również prostą analizę statystyczną za pomocą porządku rang Spearmana w programie STATISTICA 8.0 oraz wykonano zobrażenia graficzne przedstawiające zanieczyszczenie metalami ciężkimi badanych gleb w programie ArcMap.

Wyniki

Na 20 powierzchniach w wierzchniej warstwie (0-20 cm) badanych gleb wystąpiły utwory o składzie granulometrycznym piasku słabo gliniastego, na 8

utwory o składzie piasku gliniastego (lekkiego i mocnego), a na 3 o składzie gliny (lekkiej i ciężkiej). Wartości pH badanych próbek wahały się od 3,60 do 4,80 w H₂O i od 2,85 do 4,23 w KCl w ściółce oraz od 3,35 do 4,71 pH w H₂O i od 2,60 do 3,87 pH w KCl w analizowanej warstwie gleb (tab. 1).

Tab. 1. Wartość pH ściółki i wierzchniej warstwy gleby oraz skład granulometryczny wierzchniej warstwy gleb na powierzchniach badawczych

Tab. 1. The pH of litter and topsoil and mechanical composition of the surface layer of soil on the research areas

Nr pow.	ściółka		gleba (0-20cm)		
	pH w H ₂ O	pH w KCl	skład granulometryczny	pH w H ₂ O	pH w KCl
1	3,73	2,95	psg	3,94	3,06
2	3,78	3,14	pgl	4,13	3,62
3	3,82	3,17	psg	4,00	3,02
4	3,65	2,97	psg	3,79	2,94
5	3,75	3,11	gl	3,37	2,61
6	4,13	3,46	psg	4,01	3,08
7	3,73	3,01	pgm	3,40	2,63
8	3,91	3,21	psg	3,79	2,93
9	3,81	3,12	psg	4,08	3,18
10	3,62	2,87	psg	3,71	2,89
11	3,95	3,19	psg	4,03	3,07
12	3,94	3,26	psg	3,99	3,21
13	3,87	3,18	gś	3,35	2,60
14	4,36	3,06	psg	4,36	3,74
15	3,60	2,85	psg	3,74	2,81
16	3,74	2,95	psg	3,99	3,10
17	3,76	3,04	pgl	3,74	2,89
18	3,70	2,96	pgl	3,59	2,79
19	3,86	3,10	pgl	3,68	2,94
20	4,61	3,80	psg	4,28	3,40
21	3,83	3,04	pgl	3,89	3,04
22	4,31	3,64	pgl	4,12	3,32
23	3,80	3,00	psg	4,01	3,34
24	3,83	3,05	psg	4,00	3,14
25	3,74	2,94	psg	3,90	3,06
26	4,65	4,12	gl	4,60	3,76
27	3,75	3,02	psg	4,06	3,24
28	4,80	4,23	psg	4,71	3,87
29	3,62	2,87	psg	3,84	3,17
30	3,86	3,05	pgm	3,69	3,05
31	3,90	3,26	psg	4,46	3,69

gdzie: psg – piasek słabogliniasty, pgl – piasek gliniasty lekki, pgm – piasek gliniasty mocny, GL – glina lekka, gś – glina średnia

Analiza zawartości cynku w próbkach wierzchniej warstwy gleby (0-20 cm) wykazała znaczne różnice na poszczególnych powierzchniach. Najwyższe stężenie oznaczono w próbkach pobranych z powierzchni nr 20 i 13, gdzie wynosiło odpowiednio 524,36 ppm i 395,31 ppm. Najniższe zawartości oznaczono na powierzchniach nr 1 (11,06 ppm) oraz 11 (19,71 ppm) (tab. 2). Wartość średnią dla badanych stanowisk określono na poziomie 117,42 ppm (tab. 3).

Tab. 2. Odległość (km) powierzchni badawczej od emitora (HCMŚ) oraz stężenie metali ciężkich (ppm) w wierzchniej warstwie gleby (0-20 cm) i w ściółce na powierzchniach badawczych

Tab. 2. Distance (km) of research area from the emitter (HCMŚ) and the concentrations of heavy metals (ppm) in the topsoil (0-20 cm) and litter on the research areas

Nr powierzchni	Odległość od HCMŚ [km]	Ściółka			Gleba (0-20cm)		
		Zn	Cd	Pb	Zn	Cd	Pb
		[ppm]			[ppm]		
1	10,8	137,75	3,75	190,35	11,06	0,45	32,05
2	12	368,80	8,05	190,35	38,86	1,60	104,55
3	5	666,75	15,90	683,35	89,91	3,45	90,55
4	5,6	908,00	22,20	1225,85	40,86	1,50	118,05
5	6,5	389,55	14,00	476,85	273,26	6,70	282,05
6	7,6	721,00	11,20	266,85	85,41	2,00	79,85
7	8,7	335,45	7,85	307,35	238,71	7,15	220,05
8	10	281,90	6,40	187,85	53,41	1,55	84,50
9	11,4	329,25	6,25	246,35	23,31	0,85	39,70
10	12,7	203,55	3,75	151,85	32,66	1,25	51,40
11	14,1	166,65	3,30	231,85	19,71	0,80	33,05
12	4,4	776,25	29,15	830,85	72,26	1,95	108,60
13	5,5	659,50	15,45	504,35	395,31	8,05	465,55
14	6,7	320,75	7,90	155,35	19,06	0,50	78,10
15	8	293,75	7,80	508,85	84,26	4,05	161,60
16	8,4	238,25	5,70	247,85	83,56	2,10	117,20
17	10,8	273,95	5,20	585,85	71,36	2,60	170,05
18	12,2	231,30	4,85	263,35	107,61	5,10	115,05
19	13,7	249,30	5,70	291,85	36,46	1,05	129,40
20	2,5	2542,00	83,00	2108,35	524,46	11,45	709,05
21	3,3	730,75	24,80	833,35	348,86	6,50	473,05
22	4,6	881,75	21,25	635,85	284,71	4,00	706,55
23	6	271,50	9,75	384,35	38,31	0,65	121,95
24	7,5	326,15	6,30	427,85	47,66	1,20	97,10
25	8,9	251,60	6,60	334,35	26,71	0,35	75,00
26	1,3	1261,00	60,30	1333,35	173,56	3,20	56,05
27	2,8	1017,00	24,25	828,35	47,91	1,20	84,30
28	4,3	587,00	17,00	623,35	96,21	2,00	198,55
29	5,7	365,60	10,35	444,85	91,71	3,45	155,70
30	7,2	342,25	8,55	363,35	33,66	1,45	161,45
31	3	391,40	13,40	481,35	149,56	2,75	155,65

Tab. 3. Podstawowe charakterystyki statystyczne dla zawartości badanych metali ciężkich w wierzchniej warstwie gleb (0-20 cm) na powierzchniach badawczych

Tab. 3. Basic statistical characteristics for the content of heavy metals studied in the upper layer of soil (0-20 cm) on research plots

Metal	Minimum [ppm]	Maksimum [ppm]	Średnia [ppm]	Odchylenie standardowe [ppm]	Współczynnik zmienności [%]
Zn	11,06	524,46	117,43	126,16	107,43
Cd	0,35	11,45	2,93	2,63	89,76
Pb	32,05	709,05	176,64	175,78	99,51

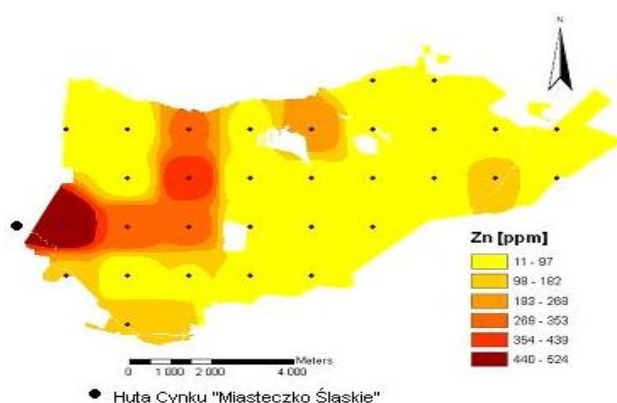
Wykazano istotną korelację dodatnią zawartości cynku w glebie z zawartością ołowiu oraz kadmu w glebie. Wykazano również zmniejszanie się ilości cynku w glebie wraz ze wzrostem odległości od emitora (HCMŚ) (tab. 4). Rozmieszczenie przestrzenne cynku w wierzchniej warstwie gleby (0-20 cm) przedstawia rycina 1.

Tab. 4. Wynik korelacji rang Spearmana

Tab. 4. Results of Spearman rang correlation

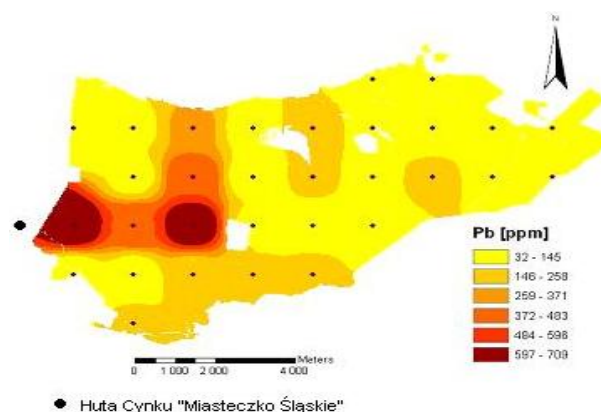
			Zawartość metali w ściółce			Zawartość metali w glebie		
		odl. [km]	Zn	Cd	Pb	Zn	Cd	Pb
	odl.	1,000	-0,841	-0,920	-0,812	-0,600	-0,407	-0,411
Zawartość metali w ściółce	Zn	-0,841	1,000	0,948	0,781	0,602	0,473	0,383
	Cd	-0,920	0,948	1,000	0,812	0,607	0,445	0,435
	Pb	-0,812	0,781	0,812	1,000	0,618	0,501	0,529
Zawartość metali w glebie	Zn	-0,600	0,602	0,607	0,618	1,000	0,936	0,729
	Cd	-0,407	0,473	0,445	0,501	0,936	1,000	0,728
	Pb	-0,411	0,383	0,435	0,529	0,729	0,728	1,000

gdzie: oznaczone w rewersie współczynniki korelacji są istotne z $p > 0,05$



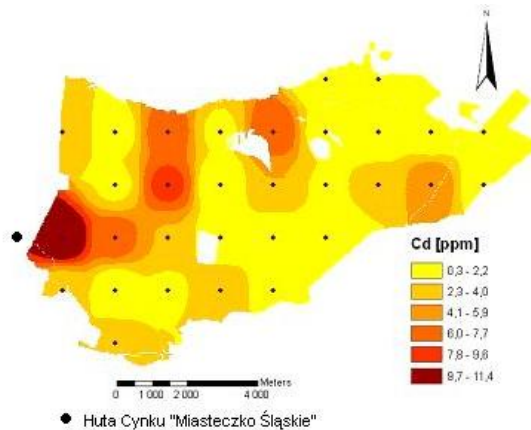
Ryc. 1. Zawartość cynku w wierzchniej warstwie gleb leśnych (0-20 cm)
lasów obrębu Brynica w Nadleśnictwie Świerklaniec
Fig. 1. The zinc content in the surface layer of forest soils (0-20 cm),
forest district Brynica in the Świerklaniec forest inspectorate

Wielkość stężenia ołowiu w powierzchniowej warstwie gleb została zobrażowana na rycinie 2. Najwyższymi wartościami cechowały się wierzchnie warstwy gleby na powierzchniach nr 20 i 22, gdzie wynosiły odpowiednio 709,05 ppm i 706,55 ppm. Najniższe stężenia ołowiu odnotowano na powierzchniach nr: 1 (32,05 ppm) oraz 11 (33,05 ppm) (tab. 2). Średnia zawartość ołowiu w wierzchniej warstwie gleby wyniosła 176,64 ppm (tab. 3). Stężenie ołowiu w wierzchniej warstwie gleb wykazało również istotną dodatnią korelację z zawartością pozostałych badanych pierwiastków (Cd i Zn) w glebie (tab. 4).



Ryc. 2. Zawartość ołowiu w wierzchniej warstwie gleb leśnych (0-20 cm)
lasów obrębu Brynica w Nadleśnictwie Świerklaniec
Fig. 2. The lead content in the surface layer of forest soils (0-20 cm),
forest district Brynica in the Świerklaniec forest inspectorate

Najwyższe stężenie zawartość kadmu w powierzchniowej warstwie badanych gleb odnotowano na powierzchni nr 20 (11,45 ppm), a najniższe na powierzchni nr: 25 (0,25 ppm) (tab. 2). Zobrazowanie graficzne zawartości kadmu w wierzchniej warstwie gleb na terenie lasów obrębu Brynica przedstawia rycina 3.



Ryc. 3. Zawartość kadmu w wierzchniej warstwie gleb leśnych (0-20 cm) lasów obrębu Brynica w Nadleśnictwie Świerklaniec

Fig. 3. The cadmium content in the surface layer of forest soils (0-20 cm), forest district Brynica in the Świerklaniec forest inspectorate

Analizując stężenie cynku w ściółce leśnej zauważono dużą różnicę w zawartości tego pierwiastka na powierzchni nr 20 (2542 ppm) w stosunku do pozostałych powierzchni badawczych (tab. 2). Wartość średnia w wierzchniej warstwie gleb wyniosła blisko 533 ppm (tab. 5).

Tab. 5. Podstawowe charakterystyki statystyczne dla zawartości badanych metali ciężkich w ściółce na powierzchniach badawczych

Tab. 5. Basic statistical characteristics for the content of heavy metals in litter on the research areas

Metal	Minimum [ppm]	Maksimum [ppm]	Średnia [ppm]	Odchylenie standardowe [ppm]	Współczynnik zmienności [%]
Zn	137,75	2542,00	532,89	466,39	87,52
Cd	3,30	83,00	15,16	16,85	111,18
Pb	151,85	2108,35	527,29	415,40	78,78

Badanie korelacji pokazało, że stężenie cynku w ściółce jest silnie skorelowane z zawartością ołowiu i kadmu w ściółce oraz zmianę stężenia wraz z oddala-

niem się od emitora (HCMŚ) (tab. 4). Bardzo wysoką zawartość ołowiu oznaczono w próbce pobranej z powierzchni nr 20 (2108,35 ppm), która położona była najbliżej huty cynku (tab. 2). Średnia zawartość ołowiu w ściółce leśnej kształtowała się na poziomie 527,29 ppm (tab. 5). Również tutaj wykazano wysoki stopień powiązania stężenia ołowiu wobec stężenia pozostałych metali w ściółce oraz istotną ujemną korelację w stosunku do odległości od emitora (HCMŚ) (tab. 4).

Wysokimi stężeniami kadmu w próbkach ściółki charakteryzowały się powierzchnie usytuowane bardzo blisko emitora (HCMŚ) 20 (83 ppm) oraz 26 (60,3 ppm), a najniższe wartości oznaczono w ściółce z powierzchni 11 (3,30 ppm) (tab. 2). Średnia zawartość kadmu w ściółce wyniosła 15,16 ppm (tab. 5). Bardzo istotny spadek zawartości kadmu w próbkach pobranych z większych odległości od emitora potwierdza wysoki ujemny współczynnik korelacji zawartości kadmu do odległości (tab. 4).

Dyskusja

Metale ciężkie stanowią bardzo duże potencjalne zagrożenia dla środowiska przyrodniczego. Łatwo ulegają włączeniu do obiegu pierwiastków w łańcuchu troficznym oraz posiadają zdolność kumulowania się w różnych komponentach ekosystemu. Badanie wartości pH pobranych próbek glebowych pokazało dość jednoznacznie, iż na wszystkich powierzchniach mamy do czynienia z glebami kwaśnymi. Zwiększa to jeszcze zagrożenie ekologiczne, gdyż jak podają Alloway i Ayres [1999], metale ciężkie w środowiskach glebowych charakteryzujących się niskimi wartościami pH stają się bardziej dostępne biologicznie i stanowią istotny problem. Porównując zawartość metali ciężkich w wierzchnich warstwach gleb (0-20 cm) obrębu Brynica z Rozporządzeniem Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi [2002], wyraźnie widać, że ich poziomy przyjęte dla gleb uprawnych są przekroczone. Wysokie stężenie metali ciężkich w glebach leśnych przy ich niskim odczynie klasyfikuje lasy obrębu Brynica jako ekosystem o zagrożonej stabilności ekologicznej. Uzyskane wyniki dotyczące poziomu akumulacji cynku w glebach obrębu Brynica są wyższe niż wartości podawane przez Terelaka i in. [1997 cyt. za Greszta i in. 2002] jako średnie dla kraju (33 ppm). Również wielkość 40 ppm podana przez Kabatę-Pendias i Pendiasa [1999] jako średnia dla kraju jest znacznie niższa od uzyskanych wyników badań. Tylko część spośród powierzchni położonych ponad 6,5 km od huty oscylowała w okolicach wartości średnich dla kraju. Poziom metali ciężkich w wierzchnich warstwach gleb powierzchni badawczych bardziej koresponduje z wynikami uzyskiwanymi w rejonach skażonych. Gancarczyk-Gola i Palowski [2005] określili zawartość metali ciężkich w okolicach huty cynku w Bukownie. Zakresy stężeń cynku (50,9-288,61 ppm), kadmu (0,43-6,51 ppm) i ołowiu

(69,79-190,78 ppm) są zbliżone do wartości oznaczonych w obrębie Brynica. Tylko powierzchnie bezpośrednio sąsiadujące z hutą „Miasteczko Śląskie” przekraczały znacznie te wartości (pow. nr 20). Stężenia metali ciężkich oznaczone w wierzchnich warstwach gleb obrębu Brynica przekraczają znacznie wartości uzyskane w terenach uznawanych za nieskażone. W Puszczy Białowieskiej badania przeprowadzili Gancarczyk-Gola i Palowski [2005], stężenia metali ciężkich oznaczone w wierzchnich warstwach gleb puszczy mieściły się w zakresach: 1,86-10,32 dla Pb i 0,81-1,61 dla kadmu. Są to wartości kilka (w przypadku kadmu), a nawet kilkadziesiąt razy (dla ołowiu) niższe od oznaczonych na badanym terenie. Świadczyć to może o dużym skażeniu środowiska leśnego obrębu Brynica. Na badanym terenie znacznie wyższe wyniki uzyskał Rostański [1997], stwierdził on koncentracje cynku, ołowiu i kadmu w okolicach Huty Cynku Miasteczko Śląskie na poziomach 5000 ppm (Zn), 1400 ppm (Pb) i 60 ppm (Cd). Kłoke [1978 cyt. za Greszta i in. 2002] przedstawił stężenia metali ciężkich toksyczne dla roślin, w przypadku kadmu otrzymane wyniki są wyższe od uznanych za toksyczne przez Kłoke’go na 1/3 powierzchni obrębu, a w przypadku ołowiu na ok. 60% powierzchni. W przypadku ołowiu wartości te są przekroczone nawet 7-krotnie. Można, więc stwierdzić, iż znaczna część wierzchnich warstw (0-20 cm) gleb na terenie obrębu Brynica jest narażona na wyższe od tolerowanych przez rośliny stężenia metali ciężkich. Stwierdzone w wierzchniej warstwie gleb (0-20 cm) oraz w warstwie ścióły, wysokie stężenia zwłaszcza ołowiu, mogą świadczyć o wyraźnym wpływie Huty Cynku Miasteczko Śląskie. Ołów bowiem jest pierwiastkiem słabo migrującym w profilu glebowym, a znaczne nagromadzenie w wyższych poziomach gleb świadczy o pochodzeniu antropogenicznym [Panek 2000]. Przeprowadzona analiza korelacji zawartości metali ciężkich w poziomach organicznych wykazała wyraźną zmianę kumulacji wszystkich badanych pierwiastków wraz z odległością od emitora. Podobnie wyniki w swoich badaniach uzyskał Zwoliński [1999]. Na powierzchniach oddalonych ponad 10 km od huty stwierdzono 10-krotnie mniej ołowiu, niemal 20-krotnie mniej cynku i 25-krotnie mniej kadmu, niż na powierzchniach zlokalizowanych do 2,5 km od huty. Wyraźna zmiana zawartości wraz z odległością od huty „Miasteczko Śląskie” potwierdza tylko negatywny wpływ tego kombinatu na środowisko przyrodnicze Obrębu Brynica. Najwyższą koncentrację metali ciężkich wykazały warstwy organiczne gleb leśnych co potwierdzają również badania Panek [2000] i Zwolińskiego [1999]. Skażenie poziomów organicznych metalami ciężkimi nieznacznie różniło się od wyników uzyskanych w II strefie zanieczyszczeń przemysłowych w 1990 roku na powierzchniach w GOP [Zwoliński 1995]. Wartości średnie zawartości kadmu (15,16 ppm) w poziomach organicznych gleb obrębu Brynica były wyższe od tych określonych w II strefie GOP (10 ppm), natomiast stężenia ołowiu i cynku nieco niższe. Wartości średnie zawartości Zn i Pb uzyskane w próchnicy typu moder w borach sosnowych przez Rusek i in. [2005] były 5-10 razy niższe od

tych uzyskanych w obrębie Brynica nadleśnictwa Świerklaniec. Fakt ten potwierdza istotne skażenie środowiska leśnego badanego obrębu.

Wnioski i stwierdzenia

- Wyniki badań wierzchnich warstw gleb leśnych (0-20 cm) obrębu Brynica wskazują, że są one zbudowane w zdecydowanej większości z silnie kwaśnych utworów piaszczystych. Właściwości te wskazują na potencjalnie duże zagrożenie tych gleb na skutek zanieczyszczenia badanymi pierwiastkami.
- Analiza zawartości pierwiastków śladowych (Zn, Pb, Cd) w wierzchnich warstwach badanych gleb (0-20 cm) oraz ścioly wykazała wysoki stopień zanieczyszczenia. Bardzo duże zawartości kadmu i ołowiu pozwalają zaliczyć badany teren do wyjątkowo silnie skażonych obszarów Polski.
- Wysokie stężenia metali ciężkich (Zn, Pb, Cd) w wierzchniej warstwie gleb i ścioly, a szczególnie ołowiem (jako słabo migrującym w profilu glebowym) oraz potwierdzona statystycznie istotna ujemna korelacja zawartości tych metali wraz z odległością od huty cynku „Miasteczko Śląskie”, potwierdza znany negatywny wpływ tego kombinatu na sąsiadujące z nim tereny.
- Statystyczna analiza danych opisujących zawartość metali ciężkich w wierzchniej warstwie gleby oraz ścioly na badanym terenie wskazuje na silne powiązanie występowania ze sobą Zn, Pb i Cd. Oznacza to, że powierzchnie leśne o dużym stężeniu jednego z tych metali będą charakteryzowały się również wysoką zawartością dwóch pozostałych.

Literatura

1. ALLOWAY B.J., AYRES D.C. *Chemiczne podstawy zanieczyszczeń środowiska*. PWN Warszawa 1999
2. CIEPAŁ R. Przenikanie S, Pb, Cd, Zn, Cu i Fe do biomasy oraz gleby ekosystemu leśnego (na przykładzie wschodniej części województwa katowickiego) znaczenie bioindykacyjne. Katowice 1992
3. GANCARCZYK-GOLA M., PALOWSKI B. Metale ciężkie i pH powierzchniowych warstw gleby wokół centrów przemysłowych oraz na terenach wolnych od zanieczyszczenia. *Roczniki Gleboznawcze*, tom LVI, nr 1/2, 59-66. Warszawa 2005
4. GRESZTA J., GRUSZKA A., KOWALKOWSKA M. *Wpływ emisji na ekosystem*. Wydawnictwo Naukowe „Śląsk” Katowice 2002
5. KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. PWN Warszawa 1999

6. OSTROWSKA A., GAWLIŃSKI S., SZCZEBIAŁKA Z. *Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin*. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa 1991.
7. PANEK E. Metale śladowe w glebach i wybranych gatunkach roślin obszaru polskiej części Karpat. IGSMiE PAN Kraków 2000
8. Plan Urządzania Lasu Nadleśnictwa Świerklaniec na okres gospodarczy 1.01.2004 do 31.12.2013. RDLP w Katowicach.
9. ROSTAŃSKI A. Zawartość metali ciężkich w glebie i roślinach z otoczenia niektórych emitorów zanieczyszczeń na Górnym Śląsku. *Archiwum Ochrony Środowiska*, vol. 23 no. 3-4, 181-189, 1997
10. Rozporządzenie Min. Rolnictwa i Rozwoju Wsi Dz. U. Nr 37, poz. 344, 2002
11. RUSEK A., KABAŁA C., DROZDOWSKA J. *Zawartość ołowiu, cynku i miedzi w wybranych typach próchnic leśnych Dolnego Śląska*. Roczniki Gleboznawcze tom LVI, nr 1/2, 137-146. Warszawa 2005
12. ZWOLIŃSKI J. Effects of emissions from non-ferrous metal Works on forest environment – the role of heavy metals in forest degradation. *Journal of the Forest Research Institute. Series A*. 809, 1-86, 1995
13. ZWOLIŃSKI J. Zmiany zawartości metali ciężkich oraz aktywności mikrobiologicznej w glebach borów sosnowych na terenie Polski południowo-zachodniej w latach 1988-1997. *Prace IBL seria A*, nr 872, 104-118, 1999

THE LEVEL OF Zn, Cd AND Pb ACCUMULATION IN TOP LAYER OF FOREST SOIL IN THE NEIGHBOURHOOD OF METALLURGIC COMPLEX „MIASTECZKO ŚLĄSKIE”

S u m m a r y

The aim of this paper was to determine the heavy metals (Zn, Pb, Cd) pollution in forest environment in Brynica district of Forest inspectorates Świerklaniec. Determination of their accumulation in top layer of soils horizon and forest litter. Samples of top layer of soils (0-20 cm) and forest litter were taken at 31 systematically located points on the 1500 x 1500 m grid in July 2008. The heavy metals contents were measured by Atomic Absorption Spectrometry (AAS). The concentration of trace elements was diverse in dependence of studied metal and distance from metallurgic complex "Miasteczko Śląskie". The highest concentrations of studied trace elements were marked in close neighbourhood of „Miasteczko Śląskie”. Metal pollutants are likely to be contained close to their emission source, these concentrations showed negative correlation with distance from metallurgic complex. The highest accumulations were noted in forest litter. The analyses have confirmed considerable contamination of heavy metals of forest environment in Brynica district.

Key words: environment pollution, heavy metals, soil, trace elements

MAREK PAJĄK, WOJCIECH KRZAKLEWSKI*

WPLYW SPOSOBÓW NEUTRALIZACJI TOKSYCZNIE KWAŚNYCH UTWORÓW NA WIERZCHOWINIE ZWAŁOWISKA ZEWNĘTRZNEGO KWB „BEŁCHATÓW” NA WZROST SOSNY ZWYCZAJNEJ (*PINUS SYLVESTRIS L.*).

Streszczenie

Przedstawiono wyniki badań wysokości i grubości w szyi korzeniowej sosny zwyczajnej wznoszącej się na powierzchni doświadczalnej zlokalizowanej na wierzchowinie zwałowiska zewnętrznego KWB „Bełchatów”, gdzie prowadzono badania nad neutralizacją toksycznie kwaśnych utworów nadkładu. Jako neutralizatory zastosowano: kredę jeziorną, wapno palone, wapniak mielony, popiół z spalania węgla brunatnego i mączkę fosforytową. Z pośród zastosowanych neutralizatorów najlepszy wpływ na wzrost sosny zwyczajnej wykazały mączka fosforytowa oraz popiół.

Słowa kluczowe: tereny pogórnice, rekultywacja, toksycznie kwaśne utwory, substancje neutralizujące, sosna zwyczajna

Wstęp

Ważnym i niełatwym problemem do rozwiązania w rekultywacji terenów pogórnich górnictwa węgla brunatnego jest skuteczna neutralizacja występujących na powierzchni zwałowisk utworów o nadmiernym zakwaszeniu. Grunty te zalicza się do utworów o najwyższym stopniu trudności rekultywacji [Skawina i Trafas 1971, Krzaklewski 1988, Greinert 1997]. Celem niniejszej pracy była ocena wpływu na wzrost sosny zwyczajnej kilku neutralizatorów wykorzystanych do neutralizacji toksycznie kwaśnych utworów na wierzchowinie zwałowiska zewnętrznego KWB „Bełchatów”.

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

Obiekt badań i metody

Przedmiotem badań była powierzchnia doświadczalna, którą założono w południowo-wschodniej części wierzchowiny zwałowiska zewnętrznego KWB „Bełchatów”. Zwałowisko to budowano metodą nieselektywną w latach 1977-1994 gromadząc na nim łącznie około 1,34 mld m³ utworów nadkładu. Utwory te to przede wszystkim piaski czwarto- i trzeciorzędowe (65%), czwartorzędowe gliny i mułki (20%) oraz trzeciorzędowe iły (15%). Zwałowisko zajęło obszar o powierzchni 1500 ha, który wznosi się od 126 do 180 m nad otaczający teren [Łyczba, Piątkowski 1999]. Powierzchnię doświadczalną o wymiarach 66 m x 15 m założono na fragmencie wierzchowiny zbudowanym z utworów toksycznie kwaśnych (pH w KCl <3,5), których właściwości fizyczne i chemiczne szczegółowo opisano w opracowaniu [Krzaklewski i in. 1997], a zmiany wybranych właściwości, jakim po 6 latach od zastosowania neutralizacji uległ badany utwór przedstawiono w pracy Hłopasia [2002]. W doświadczeniu zastosowano 5 neutralizatorów każdy w 2 dawkach, co łącznie z powierzchniami porównawczymi bez neutralizacji „0” daje 11 kombinacji w 3 powtórzeniach każda. Doświadczenie założono metodą losowych bloków o wielkość poletek 30 m² (5x6 m). Zastosowano następujące neutralizatory przyjmując do ich wyliczenia równoważną zawartość CaO: wapno nawozowo tlenkowe (70% CaO) (oznaczone jako **W.p.1** w dawce 6,4 t/ha i **W.p.2** w dawce 12,8 t/ha), wapniak mielony (45% CaO) (oznaczone jako **W.m.1** w dawce 10,0 t/ha i **W.m.2** w dawce 20,0 t/ha), kreda jeziorna z KWB „Bełchatów” (35% CaO) (oznaczone jako **K.j.1** w dawce 12,75 t/ha i **K.j.2** w dawce 12,75 t/ha), popiół ze spalania węgla brunatnego z elektrowni „Bełchatów” (7% CaO) (oznaczone jako **Pop.1** w dawce 32,5 t/ha i **Pop.2** w dawce 65,0 t/ha), mączka fosforytowa (40% CaO i 30% P₂O₅) (oznaczone jako **M.f.1** w dawce 2,0 t/ha i **M.f.2** w dawce 4,0 t/ha). Najpierw rozsiano połowę dawki każdego z neutralizatorów, wymieszano z gruntem broną talerzową na głębokość 15 cm, następnie wykonano orkę na głębokość 30 cm. Następnie wysiano drugą połowę dawki neutralizatora i wymieszano z gruntem broną talerzową na głębokość 15 cm, dwukrotnie. Neutralizację przeprowadzono wiosną 1995 r. Następnie, latem tego roku poletko szczegółowo opróbowano, po czym zastosowano jednolite nawożenie mineralne, w przeliczeniu na ha: 100 kg N (saletra amonowa, 34% N), 115 kg P₂O₅ (potrójny superfosfat-46 % P₂O₅) i 112 kg K₂O (sól potasowa, 56% K₂O). Z kolei wysiano nasiona życicy trwałej w dawce 60 kg/ha, którą zastosowano jako roślinę testową. Z uwagi na letni siew nasion życicy, zastosowano dawkę 100 kg/ha saletry amonowej (34% N). Wiosną 1996 r. wykonano ponownie jednolite nawożenie mineralne na całej powierzchni w ilości 100 kg/ha saletry amonowej (34% N) i 100 kg soli potasowej (56% K₂O). Zebrano 2 pokosy trawy, po pierwszym zastosowano nawożenie 100 kg/ha saletry amonowej. Jesienią 1997 r. powierzchnię zalesiono sosną zwyczajną i dębem czerwonym.

Wprowadzano sadzonki dwuletnie nieszkółkowane w zmieszaniu, naprzemian 3 rzędy sosny, 1 rząd dębu w więźbie 1,25x0,85 m. Sadzonki nie były wcześniej specjalnie sortowane, ani mikoryzowane [Krzaklewski i in. 1997]. W 2001 roku, ze względu na silne zgryzanie dębu czerwonego powierzchnię doświadczałą ogrodzono.

Jesienią 2005 roku wykonano:

- pomiar wysokości (h) sosny zwyczajnej z dokładnością do 1 cm,
- pomiar grubości sosny zwyczajnej w szyi korzeniowej ($d_{0,05}$) z dokładnością do 0,1 cm,

Dla uzyskanych pomiarów określono podstawowe statystyki badanych cech biometrycznych, wykonano również porównanie istotności różnic testem t ($\alpha = 0,05$) badanych cech pomiędzy poletkami z zastosowanymi neutralizatorami, a powierzchnią bez neutralizacji (STATISTICA 8.0).

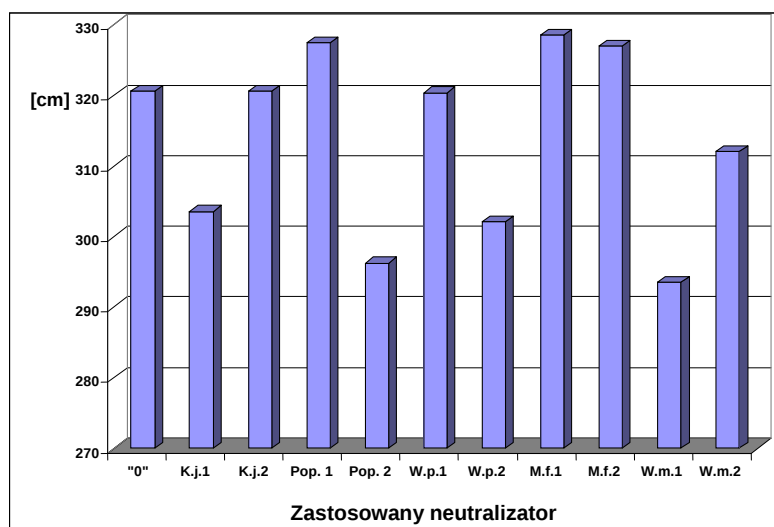
Wyniki i ich omówienie

Pomierzono wysokość oraz grubość w szyi korzeniowej 606 sosen. Dla całej powierzchni badawczej średnia wysokości sosny w 2005 roku wynosiła 313,1 cm. Najwyższą średnią wysokością charakteryzowały się sosny wzrastające na poletkach gdzie jako neutralizator zastosowano mączkę fosforytową w pojedynczej dawce (329,9 cm), a najniższą gdzie zastosowano wapniak mielony w pojedynczej dawce (290,9 cm). Na poletkach bez neutralizacji średnia wysokość wynosiła 320,6 cm (rys. 1).

Największą zmiennością wysokości charakteryzowały się egzemplarze sosny wzrastające na poletkach gdzie neutralizatorem był wapniak mielony w pojedynczej dawce (30,41%), a najniższą gdzie zastosowano wapno palone w pojedynczej dawce (16,23%) (tab. 1).

Z porównania wykonanych w 2005 roku pomiarów wysokości sosen rosnących na powierzchni bez neutralizacji „0” z wysokościami sosen rosnących na poletkach z zastosowanymi neutralizatorami wynika, że wartości te nie różniły się istotnie statystycznie (tab. 2).

Średnia grubość w szyi korzeniowej sosny dla całej powierzchni badawczej w 2005 roku wynosiła 63,2 mm. Najwyższą średnią grubością charakteryzowały się sosny wzrastające na poletkach gdzie jako neutralizator zastosowano popiół w pojedynczej dawce (67,48 mm), a najniższą gdzie zastosowano wapniak mielony w pojedynczej dawce (58,02). Na poletkach bez neutralizacji średnia grubość w szyi korzeniowej wynosiła 64,69 mm (rys. 2).



Rys. 1. Średnia wysokość (h) sosny zwyczajnej w 2005 r. rosnącej na powierzchni doświadczalnej zlokalizowanej na wierzchowinie zwałowiska zewnętrznego KWB „Bełchatów” w zależności od zastosowanego neutralizatora

Fig. 1. Average height (h) of Scots pine in 2005, growing on the experimental plot located at the top of the external dump of KWB "Bełchatów" in dependence on the used neutralizer

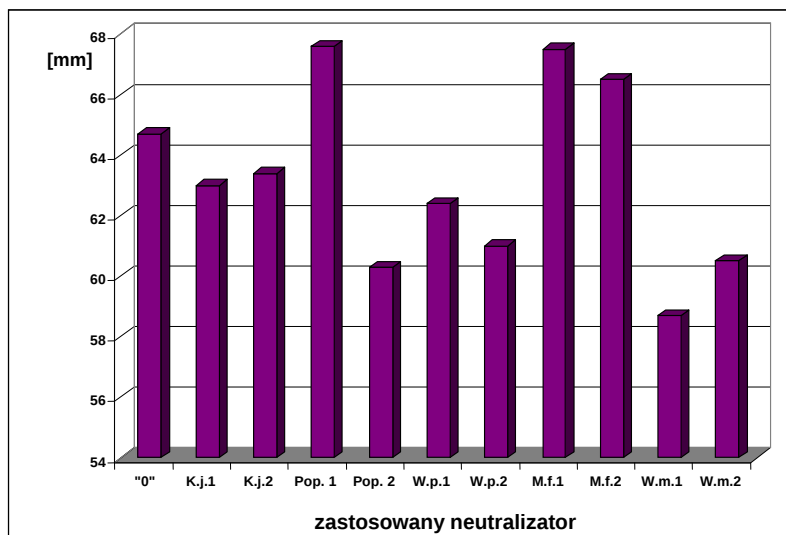
Tab. 1. Podstawowe charakterystyki statystyczne wzrostu (h) sosny zwyczajnej w 2005 r. rosnącej na powierzchni doświadczalnej zlokalizowanej na wierzchowinie zwałowiska zewnętrznego KWB „Bełchatów” w zależności od zastosowanego neutralizatora

Tab. 1. Basic statistical characteristics of growth (h) of Scots pine in 2005, growing on the experimental plot located at the top of the external dump KWB "Bełchatów" in dependence on the used neutralizer

Zastosowany neutralizator	Minimum [cm]	Maksimum [cm]	Średnia [cm]	Odchylenie standardowe [cm]	Współczynnik zmienności [%]
„0”	59	455	320,6	87,85	27,40
K.j.1	54	421	307,1	70,48	22,95
K.j.2	132	453	319,8	67,26	21,03
Pop.1	68	435	326,8	78,51	24,02
Pop.2	41	436	295,2	82,87	28,07
W.p.1	162	439	320,3	51,99	16,23
W.p.2	68	459	301,1	80,05	26,59
M.f.1	184	446	329,9	70,65	21,42
M.f.2	159	462	326,5	68,65	21,02
W.m.1	115	455	290,9	88,46	30,41
W.m.2	118	447	303,5	79,28	26,12

Tab. 2. Wynik testu t dla zmiennych niezależnych ($\alpha = 0,05$)Tab. 2. T test for independent variables ($\alpha = 0.05$)

Zastosowany neutralizator	Wysokość (h) 2005r.	Grubość ($d_{0,05}$) 2005r.
	Poletko bez neutralizacji „0”	
K.j.1	0,391	0,811
K.j.2	0,955	0,662
Pop.1	0,699	0,463
Pop.2	0,138	0,227
W.p.1	0,982	0,451
W.p.2	0,240	0,321
M.f.1	0,545	0,402
M.f.2	0,697	0,622
W.m.1	0,088	0,094
W.m.2	0,290	0,285

Rys. 2. Średnia grubość sosny zwyczajnej w szyi korzeniowej ($d_{0,05}$) w 2005 r. rosnącej na powierzchni doświadczalnej zlokalizowanej na wierzcholinie zwałowiska zewnętrznego KWB „Bełchatów” w zależności od zastosowanego neutralizatoraFig. 2. The average thickness of the pine in the root neck ($d_{0,05}$) in 2005, growing on the experimental plot located at the top of the outside dump KWB "Bełchatów" in dependence on the used neutralizer

Największą zmiennością badanej cechy charakteryzowały się sosny wzrastające na poletkach gdzie neutralizatorem był wapniak mielony w pojedynczej dawce (37,07%), a najniższą gdzie zastosowano wapno palone w pojedynczej dawce (18,78%) (tab. 3).

Tab. 3. Podstawowe charakterystyki statystyczne grubości w szyi korzeniowej ($d_{0,05}$) sosny zwyczajnej w 2005 r. rosnącej na powierzchni doświadczalnej zlokalizowanej na wierzcholinie zwałowiska zewnętrznego KWB „Bełchatów” w zależności od zastosowanego neutralizatora

Tab. 3. Basic statistical characteristics of thickness in the root neck ($d_{0,05}$) of Scots pine in 2005, growing on the experimental plot located at the top of the external dump KWB "Bełchatów" depending on the used neutralizer

Zastosowany neutralizator	Minimum [mm]	Maksimum [mm]	Średnia [mm]	Odchylenie standardowe [mm]	Współczynnik zmienności [%]
„0”	12	95	64,69	18,69	28,89
K.j.1	7	96	63,83	17,58	27,54
K.j.2	21	93	63,23	16,18	25,59
Pop.1	14	103	67,48	20,70	30,68
Pop.2	11	94	60,39	17,87	29,59
W.p.1	30	86	62,37	11,71	18,78
W.p.2	12	101	60,91	19,94	32,74
M.f.1	28	101	67,75	19,15	28,27
M.f.2	19	97	66,46	18,49	27,82
W.m.1	16	96	58,02	21,51	37,07
W.m.2	18	96	60,89	17,97	29,51

Z porównania grubości w szyi korzeniowej sosen w 2005 roku rosnących na powierzchni bez neutralizacji „0” pomiędzy wysokościami sosen rosnącymi na poletkach z zastosowanym neutralizatorem wynika, że wartości te nie różniły się istotnie statystycznie (tab. 2). Wyniki cech biometrycznych drzewek rosnących na powierzchni doświadczalnej porównano z wynikami badań Hłopasia [2002], które przeprowadził na przedmiotowej powierzchni w trzecim roku po wprowadzeniu zalesień. Najwyższe średnie cechy biometryczne odnotowano wówczas dla sosen rosnących na poletku, gdzie jako neutralizator zastosowano mączkę fosforową w pojedynczej dawce. Podobnie po 8 latach od wykonania zalesień najwyższą średnią wysokością charakteryzowały się sosny wzrastające na tych poletkach. Również wysokimi średnimi wysokościami charakteryzowały się sosny wzrastające na poletkach z zastosowanym popiołem w pojedynczej dawce oraz z mączką fosforytową w podwójnej dawce. Na tych samych poletkach rosły także sosny, które charakteryzowały się najwyższą średnią grubością w szyi korzeniowej. Z kolei najniższymi średnimi wartościami cech biometrycznych po 3 latach wzrostu charakteryzowały się sosny wprowadzone na poletka gdzie neutralizatorem było wapno palone w podwójnej dawce. Przeprowadzone badania z kolei wskazują, że najniższym średnim wzrostem wysokości i grubości w szyi korzeniowej charakteryzuje się sosna zwyczajna wzrastająca na poletkach gdzie jako neutralizator zastosowano wapniak mielony. Uzyskane średnie wartości wysokości i grubości w szyi korzeniowej sosen na

poletkach z neutralizacją w stosunku do sosen wzrastających na poletku bez neutralizacji („0”) wskazują, że po 8 latach wzrost sosny zwyczajnej nie różni się istotnie statystycznie w zależności od zastosowanego neutralizatora.

Podsumowanie

- Po dziesięciu latach wzrostu nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic pomiędzy wysokością i grubością w szyi korzeniowej sosen rosnących na powierzchni „bez neutralizacji”, a wysokością i grubością w szyi korzeniowej sosen rosnących na poletkach neutralizowanych.
- Najwyższą średnią wysokość oraz największą średnią grubość w szyi korzeniowej sosen zanotowano na poletkach gdzie jako neutralizator zastosowano mączkę fosforową (w pojedynczej i podwójnej dawce) oraz popiół (w pojedynczej dawce).
- Największym zróżnicowaniem wysokość i grubość w szyi korzeniowej charakteryzowały się sosny wzrastające na poletkach gdzie jako neutralizator zastosowano wapniak mielony w pojedynczej dawce, a najmniejszym na poletkach gdzie zastosowano wapno palone w pojedynczej dawce.

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

Literatura

1. GREINERT H. *Problemy związane z rekultywacją terenów pogórnich na środkowym Nadodrzu*. II Światowy Kongres Ochrony Środowiska na Terenach Górniczych, Tom 1, Katowice 1997
2. HŁOPĄŚ W. *Wpływ sposobów neutralizacji toksycznie kwaśnych utworów na wierzcholinie zwałowiska zewnętrznego KWB „Bełchatów” na wzrost sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) i dębu czerwonego (*Quercus rubra* L.) po trzech latach wegetacji*. Praca magisterska. Maszynopis. Katedra Ekologii Lasu AR Kraków, 2002
3. KRZAKLEWSKI W. *Leśna rekultywacja i biologiczne zagospodarowanie nieużytków przemysłowych*. Skrypty uczelniane Akademii Rolniczej w Krakowie, 1988

4. KRZAKLEWSKI W., KOWALIK S., WÓJCIK J. *Rekultywacja utworów toksycznie kwaśnych w górnictwie węgla brunatnego*. Monografia. Wydawnictwo MONOS, Kraków, 1997
5. ŁYCZBA S., PIĄTKOWSKI J. *Rekultywacja zwałowiska zewnętrznego Kopalni KWB „Bełchatów” o kierunku leśnym – stan obecny i perspektywy*. Referaty - Górnictwo Odkrywkowe – Środowisko - Rekultywacja ze szczególnym uwzględnieniem KWB „Bełchatów”, Bełchatów, 13-36, 1999
6. SKAWINA T., TRAFAS M. *Zakres wykorzystania i sposób interpretacji wyników badań geologicznych dla potrzeb rekultywacji*. Ochrona Terenów Górniczych, nr 16, 3-10, 1971

THE IMPACT OF THE MEANS TO NEUTRALIZE TOXICALLY ACID DEPOSITS PRESENT ON THE SURFACE OF THE OUTER WASTE HEAP OF "BEŁCHATÓW" BROWN COAL MINE ON THE GROWTH OF SCOTCH PINE (PINUS SYLVESTRIS L.)

S u m m a r y

The presence of excessively acid deposits on the surface of waste heaps is a characteristic problem, difficult to solve in the reclamation of the post-mining areas of brown coal mining. These deposits are some of the most difficult to reclaim [Skawina and Trafas 1971, Krzaklewski 1988]. The present paper describes an experiment set up on the toxically acid surface deposits of the outer waste heap of "Bełchatów" brown coal mine in spring 1995. There were 5 neutralizers, each used in 2 doses, which - including the "zero" one - yielded 11 combinations, each in 3 repetitions. The experiment was set up using the random block method with the field size of 30 m². Various neutralizers were used in different doses, calculated according to the equal CaO content in them. These were: oxide lime (70% CaO), carbonate lime (45% CaO), bog lime from "Bełchatów" brown coal mine (35% CaO), ash from the burning of brown coal in "Bełchatów" power plant, and phosphorite flour (40% CaO and 30% P₂O₅). After two years (in autumn 1997), Scotch pine was introduced in the area. The aim of the present paper was to assess the impact of different means to neutralize the toxically acid deposits on the growth of Scotch pine. The results obtained show that the best growth was achieved by Scotch pine in those variants where phosphorite flour and ash from the burning of brown coal were used as neutralizers.

Key words: post-mining sites, reclamation, toxic acid formations, neutralizers, Scots pine

**STANISŁAW BARAN, ELŻBIETA JOLANTA BIELIŃSKA,
MAŁGORZATA KAWECKA-RADOMSKA***

**ZAWARTOŚĆ METALI CIĘŻKICH W GLEBACH PARKÓW
MIEJSKICH PODLEGAJĄCYCH ZRÓŻNICOWANYM
WPLYWOM ANTROPOGENICZNYM**

Streszczenie

Celem pracy było zbadanie zawartości metali ciężkich w glebach wybranych parków usytuowanych w strefach śródmiejskich oraz na obszarach peryferyjnych miast. Zawartość analizowanych metali ciężkich (Zn, Pb, Cu, Cd) w badanych glebach wykazywała duże zróżnicowanie w zależności od intensywności presji antropogenicznej. Gleby parków usytuowanych w strefie śródmiejskiej cechowały się kilkakrotnie większą koncentracją analizowanych pierwiastków śladowych niż gleby parków z obrzeży wytypowanych miast.

Słowa kluczowe: gleba, parki miejskie, metale ciężkie, zanieczyszczenie

Wstęp

Gleby na terenach zurbanizowanych charakteryzują się akumulacją różnego pochodzenia zanieczyszczeń miejsko-przemysłowych, a zwłaszcza zawartych w nich metali ciężkich [Greinert 2000, 2003; Gąsiorek, Niemyska-Lukaszuk 2004]. Główną przyczyną zanieczyszczenia metalami ciężkimi gleb położonych w granicach miast są emisje pochodzące ze środków transportu, komunikacji, zakładów przemysłowych oraz odprowadzanie do rzek niedostatecznie oczyszczone ścieki komunalno-przemysłowe [Kabata-Pendias, Pendias 1999; Czarnowska i in. 2002; Pisarek, Żarczyńska 2002].

Parki w miastach tworzą powierzchnie aktywne biologicznie, warunkujące utrzymanie względnej równowagi ekologicznej środowiska przyrodniczego, a w szczególności wpływają korzystnie na stan czystości środowiska miejskiego, zwłaszcza w zakresie stanu aerosanitarnego, klimatu akustycznego i stanu

* Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Instytut Gleboznawstwa i Kształtowania Środowiska

wód. Stanowią też ważny element kształtowania lokalnych warunków bioklimatycznych, podnoszą walory estetyczne krajobrazu miejskiego, obejmując z reguły ważne dla jego mieszkańców tereny rekreacji [Przewoźniak 2002].

Celem pracy było zbadanie zawartości metali ciężkich w glebach wybranych parków usytuowanych w strefach śródmiejskich, na terenach będących w obrębie wzmożonej immisji skażeń antropogenicznych oraz na obszarach peryferyjnych miast, o podobnych warunkach fizjograficznych, lecz nie poddanych bezpośredniemu oddziaływaniu czynnika antropogenicznego.

Materiał i metody

Badaniami porównawczymi objęto gleby 12 powierzchni parkowych zlokalizowanych w strefie śródmiejskiej oraz na obszarach peryferyjnych miast o:

- potencjalnie wysokim zagrożeniu skażeniem antropogenicznym – Kraków 1, Lublin 1, Miasteczko Śląskie 1, Szczecin 1, Zabrze 1, Zamość 1;
- potencjalnie niskim zagrożeniu skażeniem antropogenicznym (powierzchnie usytuowane na peryferiach miast) – Kraków 2, Miasteczko Śląskie 2, Lublin 2, Szczecin 2, Zabrze 2, Zamość 2.

Na terenie każdego z 12 wytypowanych parków wybrano po jednej reprezentatywnej powierzchni. Analizowana próbka glebowa była średnią z 5 próbek pobranych z każdej powierzchni. Próbkę glebową do analiz laboratoryjnych pobrano z wybranych powierzchni we wrześniu 2009 roku, z poziomu próchnicznego.

Gleby badanych obiektów różniły się składem granulometrycznym:

- piaski słabo gliniaste – Miasteczko Śląskie 1, Miasteczko Śląskie 2; Szczecin 1, Szczecin 2;
- piaski gliniaste mocne – Kraków 1, Kraków 2; Zabrze 1, Zabrze 2;
- gliny lekkie silnie spiaszczone – Lublin 1, Lublin 2;
- gliny lekkie pylaste – Zamość 1, Zamość 2.

W próbkach glebowych oznaczono całkowitą zawartość metali ciężkich (Zn, Pb, Cd, Cu) metodą spektrometrii emisyjnej na aparacie Leeman Labs (PS 950) ze wzbudzeniem ICP w argonie. Wszystkie oznaczenia wykonywano w trzech powtórzeniach.

Wyniki badań i dyskusja

Zawartość metali ciężkich w badanych glebach była bardzo zróżnicowana (tab. 1). Mogło się to wiązać zarówno z nasileniem presji antropogenicznej, szczególnie intensywnej w strefach śródmiejskich, jak i z rozsegregowaniem

materiału glebowego w trakcie historycznych przeobrażeń urbanistycznych na badanych terenach i depozycją zanieczyszczeń w różnych miejscach. Zanieczyszczenie środowiska glebowego metalami ciężkimi w warunkach wielowiekowej urbanizacji związane jest z użytkowaniem gleb miejskich i nanoszeniem substratów naturalnych i technogennych zróżnicowanych pod względem ilości, pochodzenia, składu, a także sposobu ich nanoszenia i przemieszczania przestrzennego [Greinert 2003; Zimny 2005]. Kollender-Szych i in. [2008] zwrócili uwagę, że w miastach użytkowanie gleb staje się czynnikiem glebotwórczym.

Tab. 1. Zawartość metali ciężkich w glebach w $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.

Tab. 1. Content of heavy metals in soils in $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ d.m.

Miejscowość	Nr	Zn	Pb	Cu	Cd
		[$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$]			
Kraków	1	218,9	65,2	28,3	1,92
	2	132,5	41,8	14,9	1,29
Lublin	1	230,1	64,7	32,5	2,04
	2	73,2	38,3	14,6	1,32
Miasteczko Śląskie	1	4553,8	1672,1	69,5	79,15
	2	710,2	331,9	38,2	7,12
Szczecin	1	68,1	75,8	33,9	2,23
	2	44,8	36,1	19,8	1,46
Zabrze	1	584,3	298,5	45,7	4,22
	2	312,9	180,2	26,1	2,78
Zamość	1	61,4	46,6	15,6	1,12
	2	40,1	19,8	5,9	0,41

1- strefa śródmiejska; 1 – city centre

2- peryferie miast; 2 – outskirts of the city

Oceniając stopień zanieczyszczenia gleb cynkiem, ołowiem, miedzią i kadmem na podstawie skali zaproponowanej przez IUNG [Kabata-Pendias i in. 1993] można stwierdzić, że badane urbanoziemy charakteryzowały się odmienną kumulacją metali ciężkich wskazującą na pięć klas ich zawartości (tab. 2): naturalną zawartość (stopień 0), podwyższoną zawartość (stopień I), słabe zanieczyszczenie (stopień II), średnie zanieczyszczenie (stopień III), silne zanieczyszczenie (stopień IV), bardzo silne zanieczyszczenie (stopień V).

Najbardziej zanieczyszczone pierwiastkami śladowymi były gleby pochodzące z obszaru Górnego Śląska (tab. 1). Zwraca uwagę ekstremalnie wysoka zawartość Cd w glebie parku usytuowanego w centrum Miasteczka Śląskiego, w pobliżu huty cynku i ołowiu (Miasteczko Śląskie 1), prawie $80 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, a także Zn ($4553,8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) oraz Pb ($1672,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Warto podkreślić, że kadm jest tym metalem, który najłatwiej gromadzony jest w tkankach roślin, włączając się w ten sposób do łańcucha troficznego. Również cynk jest łatwo kumulowany w roślinach. Kadm charakteryzuje się dużą mobilnością w środo-

wisku zasadowym. Kabata-Pendias i Pendias [1999] podkreślają, że w miarę wzrostu alkaliczności gleb spada sorpcja kadmu wskutek wypierania tego pierwiastka z kompleksu sorpcyjnego przez kationy metali alkalicznych, jak np. Ca^{+2} , w które gleby miejskie są znacznie wzbogacone. Z wieloletnich badań Greinerta [2003] wynika, że w glebach miejskich najliczniejszymi domieszkami antropogenicznymi są materiały budowlane w postaci odłamków betonu, gruzu, zaprawy murarskiej, cegieł i glazury. Ponadto alkalizacja gleb w centrach miast związana jest z opadem pyłów alkalicznych i zasoleniem [Czarnowska 1995; Baran, Bielińska 2008].

Tab. 2. Klasy zanieczyszczenia gleb wg Kabaty-Pendias i in. [1993]

Tab. 2. Soil contamination classes by Kabata-Pendias at al. [1993]

Miejscowość	Nr	Zn	Pb	Cu	Cd
Kraków	1	I	I	I	I
	2	I	0	0	I
Lublin	1	I	I	I	I
	2	0	0	0	I
Miasteczko Śląskie	1	V	III	II	V
	2	III	II	I	IV
Szczecin	1	0	I	I	I
	2	0	0	0	I
Zabrze	1	III	II	I	III
	2	II	I	I	II
Zamość	1	0	0	0	I
	2	0	0	0	0

0, I, II, III, IV, V – klasy zanieczyszczenia gleb

0, I, II, III, IV, V – soil contamination classes

1- strefa śródmiejska; 1 – city centre

2- peryferie miast; 2 – outskirts of the city

Najmniejszą zawartością analizowanych metali ciężkich cechowały się gleby pochodzące z terenu Zamościa (tab. 1). W świetle opracowań charakteryzujących stan powierzchniowych poziomów gleb Polski [Kabata-Pendias i in. 1993] cechowały się one naturalną zawartością badanych metali ciężkich. Jedynie w przypadku kadmu podwyższoną zawartość tego pierwiastka ($1,12 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, stopień I) stwierdzono w próbkach gleby pochodzącej z parku usytuowanego w centrum Zamościa (tab. 2).

Lokalizacja parków wpłynęła na zawartość badanych metali ciężkich w glebach (tab. 1). Gleby parków usytuowanych w strefie śródmiejskiej cechowały się kilkakrotnie większą koncentracją analizowanych pierwiastków śladowych niż gleby parków z obrzeży miasta. Wyższa koncentracja metali ciężkich w glebach położonych w centrum miasta, w porównaniu z obszarami peryferyjnymi, jest jedną z charakterystycznych właściwości gleb terenów zurbanizowa-

nych i świadczy o miejscowej presji czynnika antropogenicznego [Kabała 1995; Aleksandrovskaya, Aleksandrovskiy 2000; Gąsiorek, Niemyska-Lukaszuk 2004].

Szczegółowa analiza danych wskazuje, że gleby na obrzeżach miast, poza obszarem Górnego Śląska, cechowały się naturalną zawartością ołowiu i miedzi, a podwyższoną zawartość cynku (stopień I) stwierdzono wyłącznie w próbkach gleby pochodzącej z parku w Krakowie. Według Kabaty-Pendias i Pendiasa [1999], naturalna zawartość ołowiu w glebach nie powinna przekraczać $20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, natomiast zawartość dopuszczalna dla gleb uprawnych wynosi $100 \text{ mg Pb} \cdot \text{kg}^{-1}$ i w zależności od niektórych właściwości gleby (przede wszystkim odczynu i zawartości materii organicznej) może być podwyższona do $500 \text{ mg Pb} \cdot \text{kg}^{-1}$. W glebach parków Kraków 2, Lublin 2 i Szczecin 2 zawartość ołowiu wynosiła od $36,1$ do $41,8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, a tylko w przypadku parku w Zamościu (Zamość 2) nie przekroczyła $20 \text{ mg Pb} \cdot \text{kg}^{-1}$ (tab. 1). W większości tych gleb (Kraków 2, Lublin 2 i Szczecin 2) wystąpiła podwyższona zawartość kadmu (tab. 2), gdzie koncentracja tego pierwiastka kształtowała się w granicach od $1,29$ do $1,46 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (tab. 1). Oznaczona zawartość kadmu w glebach parków usytuowanych w śródmieściu Krakowa, Lublina i Szczecina również kształtowała się w granicach podwyższonej zawartości tego metalu (stopień I), ale była około 1,5-krotnie większa niż w glebach na obrzeżach tych miast (tab. 1). Podobne relacje obserwowano w przypadku koncentracji Zn, Pb i Cu w glebach śródmiejskich i peryferyjnych. Gleby pochodzące z parków w Zabrzu zaliczyć należy, uwzględniając zawartość cynku i kadmu w poziomie próchnicznym, do gleb słabo zanieczyszczonych (stopień II, Zabrze 2), a w centrum miasta (Zabrze I) do gleb zanieczyszczonych (stopień III). Słabe zanieczyszczenie ołowiem stwierdzono w glebie parku usytuowanego w centrum Zabrze, a podwyższoną zawartość Pb (stopień I) w próbkach gleby pochodzącej z parku na peryferiach miasta. Ponadto podwyższoną zawartością Cu (stopień I) charakteryzowały się gleby z obydwu parków w tym mieście (tab. 2).

Wnioski

- Zawartość analizowanych metali ciężkich (Zn, Pb, Cu, Cd) w badanych glebach wykazywała duże zróżnicowanie w zależności od intensywności presji antropogenicznej.
- Najbardziej zanieczyszczone pierwiastkami śladowymi były gleby pochodzące z obszaru Górnego Śląska.
- W glebach parków usytuowanych w strefie śródmiejskiej stwierdzono kilkakrotnie większą zawartość analizowanych metali ciężkich niż w glebach parków z obrzeży miast.

- Gleby na obrzeżach miast, poza obszarem Górnego Śląska, cechowały się naturalną zawartością ołowiu i miedzi, a podwyższoną zawartość cynku (stopień I) oznaczono wyłącznie w próbkach gleby pochodzącej z parku w Krakowie.
- Najmniejszą zawartość metali ciężkich stwierdzono w glebach pochodzących z terenu Zamościa. W świetle wykorzystywanych przy sporządzaniu ocen opracowań, gleby te cechowały się naturalną zawartością Zn, Pb i Cu, a jedynie w przypadku Cd podwyższoną zawartość tego pierwiastka stwierdzono w próbkach gleby pochodzącej z parku w położonego w centrum miasta.
- Oznaczona zawartość kadmu w glebach parków z terenu Krakowa, Lublina i Szczecina kształtowała się w granicach podwyższonej zawartości tego metalu, ale w glebach śródmiejskich była około 1,5-krotnie większa niż w glebach usytuowanych na obrzeżach tych miast. Podobne relacje obserwowano w przypadku koncentracji Zn, Pb i Cu w glebach.

*Praca naukowa finansowana ze środków MNiSW,
jako projekt badawczy nr N N305 214037*

Literatura

1. ALEKSANDROVSKAYA E.I., ALEKSANDROVSKIY A.L.: *History of the cultural layer in Moscow and accumulation of anthropogenic substances in it*. Catena. 41, 249-259, 2000
2. BARAN S., BIELIŃSKA E.J.: *Wpływ ryzosfery mniszka lekarskiego (Teraxacum officinale Web.) na zawartość metali ciężkich i aktywność enzymatyczną gleby*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 533, 21-29, 2008
3. CZARNOWSKA K.: *Gleby i rośliny w środowisku miejskim*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 418, 111-115, 1995
4. CZARNOWSKA K., CHLIBIUK M., KOZANECKA T.: *Pierwiastki śladowe w glebach uprawnych przy drogach wokół Warszawy*. Roczn. Glebozn. 53, 3/4, 67-74, 2002
5. GĄSIÓREK M., NIEMYSKA-ŁUKASZUK J.: *Kadm i ołów w glebach antropogenicznych ogrodów klasztornych Krakowa*. Roczn. Glebozn. 55, 1, 127-134, 2004
6. GREINERT A.: *Ochrona i rekultywacja terenów zurbanizowanych*. Wydaw. Politach. Zielonogór., Monografia nr 97, Zielona Góra, 2000
7. GREINERT A.: *Studia nad glebami obszaru zurbanizowanego Zielonej Góry*. Oficyna Wydawnicza Uniw. Zielonogór., Zielona Góra, 2003

8. KABAŁA C.: *Glin wymienny i odczyn gleb Gór Iżerskich na obszarze kłęski ekologicznej*. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln. 418, 361- 367, 1995
9. KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H.: *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. Wydaw. Nauk. PWN, Warszawa, 1999
10. KABATA-PENDIAS A., MOTOWICKA-TERELAK T., PIOTROWSKA M., TERELAK H., WITEK T.: *Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką*. Ramowe wytyczne dla rolnictwa. IUNG Puławy 35: 5-15, 1993
11. KOLLENDER-SZYCH A., NIEDŹWIECKI E., MALINOWSKI R.: *Gleby miejskie*. Wyd. AR Szczecin, 2008
12. PISAREK I., ŻARCZYŃSKA B.: *Antropogeniczne wzbogacenie w metale ciężkie gleb doliny Odry na terenie miasta Opola*. Roczn. Glebozn. 53, 3/4, 75-83, 2002
13. PRZEWOŹNIAK M.: *Kształtowanie środowiska przyrodniczego miast. Przykłady z regionu gdańskiego*. Wyd. Politechniki Gdańskiej, 2002
14. ZIMNY H.: *Ekologia miasta*. Agencja Reklamowo-Wydawnicza Arkadiusz Gregorczyk. Warszawa, 2005

CONTENT OF HEAVY METALS IN URBAN PARK SOILS INFLUENCED BY VARIOUS ANTHROPOGENIC CHANGES

S u m m a r y

The purpose of this scientific paper was an examination of the heavy metal content in soils of selected parks situated in city centre zones as well as in the city suburbs. The content of heavy metals (Zn, Pb, Cu, Cd) in the examined soils showed high diversity depending on the intensity of anthropogenic pressure. The soils of parks situated in the city centre zone were characterised by a several-times higher concentration of the analysed trace elements than the soils of parks in the city suburbs.

Key words: soil, urban park, heavy metal, pollution

ARKADIUSZ BIENIEK, ANDRZEJ ŁACHACZ*

REKULTYWACJA GRUNTÓW POGÓRNICZYCH KOPALNI TORFU „BUDWITY”

Streszczenie

Badaniami objęto tereny wyeksploatowanego złoża torfu kopalni „Budwity”, poddane rekultywacji. W wyniku odsłonięcia spągowych warstw złoża, powstały płytkie gleby torfowe o miąższości warstwy organicznej (torfy przejściowe i niskie) ok. 50 cm. Podłożem ich jest utwór mineralny, najczęściej piasek, rzadziej gytia detrytusowa. Profil glebowy jest znacznie uwodniony, miejscami w lokalnych dolinkach z wodą stagnującą na powierzchni. Najlepsze warunki do regeneracji procesu torfotwórczego są w wypełnionych wodą obniżeniach i na ich obrzeżach, gdzie poziom wody jest zbliżony do powierzchni terenu.

Słowa kluczowe: torfowisko wysokie, eksploatacja torfu, rekultywacja, wyrobiska, sukcesja roślinna

Wstęp

Dla górnictwa odkrywkowego, gleby i porastająca je roślinność stanowią nadkład, produkt zbędny, który należy usunąć. Dla społeczeństwa, gleby i roślinność są źródłem pożywienia oraz podstawą egzystencji [Bender 1995, Rozporządzenie ... 2001].

Tereny pogórnice związane z eksploatacją odkrywkową zajmują w skali kraju coraz większe powierzchnie. Na początku XXI w. powierzchnie zdegradowane i zdewastowane (powstałe w lejach depresyjnych, zawodnione, miejsca składowania urobku, a nierzadko i toksycznych odpadów przemysłowych, wysypiska miejskie) zajmowały 71473 ha [Maciak 2003]. Odtworzenie na nich pokrywy glebowej jest jednym z ważniejszych zadań ochrony środowiska. Grunty niezrekultywowane, o niewłaściwych stosunkach wodnych i wadliwych właściwościach fizycznych, chemicznych oraz biologicznych, nie są produktywne. Jako grunty zreakultywowane uznano takie, w których zabiegi technicz-

* Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gleb

ne, agrotechniczne i biologiczne pozwalają na ich zagospodarowanie do celów gospodarki rolnej lub leśnej [Ustawa ... 1995].

Torflowiska, ze względu na swoje szczególne walory środowiskowe i unikalny charakter flory i fauny w wielu przypadkach objęte są różnymi formami ochrony. Torflowiska wysokie należą do jednych z najbardziej zagrożonych ekosystemów Europy. Wyrazem obaw i troski o ich zachowanie jest umieszczenie tych ekosystemów w programie sieci Natura 2000, jako siedlisk przyrodniczych „ważnych dla Europy” o znaczeniu priorytetowym [Dyrektywa ... 1992]. Jednak ze względów gospodarczych, niektóre złoża torfu są eksploatowane. W Polsce, w 2006 roku były udokumentowane 152 złoża przydatne do eksploatacji przemysłowej torfu, o łącznej powierzchni 2938,48 ha. Z tej liczby 23 torflowiska (2152,81 ha) położone są na obszarach sieci Natura 2000 [Pietrzyk-Sokulska i Henclik 2009].

Tereny poeksploatacyjne złóż kopalin, w przeciwieństwie do zajętych przez budownictwo czy drogownictwo, dają niepowtarzalną szansę na przywrócenie w nich pierwotnych warunków środowiskowych. Rekultywacja pozwala na przeznaczenie takich obszarów na potrzeby produkcji rolniczej i leśnej. Działania zmierzające do odtworzenia naturalnych, torfotwórczych zbiorowisk roślinnych na torflowiskach wyeksploatowanych przez zakłady górnicze określane są terminem renaturyzacji. Moment zakończenia tego procesu, czyli pełny powrót do torfotwórczych zbiorowisk roślinnych na torflowisku i rozpoczęcie procesu tworzenia się torfu, określamy jako regeneracja [Ilnicki 2002]. Zjawiska samoczynnej renaturyzacji torflowisk na obszarach pogórnich opisuje Ilnicki [1996], Trąba i in. [2004], Urban i in. [2005]. Stąd, na etapie projektowania i dokumentowania złóż torfu, najczęściej określa się „wodny” kierunek ich rekultywacji, mający na celu renaturyzację pierwotnego środowiska [Zaprzełski i Bieniek 2006, 2008a, 2008b].

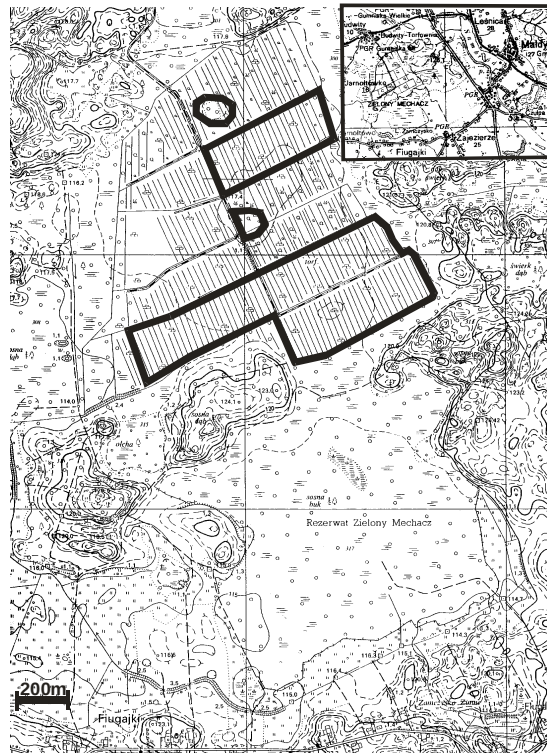
W pracy przeanalizowano przebieg rekultywacji terenu po eksploatacji torfu kopalni „Budwity” w kierunku odtworzenia procesu torfotwórczego.

Charakterystyka obiektu badań

Torflowisko „Budwity” (ok. 333 ha) położone jest we wschodniej części Pojezierza Iławskiego, w pasie moren czołowych fazy pomorskiej zlodowacenia Wisły [Kondracki 1998]. Usytuowane jest na terenie gminy Małdyty w województwie warmińsko-mazurskim. Wytworzyło się w niecce morenowej poprzez zładowanie płytkiego Jeziora Czarnego. W otoczeniu niecki znajdują się nieprzepuszczalne pokłady gliny zwałowej o miąższości do 20 m, które izolują torflowisko od wód powierzchniowych i podziemnych. W spągu torflowiska występują pokłady gytii detrytusowej (0,3-6,6 m), na której wykształciły się

płytkie torfy szuwarowe i turzycowiskowe. Strop buduje gruba warstwa (4,5 m) torfu mszarnego wysokiego, torfowcowego [Pawluczuk, Gotkiewicz 2000].

Powierzchnia torfowiska od 1962 roku podzielona jest na dwie części. W północnej zlokalizowano kopalnię torfu „Budwity” (rys. 1). Południową stanowi rezerwat przyrody „Zielony Mechacz” (94,3 ha), powołany w celu ochrony reliktywnej maliny moroszki (*Rubus chamaemorus*). Został on zatwierdzony przez Komisję Europejską jako specjalny obszar ochrony siedlisk (PLH 280010) w ramach sieci Natura 2000. Rezerwat nie posiada własnej sieci wodnej, ale rów melioracyjny w sąsiedztwie z kopalnią osusza jego brzeżną strefę, co przyczyniło się do rozwoju w niej nietorfotwórczych zbiorowisk leśnych, głównie boru bagiennego (*Vaccinio uliginosi-Pinetum*). Środkowa część rezerwatu nie jest odwadniana i porasta ją roślinność charakterystyczna dla torfowiska wysokiego [Pisarek i Polakowski 2001, Pawluczuk i Pisarek 2009].



Rys. 1. Torfowisko „Budwity”. Północna część z siecią rowów odwadniających była eksploatowana, część południowa jest chroniona jako rezerwat przyrody „Zielony Mechacz”

Fig. 1. The "Budwity" peat bog. The northern part with a network of drainage ditches was used for peat extraction, the southern part is protected as the "Zielony Mechacz" nature reserve

Dla części torfowiska objętej kopalnią sporządzono dokumentację geologiczną złoża (w roku 1962 i 1996) z planem ruchu [Turowski 1996]. Udokumentowano złoża torfu torfowcowego oraz mszysto-torfowcowe, o średnim i niskim stopniu rozkładu. Odczyn jego jest silnie kwaśny (pH 3,5-4,0). W części stropowej złoża, torf (wysoki) charakteryzował się korzystnymi parametrami jakościowymi i nadawał się do wykorzystania na cele ogrodnicze. W warstwach spągowych zalegały torfy przejściowe i niskie o wyższym stopniu rozkładu. Charakterystyczne było też występowanie dużej liczby pni, które utrudniały wydobywanie torfu. Eksploatację złoża torfu prowadzono metodą odkrywkową. Bezpośrednio przed wydobywaniem kopaliny, obniżano poziom wód gruntowych rowami melioracyjnymi. W sumie wykopano ponad 220 rowów o długości od 50 do 300 m, głębokości 0,7-0,9 m i rozstawie 20 m (rys. 1). Pola eksploatacyjne ograniczone były rowami zbierającymi o głębokości 0,9-1,1 m i szerokości 1 m. Istniejący system odwadniający pozwalał na grawitacyjne odwodnienie złoża. Poziom wód gruntowych utrzymywany był 0,5 m poniżej powierzchni terenu. Eksploatację złoża prowadzono metodą frezowania, skrawano cienkie warstwy (kilkudziesięciu mm), rocznie o około 20 cm. Po wyeksploatowaniu torfu, w latach 2005-2009 zakończono działalność górniczą i wykonano rekultywację terenu zgodnie z projektem, w kierunku renaturyzacji złoża, umożliwiającym wznowienie procesu torfotwórczego [Turowski 1996].

Zakres i metodyka badań

Badaniami objęto tereny wyeksploatowanego złoża torfu kopalni „Budwity”, poddane rekultywacji, stanowiące pola poeksploatacyjne (45,75 ha) (rys. 1). W 2009 roku przeprowadzono badania terenowe, sporządzając opisy szaty roślinnej i fotograficznie dokumentując stan obiektu. Na trzech typowych powierzchniach 15 lipca 2009 r. wykonano zdjęcia fitosocjologiczne metodą Braun-Blanqueta (tab. 2). Powierzchnia A to zawodniona dolinka, powierzchnia B to płaski teren odsłoniętego torfu, a powierzchnia C to piaszczyste wyniesienie. Obserwacje uzupełniono badaniami laboratoryjnymi torfu, które przeprowadzono według metod opisywanych przez Sapek i Sapek [1997]:

- ustalono warunki powietrzno-wodne w profilach glebowych;
- popielność przez spalanie próbek glebowych w temp. 550°C;
- porowatość ogólną wyliczono z gęstości objętościowej i zawartości materii organicznej;
- pH w H₂O i KCl o stężeniu 1 mol·dm⁻³ – metodą potencjometryczną;
- oznaczono zawartość azotu ogółem i węgla organicznego.

Wyniki badań

Morfologia i właściwości gleb. W trakcie badań stwierdzono, że teren zrehabilitowanych pól poeksploatacyjnych kopalni „Budwity” jest stosunkowo płaski. W obrębie wyrobiska potorfowego powierzchnię wyrównano mechanicznie (lokalnie występują niewielkie zawodnione dolinki i wyniesienia) oraz oczyszczono z zalegających w złożu pni, a rowy odwadniające zasypano. W wyniku odsłonięcia spągowych warstw złoża, powstały płytkie gleby torfowe o miąższości warstwy organicznej (torfy przejściowe i niskie) ok. 50 cm (fot. 1). Podłożem ich jest utwór mineralny, najczęściej piasek, rzadziej gytia detrytusowa. Profil glebowy jest znacznie uwodniony, miejscami w lokalnych dolinkach z wodą stagnującą na powierzchni.



Fot. 1. Odsłonięta powierzchnia spągowego torfu – poziom wody gruntowej przy powierzchni terenu. Dobre warunki do regeneracji procesu torfotwórczego po rekultywacji technicznej

Photo 1. Exposed surface of bottom peat layer – the ground water level is close to the surface. After technical stage of reclamation there are proper conditions to commence the peat-forming process

W większości (>50%), obszar pokryty jest wielogatunkową roślinnością torfotwórczą (fot. 2). Torfy poziomu powierzchniowego mają strukturę włóknistą, są powiązane siatką korzeni roślin, a miejscami wykazują cechy luźno złożonego, rozsypującego się murszu torfiastego.

Porównując warstwy torfogene gleb rezerwatu „Zielony Mechacz” z terenami zrehabilitowanego wyrobiska potorfowego, stwierdzono, że właściwości utworów powierzchniowych nieznacznie się różnią (tab. 1). W spągowych warstwach torfów odsłoniętych eksploatacją, popielność jest 2-krotnie większa od

naturalnego złoża w rezerwacie. W obu przypadkach porowatość ogólna przekracza 90%, i świadczy o dużej pojemności wodnej tych utworów. Powierzchniowe zawodnienie w lokalnych dolinkach powoduje, że wilgotność aktualna dorównuje porowatości ogólnej. Na obszarze całego torfowiska „Budwity” odczyn torfów jest silnie kwaśny. W stosunku do rezerwatu, odsłonięte torfy w wyrobisku poeksploatacyjnym, charakteryzują się wyższym odczynem i zawartością N-ogólnego oraz niższą C-organicznego. Stosunek C:N jest istotnym wskaźnikiem przemian materii organicznej. Zarówno w przypadku gleb na terenie rezerwatu, jak i w wyrobisku potorfowym jest on bardzo szeroki i wynosi 46, 72-56, 79. Tak szeroki stosunek C:N świadczy, że istniejące warunki w tych siedliskach nie sprzyjają przemianom materii organicznej i mineralizacji organicznych związków azotu. Nieznacznie korzystniejsze warunki do mineralizacyjnych przemian azotu w glebach pól poeksploatacyjnych kopalni niż rezerwatu, wynikają z odmiennych rodzajów torfu. Eksploatując złoża odsłonięto bowiem spągowe torfy niskie i przejściowe.



Fot. 2. Wypełnione wodą dolinki pokryte trzciną pospolitą (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud) i torfowcem spiczastolistnym (*Sphagnum cuspidatum* Ehrh. ex Hoffm.)

Photo. 2. Hollows filled with water are overgrown with common reed (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud) and peatmoss (*Sphagnum cuspidatum* Ehrh. ex Hoffm.)

Specyfiką zrehabilitowanych terenów kopalni „Budwity” są nierówności mineralnego podłoża, podścielającego pokłady torfu. Sprawia to, że miąższość

pozostawionej warstwy torfu na terenach zrehabilitowanych nie jest jednolita, podobnie i podścielającej gytii detrytusowej. Miejscami mineralne podłoże wynurza się z płaskiej powierzchni w formie grądów i wyniesionych wysp mineralnych. Na terenach tych eksploatację zakończono wcześniej, pozostawiono na nich kilkunastocentymetrową warstwę torfu, przez co nabyły one już właściwą aktywność biologiczną. Na powstałych grądach wytworzyły się gleby murszowate w podtypie mineralno-murszowych, murszowatych właściwych i murszastych. Porasta je trwała, wieloletnia roślinność trawiasto-zielna i w istniejącym stanie, bez rekultywacji, są naturalnymi użytkami zielonymi (ekstensywnymi pastwiskami).

Tab. 1. Właściwości poziomu powierzchniowego gleb torfowiska „Budwity“

Tab. 1. Soil properties of surface horizon of the "Budwity" peat bog

Wyszczególnienie Specification	*Rezerwat „Zielony Mechacz” "Zielony Mechacz" nature reserve	Powierzchnie zrehabilitowane (średnio) Reclaimed areas (mean values)
Popielność (%); Ash content (%)	4,2	8,5
Porowatość ogólna (% obj.); Total porosity (% vol.)	94,80	90,21
Wilgotność aktualna (% obj.); Sample-time moisture content (% vol.)	94,80	90,21
pH w H ₂ O; pH in H ₂ O	3,51	4,42
pH w 1 mol KCl·dm ⁻³ ; pH in 1 mol KCl·dm ⁻³	3,11	3,81
N-ogólny (%); N-total (%)	0,978	1,108
C-organiczny (%), C-organic (%)	55,54	51,77
C:N	56,79	46,72

* za Pawluczuk i Pisarek [2009]

W miejscach po nasypach kolejki, torf jest ubity, a w miejscach po zasypanych rowach odwadniających pulchny. Dlatego poziom wody gruntowej jest zróżnicowany, pomimo prawie płaskiego terenu. Stąd na badanym rekultywowanym torfowisku, można wyróżnić miejsca obniżone, wypełnione wodą. Są to zasypane torfem rowy i najniżej położone kwatery. W ich otoczeniu poziom wody jest zbliżony do powierzchni terenu. Niektóre kwatery mają jednak poziom wody poniżej powierzchni terenu (-0,2-0,5 m). Torf jest tam przesuszony, a latem znacznie nagrzewa się, gdyż tylko w nieznacznym stopniu pokryty jest roślinnością.

Szata roślinna. W wypełnionych wodą obniżeniach masowo występuje torfowiec szpiczastolistny (*Sphagnum cuspidatum* Ehrh. ex Hoffm.), (fot. 3B). Towarzyszy mu kilka gatunków hydrofitów, m.in. welnianka wąskolistna

(*Eriophorum angustifolium* Honck.), trzcina pospolita (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud). Na obrzeżach, gdzie poziom wody jest zbliżony do powierzchni terenu pojawiają się mchy torfowce, m.in. torfowiec magellański (*Sphagnum magellanicum* Brid.), torfowiec kończysty (*S. fallax* (Klinggr.) Klinggr.). Można tam też spotkać gatunek chroniony – rosiczkę okrągłolistną (*Drosera rotundifolia* L.), (fot. 3D). Właśnie tam panują najlepsze warunki do regeneracji procesu torfotwórczego (fot. 3C). Zupełnie odmienne warunki panują w miejscach gdzie poziom wody gruntowej zalega głębiej od 20 cm, a często jest ok. 50 cm poniżej powierzchni terenu. Rośliny pokrywają tylko ok. 30% powierzchni, a resztę stanowi odsłonięty torf.

Tab. 2. Szata roślinna rekultywowanych powierzchni torfowiska „Budwity”

Tab. 2. Plant cover developed on reclaimed areas of the “Budwity” peat bog

Badane powierzchnie – Investigated sample plots	A	B	C
Powierzchnia zdjęcia – Area of record [m ²]	10	40	100
Pokrycie warstwy krzewów (b) – Cover of shrubs [%]	0	0	35
Pokrycie warstwy zielnej (c) – Cover of herbaceous plants [%]	5	30	100
Pokrycie warstwy mszystej (d) – Cover of bryophytes [%]	80	3	0
Poziom wody – Water level [m] (zakres – range)	+ 0,1 + 0,2	- 0,3 - 0,5	- 1,0 - 1,5
Liczba gatunków w zdjęciu – Number of species in the record	14	16	12
Ch. Scheuchzerio-Caricetea nigrae			
<i>Eriophorum angustifolium</i>	1	+	·
<i>Sphagnum cuspidatum</i> (d)	5	·	·
<i>Carex nigra</i>	+	1	·
<i>Carex canescens</i>	+	·	·
<i>Agrostis stolonifera</i>	+	·	·
Ch. Oxycocco-Sphagnetes			
<i>Eriophorum vaginatum</i>	+	2	·
<i>Drosera rotundifolia</i>	·	+	·
<i>Sphagnum magellanicum</i> (d)	+	+	·
<i>Polytrichum strictum</i> (d)	·	1	·
Gatunki pozostałe – Other species:			
<i>Pinus sylvestris</i> (b)	·	·	1
(c)	·	+	·
<i>Betula pendula</i> (b)	·	·	3
(c)	·	+	·
<i>Betula pubescens</i> (b)	·	·	+
(c)	·	+	·
<i>Frangula alnus</i> (b)	·	·	1
(c)	·	+	·
<i>Quercus robur</i> (c)	·	+	+

<i>Rubus idaeus</i> (b)	.	.	1
<i>Calamagrostis epigeios</i>	.	.	4
<i>Molinia caerulea</i>	.	1	.
<i>Carex gracilis</i>	+	+	.
<i>Phalaris arundinacea</i>	+	.	.
<i>Glyceria fluitans</i>	+	.	.
<i>Calluna vulgaris</i>	.	+	1
<i>Phragmites australis</i>	1	.	.
<i>Juncus conglomeratus</i>	+	.	.
<i>Juncus effusus</i>	+	.	.
<i>Hieracium pilosella</i>	.	.	1
<i>Tussilago farfara</i>	.	.	+
<i>Cirsium vulgare</i>	.	.	+
<i>Tanacetum vulgare</i>	.	.	1
<i>Festuca rubra</i>	.	.	2
<i>Sphagnum fallax</i> (d)	+	.	.
<i>Leptobryum pyriforme</i> (d)	.	+	.
<i>Polytrichastrum longisetum</i> (d)	.	+	.



A



B



C



D



E



F

A - Mchy torfowce kolonizują odsłonięty torf; B - *Sphagnum cuspidatum* w zawodnionej dolince; C - Odpowiedni poziom wody dla regeneracji procesu torfotwórczego; D - Rosiczka okrągłolistna (*Drosera rotundifolia*) na regenerowanej powierzchni torfowiska; E - Przesuszonej powierzchni torfowej. Za sucha do regeneracji procesu torfotwórczego. Kępy wełnianki pochwowatej (*Eriophorum vaginatum*); F - Mineralny grządzik (pagórek) odsłonięty w wyniku eksploatacji torfu;

A - *Sphagnum* mosses encroaching on bare peat; B - *Sphagnum cuspidatum* in waterlogged hollow; C - Proper water level for peat-forming process; D - *Drosera rotundifolia* on peat surface; E - Overdried peat surface - too dry for peat-forming process. Tussocks of *Eriophorum vaginatum*; F - Mineral (sandy) hummock exposed as a result of peat excavation.

Fot. 3. Roślinność zrehabilitowanego terenu

Photo 3. Plant cover of the reclaimed area

Kępami rośnie wełnianka pochwowata (*Eriophorum vaginatum* L.), (fot. 3E), a pojawiają się także inne gatunki, w tym siewki drzew i krzewów i gatunki segetalne. Pojawiają się tam mchy torfowce (fot. 3A), lecz ich udział jest znikomy, a częściej występują mchy brunatne: płonnik cienki (*Polytrichum strictum* Brid.), zgliszczyn gruszkowaty (*Leptobryum pyriforme* (Hedw.) Wils.), złotowłos wysmukły (*Polytrichastrum longisetum* (Brid.) G.L. Smith.). Sukcesja roślinna na mineralnych wyniesieniach rozpoczęła się wcześniej, gdyż miejsca te zostały odsłonięte w wyniku eksploatacji torfu na początku pracy kopalni. W jej wyniku pojawiły się gatunki drzew i krzewów: sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris* L.), brzoza brodawkowata (*Betula pendula* Ehrh.), brzoza omszona (*B. pubescens* Ehrh.), kruszyna pospolita (*Frangula alnus* Mill.) i inne (fot. 3F). W warstwie zielonej dominuje trzcinnik piaskowy (*Calamagrostis epigejos* (L.) Roth). Dalsza ewolucja takich miejsc zmierzać będzie w kierunku wykształcenia zbiorowisk leśnych.

Podsumowanie

Dla regeneracji procesu torfotwórczego na badanym obiekcie, zasadnicze znaczenie ma położony w jego sąsiedztwie rezerwat przyrody „Zielony Mechacz”, który jest torfowiskiem wysokim (bór bagienny, brzezina bagienna, małe płyty mszaru wysokotorfowiskowego). Występujące tam gatunki roślin torfotwórczych mają możliwość kolonizacji odsłoniętych warstw torfu na renaturyzowanych powierzchniach pokopalnianych. Należy także zauważyć, że spągowe warstwy torfu wykazują większą żyzność niż warstwy stropowe. Jest to typowe zjawisko w stratygrafii torfowisk wysokich, a jednocześnie eksploatacja torfu prowadzi do mieszania warstw torfu z mineralnym podłożem. Dlatego wśród roślin kolonizujących obszar po eksploatacji, często występują gatunki o wyższych wymaganiach troficznych, właściwe dla torfowisk przejściowych i niskich. Dla badanego obiektu niebezpieczeństwem jest zbyt niski poziom wody gruntowej na niektórych rekultywowanych powierzchniach. Może to prowadzić do degradacji torfu i ekspansji gatunków segetalnych. Dlatego zasadniczym zadaniem jest utrzymanie poziomu wody możliwie blisko powierzchni terenu. Można to realizować środkami technicznymi, jak groble, zastawki.

Na podstawie obecnego stanu obiektu można wnioskować, że ponownie wytworzy się kopuła torfu wysokiego (typu atlantyckiego), bazującego na ombrogenicznym typie zasilania hydrologicznego. Związane jest to ze zdolnościami do magazynowania wód opadowych w wyspecjalizowanych komórkach żywych torfowców i uniezależnienie się ich od wód gruntowych. Stąd, uwzględniając obserwacje i wyniki badań laboratoryjnych, stwierdza się, że w rozumieniu Ustawy o ochronie gruntów rolnych i leśnych [Ustawa ... 1995], zrehabilitowane grunty torfowiska uzyskały już niezbędną aktywność biologiczną i mogą być przywrócone do funkcji rolnej lub leśnej. Nastąpiło bowiem odpowiednie ukształtowanie rzeźby terenu, zostały ustabilizowane właściwości fizyczne i chemiczne, ukorzeniły się pionierskie zbiorowiska roślinne, odtworzyły się zatem gleby organiczne.

Literatura

1. BENDER J.: *Rekultywacja terenów pogórnich w Polsce*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 418: 75-86, 1995
2. DYREKTYWA RADY 92/43/EWG z dnia 21 maja 1992 r. o ochronie naturalnych siedlisk oraz dziko żyjącej fauny i flory (*Dyrektywa Siedliskowa*).
3. ILNICKI P.: *Spontaniczna renaturalizacja wyeksploatowanych torfowisk wysokich*. Prz. Przyr. 7(3-4): 113-127, 1996
4. ILNICKI P.: *Torfowiska i torf*. Wyd. AR w Poznaniu. ss. 606, 2002

5. KONDRACKI J.: Geografia regionalna Polski. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, ss. 441, 1998
6. MACIAK F.: *Ochrona i rekultywacja środowiska*. Wyd. SGGW Warszawa, ss. 466, 2003
7. PAWLUCZUK J., GOTKIEWICZ J.: *Charakterystyka warunków siedliskowych torfowiska Zielony Mechacz na Pojezierzu Iławskim*. Biul. Nauk. UWM w Olsztynie, 9: 121-133, 2000
8. PAWLUCZUK J., PISAREK W.: *Changes in habitat conditions and flora of the „Budwity” peat bog caused by water relation disorders and the possibilities of renaturation*. [W]: Wetlands – their functions and protection. A. Łachacz (Ed.) University of Warmia and Mazury in Olsztyn: 139-156, 2009
9. PISAREK W., POLAKOWSKI B.: *Szata roślinna rezerwatu „Zielony Mechacz” i problemy związane z jego ochroną*. Acta Botanica Warmiae et Masuriae 1: 71-101, 2001
10. PIETRZYK-SOKULSKA E., HENCLIK A.: *Złóża kopalin w obrębie sieci Natura 2000*. Prz. Geol. 57(10): 883-889, 2009
11. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 grudnia 2001 r. w sprawie bilansowości złóż kopalin (Dz. U. 2001.153.1774 – z późniejszymi zmianami)
12. SAPEK A., SAPEK B.: *Metody analizy chemicznej gleb organicznych*. Materiały Instruktażowe, Wyd. IMUZ Falenty, 115: 1-80, 1997
13. TRĄBA C., WÓJCIKIEWICZ M., WOLAŃSKI P.: *Samorządna renaturalizacja torfowiska „Brodusurki” na Pogórzu Dynowskim*. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 4: 363-377, 2004
14. TUROWSKI M.: *Projekt rekultywacji potorfi na złożu „Budwity”, gm. Małdyty, woj. olsztyńskie, 1996. (maszynopis)*
15. URBAN D., DOMŻAŁ H., POTAKIEWICZ G.: *Walory przyrodnicze terenów po eksploatacji torfu na przykładzie kopalni w pobliżu Dubeczna (Pojezierze Łęczyńsko-Włodowskie)*. Mat. Konf. „Rekultywacja Środowisk Zdegradowanych”, Lublin 30-31.08.2005, s. 87-97
16. Ustawa z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych (Dz. U. 95.16.78 – z późniejszymi zmianami)
17. ZAPRZEŁSKI Z., BIENIEK A.: *Projekt prac geologicznych dla udokumentowania dokumentacją geologiczną w kat. C₁ złoża torfu i kredy jeziornej „Poborowo”, gm. Lubomino, powiat lidzbarski, woj. warmińsko-mazurskie, 2006. (maszynopis)*
18. ZAPRZEŁSKI Z., BIENIEK A.: *Dokumentacja geologiczna złoża torfu „Frąknowo” w kat. C₁, gm. Nidzica – obszar wiejski, powiat nidzicki, woj. warmińsko-mazurskie, 2008a. (maszynopis)*
19. ZAPRZEŁSKI Z., BIENIEK A.: *Projekt prac geologicznych dla udokumentowania dokumentacją geologiczną w kat. C₁ złoża torfu „Frąknowo”, gm.*

Nidzica – obszar wiejski, powiat nidzicki, woj. warmińsko-mazurskie, 2008b. (maszynopis)

RECLAMATION OF POSTMINING AREAS OF THE "BUDWITY" PEAT EXCAVATION

S u m m a r y

The paper describes the reclamation of post-mining areas of the "Budwity" peat excavation. As a result of peat extraction, the bottom layer of peat was exposed. The shallow peat soils developed from transition and low peats of thickness ca. 50 cm. The underlying material composes sand or rarely detrital gyttja. Soils are wet, and in local hollows water overflows the surface. The best conditions for peat-forming process are in filled with water hollows and their edges where water level is close to the surface.

Key words: raised bog, peat extraction, reclamation of surface excavation, plant succession

TADEUSZ CHRZAN***WĘGIEL BRUNATNY SZANSĄ DLA SPOŁECZEŃSTWA
WOJEWÓDZTWA LUBUSKIEGO***Streszczenie*

Podano i omówiono wielkość wydobycia węgla brunatnego w Polsce do 2040 r. Z analizy wynika, że kolejne złoża się wyczerpują i należy uruchamiać nowe kopalnie na nowych złożach. Nowe duże złoża węgla brunatnego znajdują się w Województwie Lubuskim w miejscowości Gubin-Mosty-Brody. Energia elektryczna produkowana z węgla brunatnego jest najtańsza. Stwierdzono, że posiadamy w kraju wykwalifikowany personel i przedsiębiorstwa, które mogą zbudować kopalnie i potrzebne maszyny.

Słowa kluczowe: węgiel brunatny, kopalnie odkrywkowe, energia elektryczna

Wstęp

Obecnie w Polsce wydobywa się węgiel brunatny w Kopalni Węgla Brunatnego Bełchatów, Turów, Konin, Adamów. Dotychczasowe złoża stopniowo się wyczerpują a niektóre w kopalni jak Adamów najbliższej przyszłości zostaną zamknięte. Spowoduje to, że nastąpi zmniejszenie produkcji energii elektrycznej na bazie węgla brunatnego. Dla utrzymania dotychczasowych wyników wydobycia górnictwa, a także dla wytworzenia takiej samej ilości energii elektrycznej z węgla brunatnego zachodzi potrzeba przystąpienia do budowy nowej kopalni i elektrowni w regionie Lubuskim. Nowa kopalnia powstałaby na złożu węgla brunatnego w miejscowościach Gubin-Mosty-Brody [GMB]. Ilość zużywanej energii elektrycznej jest u nas mała w porównaniu z Czechami i Niemcami a ponieważ będziemy podnosić swój poziom życia to ilość zużywanej energii elektrycznej na jednego mieszkańca będzie wzrastać. Spowoduje to większe jej zapotrzebowanie a tym samym budowę dodatkowych elektrowni, atomowych oraz na węgiel brunatny wydobywany ze złoża Legnica. W najbliższych latach w Polsce prognozuje się wzrost zużycia energii elektrycznej. Róż-

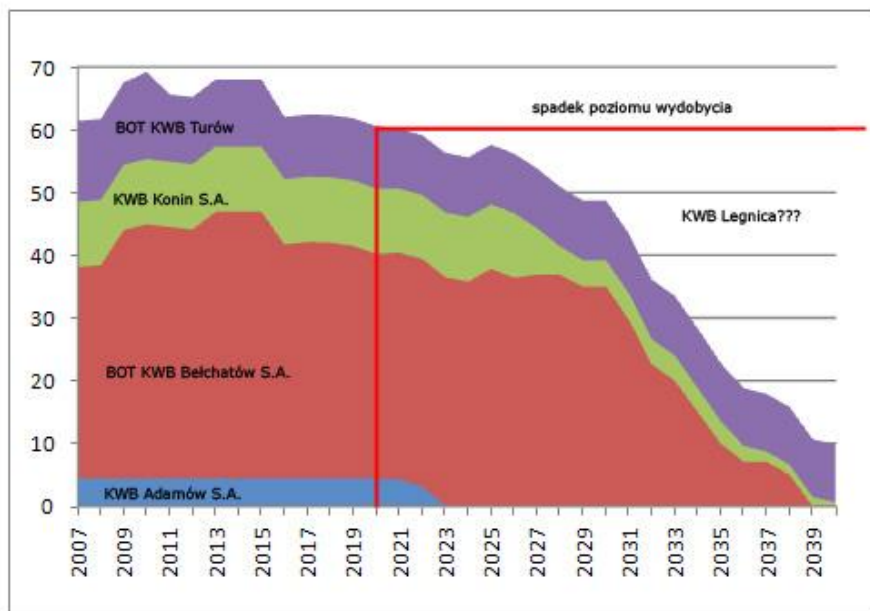
* Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Środowiska, Zakład Hydrologii i Geologii Stosowanej

nice polegać mogą jedynie na wielkości tego wzrostu. Dotychczasowe programy rządowe dla energetyki mówią o wzroście zapotrzebowania na energię elektryczną do 2025 roku od 70% do 90%. Zwiększanie produkcji energii elektrycznej występuje nie tylko w Polsce, ale jest tendencją światową. Według danych EURACOAL w Krajach Unii Europejskiej planowany jest wzrost produkcji energii elektrycznej do 2030 roku dochodzący do 50%.

Prognozowanie wydobywania węgla brunatnego

W Polsce wydobywa się obecnie corocznie około 60 mln Mg węgla brunatnego. Obecny poziom wydobywania będzie utrzymywał się tylko do 2022 roku. Po tym okresie nastąpi spadek wydobywania węgla brunatnego w Polsce, co spowoduje wzrost ceny energii elektrycznej. W związku z tą sytuacją należy podjąć działania w celu eksploatacji nowych złóż węgla brunatnego. Wśród dużych polskich złóż węgla brunatnego do zagospodarowania proponowane są złoża węgla brunatnego położone w rejonie Legnicy (14,5 miliarda ton) oraz złożo Gubin-Mosty-Brody 4,2 miliarda ton. Złożo Gubin-Mosty-Brody (GMB) położone jest przy granicy z Niemcami. Po stronie niemieckiej na tym samym złożu w kopalni Janschwalde wydobywa się 15 milionów ton węgla rocznie który jest spalany w elektrowni o mocy 3000 MW [Kasztelewicz 2008]. Dla porównania w złożu Bełchatów pozostało jeszcze do wydobywania około miliarda ton. Aby utrzymać wydobywanie węgla brunatnego i ceny energii elektrycznej na dotychczasowym poziomie to należy do 2022 r. wybudować nową kopalnię i elektrownię GMB ponieważ w 2022 r. jak wynika z poniższego rysunku nr.1 kopalnia Adamów zakończy wydobywanie. Następna znacznie większa kopalnia węgla brunatnego Legnica i elektrownia Legnica powinna być uruchomiona około 2030r.kiedy to kopalnia Konin i Bełchatów oraz ich elektrownie znacznie zmniejszą wydobywanie węgla i produkcję energii elektrycznej z węgla brunatnego. Budowa nowych kopalń węgla brunatnego i elektrowni ma olbrzymie znaczenie dla polskiej energetyki tak aby mogły one w przyszłości zastąpić produkcję energii elektrycznej pochodzącej z dziś eksploatowanych rejonów. Planowane do uruchomienia kopalnie mogą przez długie lata dostarczać surowiec do produkcji taniej energii elektrycznej oraz zapewnić naszemu krajowi bezpieczeństwo energetyczne. Cykl budowy kopalni i elektrowni wynosi około 12 lat. Dlatego też budowę kopalni GMB należy rozpocząć się jak najszybciej, aby zapewnić utrzymanie po roku 2022 wydobywania węgla brunatnego co najmniej na poziomie 60 mln Mg na rok. Podobnie jak w Niemczech można tu wybudować kopalnię o wydobywaniu 15 milionów ton rocznie i mocy 3000 MW.

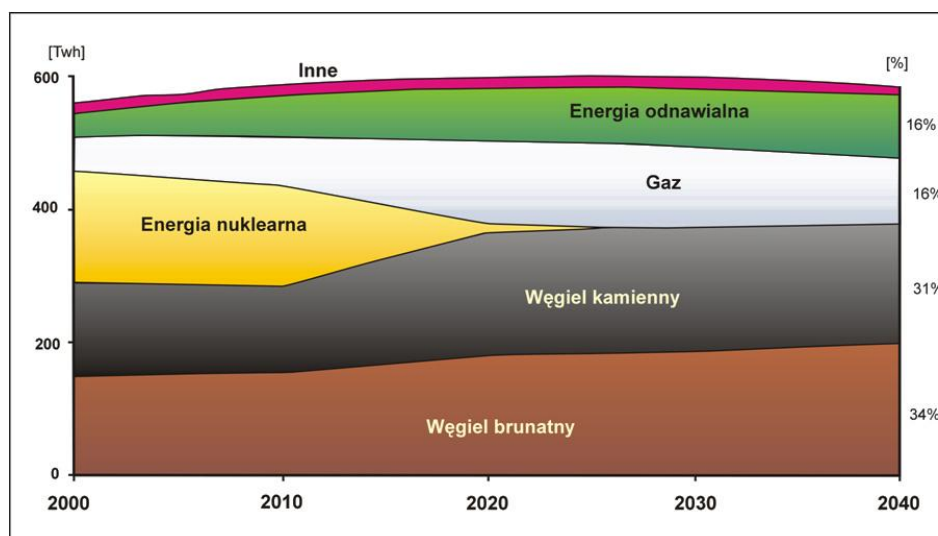
Prognozowane wydobycie węgla brunatnego w polskich kopalniach odkrywkowych
w mln Mg



Rys 1. Prognozowane wydobycie węgla brunatnego w Polsce, oś x lata, oś y miliony ton

Fig. 1. Prediction of brown coal mining in Poland, x-axis –years, y-axis-millions tons
[Porozumienie Producentów Węgla Brunatnego, 2006, Materiały Komitetu Sterującego]

Mogą się rodzić wątpliwości czy postępujemy słusznie dlatego popatrzmy jak to robią sąsiedzi. Dla przykładu Niemcy nasz zachodni sąsiad pomimo wysokiego udziału węgla brunatnego w wytwarzaniu energii elektrycznej, z czasem udział ten stopniowo wzrasta. W kraju tym pomimo lepiej zdywersyfikowanych dostaw surowców energetycznych planuje się dalszy rozwój energetyki na węglu brunatnym. Buduje się nowe elektrownie i modernizuje istniejące, które spełniają wymagania ochrony środowiska. Struktura produkcji energii elektrycznej w Niemczech do roku 2040 przedstawiona jest na rys. 2. Zmniejsza się udział energii jądrowej a zwiększa udział energii odnawialnej i węgla brunatnego.



Rys 2. Struktura produkcji energii elektrycznej w Niemczech do roku 2040
 Fig. 2. The structure of electricity generation in Germany to 2040 years, x-axis- years, y-axis-watt hours number [DEBRIV 2000, Materiały Komitetu Sterującego].

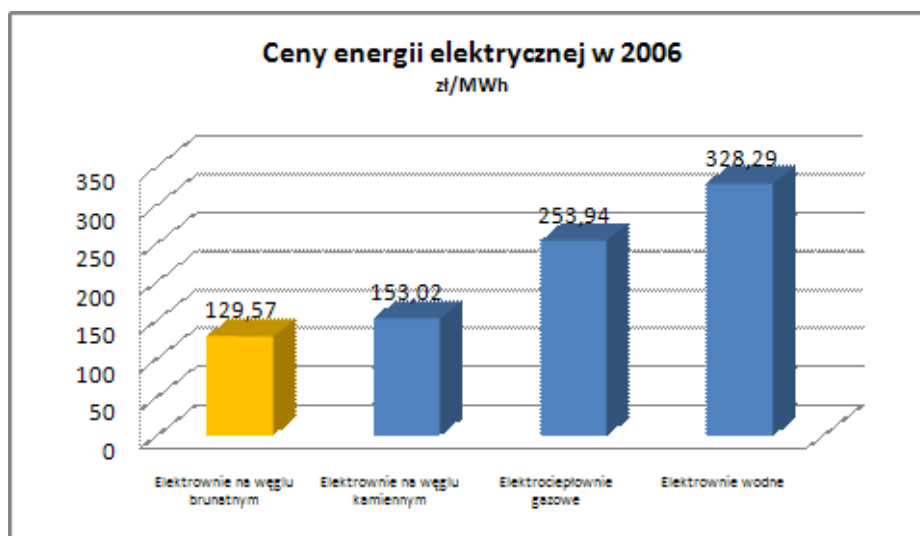
Działania Uniwersytetu Zielonogórskiego

Dla uruchomienia eksploatacji złoża węgla brunatnego w Województwie Lubuskim powstało konsorcjum składające się z kilkunastu Instytutów Naukowo-Badawczych, Wyższych Uczelni i Kopalni Węgla Brunatnego „Konin”. Konsorcjum zostało zainicjowane i zorganizowane przez przedsiębiorstwo Wydobywco Energetyczne Gubin i Uniwersytet Zielonogórski. Na czele konsorcjum stoi trzech współkoordynatorów są to Politechnika Wrocławska, Uniwersytet Ekonomiczny z Poznania oraz Uniwersytet Zielonogórski. W ramach konsorcjum Politechnika Wrocławska odpowiada za sprawy techniczne, Uniwersytet Ekonomiczny za sprawy ekonomiczne a Uniwersytet Zielonogórski doradza Przedsiębiorstwu Wydobywco Energetycznemu i odpowiada za ochronę środowiska i sprawy społeczne. Za 12 lat złoża kopalni Adamów a za 22 lata złoża kopalni Konin będą wyeksploatowane, dlatego o złożu lubuskim trzeba myśleć przyszłościowo. Realizacja inwestycji potrwa 12-15 lat. Zmniejszy się w województwie bezrobocie powstanie tysiące nowych miejsc pracy. Zwiększą się o setki milionów złotych wpływy z podatków dla samorządów. W związku z tym o zagospodarowanie złóż winny zabiegać samorządy, a nie związane konsorcjum. Przeprowadzone referenda przy niskiej frekwencji wyborczej wykazały, że większość obywateli zamieszkujących tereny gdzie planowana jest eksploatacja złóż węgla brunatnego jest przeciwna budowie kopalni odkrywkowej.

wej. Z formalnego punktu widzenia wyniki tego referendum w żaden sposób nie są dla władz wiążące. Można je potraktować jedynie jako wyrażenie opinii lokalnej społeczności. Wiadomo, że w sprawie budowy kopalni konieczna jest akceptacja społeczna. Ale informując lokalne społeczności o korzyściach i zapewniając dobre ceny podczas wykupu ziemi sądzę, że i mieszkańców Lubuskiego też uda się do budowy kopalni przekonać.

Cena energii elektrycznej produkowana z różnych surowców

Obecnie węgiel brunatny jest najtańszym paliwem do produkcji energii elektrycznej [Kasztelewicz 2008, Maksymowicz 2010]. Specjaliści przewidują, że tendencja ta utrzyma się w długim horyzoncie czasowym, ponieważ inne paliwa energetyczne w dotychczas eksploatowanych złożach wyczerpią się, a wydobywane paliwo z nowych złóż ze względu na gorsze warunki górniczo-geologiczne będzie droższe. Polska obecnie produkuje około 34% energii elektrycznej w elektrowniach opalanych węglem brunatnym o mocy około 9000 MW. Energia ta jest tańsza od energii z węgla kamiennego i innych paliw, co pokazano na rys. 3.



Rys 3 .Cena energii elektrycznej produkowana z różnych surowców

Fig. 3. Price of electricity produced from various raw materials, price from low to high, 1-minimum -brown coal power stations, 2-coal, 3-gas, 4-maximum-hydro power stations [Urząd Regulacji Energetyki 2007, Materiały Komitetu Sterującego]

Posiadamy zaplecze naukowo-projektowe oraz produkcyjne w zakresie wysoko wykwalifikowanej kadry i maszyn do eksploatacji odkrywkowej węgla brunatnego. Polscy projektanci i inżynierowie wybudowali kopalnię maszyny i urządzenia dla największej w Europie kopalni i elektrowni w Bełchatowie. Na tej podstawie można stanowczo twierdzić, że Polskie przedsiębiorstwa same mogą zbudować nowe zagłębia górniczo-energetyczne. Do wybudowanych elektrowni zastosowane zostaną nowe ekologiczne technologie bez emisji zanieczyszczeń do atmosfery oraz do produkcji brykietu.

Wnioski

- Kolejne złoża węgla brunatnego się wyczerpują i aby wielkość produkcji była na tym samym poziomie należy uruchamiać nowe kopalnie wydobywające węgiel z nowych złóż.
- Nowe duże złoża węgla brunatnego znajdują się w Województwie Lubuskim w miejscowości Gubin-Mosty-Brody oraz w rejonie Legnicy w Województwie Dolnośląskim.
- Energia elektryczna produkowana z węgla brunatnego jest najtańsza.
- Posiadamy w kraju wykwalifikowany personel i przedsiębiorstwa, które mogą same wybudować kopalnie i wyposażyć je w maszyny i urządzenia do wydobywania węgla.

Literatura

1. DEBRIV, 2000
2. KASZTELEWICZ Z.: *Energia z węgla brunatnego jest najtańsza*, Polski węgiel, 19.11.2008
3. Materiały Komitetu Sterującego AGH, dane internetowe
4. MAKSYMOWICZ A.: *Spór o brunatne złoto*, Manager 1/2010
5. Urząd Regulacji Energetyki, 2007

BROWN COAL OPPORTUNITY FOR THE PUBLIC LUBUSKIE PROVINCE

S u m m a r y

Are given and discussed the size of brown coal mining in Poland by 2040. From the analysis shows that a further deposit is exhausted and new mines to be run on new deposits. New dose of brown coal deposits are located in Lubuskie in the town of Gubin-Mosty Brody. Energy produced from brown coal is the cheapest. It was fund that in the country have qualified personnel and which companies can build mines and needed machines.

Key words: brown coal, brown coal mines, electricity

ALEKSANDER WIDUCH, MICHAŁ ĆWIAKAŁA*

WYKORZYSTANIE POPIOŁÓW LOTNYCH Z WĘGLA BRUNATNEGO W BUDOWNICTWIE KOMUNIKACYJNYM

Streszczenie

Do scharakteryzowania właściwości fizykochemicznych popiołu lotnego z węgla brunatnego obszaru konińskiego wykorzystano wyniki analizy rentgenograficznej oraz skaningowej analizy mikroskopowej. W artykule przedstawiono możliwość zastosowania aktywowanego popiołu lotnego z węgla brunatnego do produkcji hydraulicznych spoiw drogowych, a w szczególności – do stabilizowania podłoża gruntowego. Uzyskane wyniki badań nośności (CBR) oraz dynamiki narastania wytrzymałości (R_c) mieszanek gruntowo – spoiwowych potwierdzają dobrą przydatność tego materiału dla potrzeb budownictwa komunikacyjnego.

Słowa kluczowe: hydrauliczne spoiwo drogowe, aktywator magnetyczny, popiół lotny z węgla brunatnego

Wstęp

Popiół lotny jest odpadem produkcyjnym powstającym na skutek spalania węgla kamiennego lub brunatnego w kotłach energetyki zawodowej [Ćwikała i in. 2008; Pachowski 1976]. Rocznie wytwarza się miliony ton popiołu, stąd niezwykle potrzebne staje się umiejętne jego zagospodarowanie [Pachowski 2002]. Wykorzystanie popiołu lotnego jako wartościowego produktu wiąże się z poszukiwaniem procesów o wysokiej efektywności, które zapewnią uzyskanie produktu o wyższej jakości niż dotychczas stosowany produkt – nie zawierający popiołu lotnego.

Autorzy opracowania od dawna prowadzą badania mające na celu modyfikowanie (uszlachetnianie) popiołu lotnego ze spalania węgla brunatnego i zajmują się wdrażaniem nowatorskiej technologii aktywacji popiołów lotnych. Aktywację popiołów lotnych uzyskuje się poprzez wykorzystanie aktywatora magnetycznego Wapeco (rys. 1).

* Wapeco Sp. z o.o.; Zakład Geotechniki; Warszawa



Rys. 1. Aktywator magnetyczny Wapeco
Fig. 1. Magnetic activator Wapeco

Z uwagi na fakt niskiej jakości infrastruktury komunikacyjnej w Polsce, spowodowanej w dużej mierze stosowaniem materiałów, które nie zapewniają odpowiedniej wytrzymałości oraz trwałości oczywistym jest, że zapotrzebowanie na wysokiej jakości, nowoczesne materiały budowlane jest ogromne [Kraszewski 2008]. Nieodpowiednia technologia powoduje także, że infrastruktura komunikacyjna nie jest dostosowana do obciążeń, które faktycznie na niej występują. Głównym zadaniem, jakie stoi obecnie przed przedsiębiorcami jest poszukiwanie materiałów, które będą w stanie zapewnić wysoką jakość konstrukcji, lepszą wytrzymałość i mniejszą podatność na czynniki zewnętrzne.

Proces ulepszania materiałów odpadowych w postaci zmodyfikowanego popiołu lotnego jest jednym ze sposobów jego utylizowania, przy jednoczesnym wykorzystaniu tego produktu jako, m.in., głównego składnika hydraulicznych spoiw drogowych, a w szczególności – materiału stabilizującego warstwy konstrukcji nawierzchni drogowych [Aprobata techniczna... 2009].

Materiały i metodyka badań

Zakres badań obejmował przede wszystkim określenie składu fazowego, składu chemicznego oraz morfologii nieaktywowanego popiołu lotnego z węgla brunatnego. Badania te przeprowadzono przy użyciu dyfraktometru rentgenowskiego oraz skaningowego mikroskopu elektronowego SEM.

W celu określenia parametrów mechanicznych mieszanek gruntowo – spoiwowych wykonano badania nośności (CBR) oraz wytrzymałości (R_c). Badania przeprowadzono na 7 charakterystycznych gruntach z dodatkiem aktywowanego popiołu lotnego, będącego głównym składnikiem drogowego spoiwa hydraulicznego.

Grunty użyte do badań różniły się zasadniczo wskaźnikiem różnoziarnistości, zawartością frakcji pyłowej oraz zawartością frakcji iłowej, a były to:

- 1) pospółka (Po) o wskaźniku różnoziarnistości $U=6,3$, zawartości frakcji pyłowej $f_p=3,5\%$ i zawartości frakcji iłowej $f_i=1,5\%$,
- 2) piasek średni (Pś-1) o wskaźniku różnoziarnistości $U=1,8$, zawartości frakcji pyłowej $f_p=0,5\%$ i zawartości frakcji iłowej $f_i=0\%$,
- 3) glina (G) o wskaźniku różnoziarnistości $U=26,1$, zawartości frakcji pyłowej $f_p=49\%$ i zawartości frakcji iłowej $f_i=12\%$,
- 4) pospółka gliniasta (Pog-1) o wskaźniku różnoziarnistości $U=131,6$, zawartości frakcji pyłowej $f_p=21,7\%$ i zawartości frakcji iłowej $f_i=5,7\%$,
- 5) piasek gliniasty (Pg) o wskaźniku różnoziarnistości $U=51,1$, zawartości frakcji pyłowej $f_p=19,9\%$ i zawartości frakcji iłowej $f_i=4,8\%$,
- 6) pospółka gliniasta (Pog-2) o wskaźniku różnoziarnistości $U=43,3$, zawartości frakcji pyłowej $f_p=10,3\%$ i zawartości frakcji iłowej $f_i=3,1\%$,
- 7) piasek średni (Pś-2) o wskaźniku różnoziarnistości $U=6,3$, zawartości frakcji pyłowej $f_p=7,8\%$ i zawartości frakcji iłowej $f_i=1,8\%$.

Do zastabilizowania powyższych gruntów użyto drogowego spoiwa hydraulicznego o wytrzymałości 3-5 MPa oraz 5-12,5 MPa. Składnikami tych spoiw w obu przypadkach był cement oraz aktywowane popioły lotne z węgla brunatnego. Proces aktywacji popiołu lotnego polegał na kruszeniu ziarna popiołowego w polu magnetycznym aktywatora Wapeco (rys. 1). Na skutek drgań elementów wypełnienia ferromagnetycznego zachodziło w nim kruszenie ziarna popiołowego, przez co zwiększała się jego powierzchnia właściwa, a ponadto następowało uwolnienie do materiału ulepszanego aktywowanym popiołem korzystnych związków fizykochemicznych (pochodzących z tego popiołu i nadających materiałowi lepsze właściwości wiążące). Szczegółowy opis omawianej, innowacyjnej technologii znajduje się w zgłoszeniu patentowym firmy Wapeco o numerze P 384199 z dnia 31.12.2007 r., opublikowanym w dniu 06.07.2009 r. w Biuletynie Urzędu Patentowego Nr 14/2009 o nazwie: „Sposób wytwarzania spoiwa hydraulicznego w postaci aktywowanego popiołu lotnego – aktywowany popiół lotny, spoiwo hydrauliczne, beton siarkowy lub cemen-

towy, mieszanka mineralno-asfaltowa oraz zastosowanie aktywowanego popiołu lotnego”. Powyższa technologia została również zgłoszona w Europejskim Urzędzie Patentowym w dniu 30.12.2008 r oraz opublikowana w dniu 05.08.2009 r. w Europejskim Biuletynie Patentowym 2009/32 o numerze publikacji EP 2085366.

Optymalne proporcje użytych składników (cement/aktywowany popiół lotny) wyznaczono na podstawie analizy badań skurczu i pęcznienia spoiwa. Prawidłowo zaprojektowane spoiwo hydrauliczne powinno charakteryzować się małym skurczem i pęcznieniem, co warunkuje jego wysoką trwałość oraz wpływa korzystnie na trwałość mieszanek gruntowo-spoiwowych [Kołodziejczyk i in. 2009; Halbiniak, Ćwiąkała 2010].

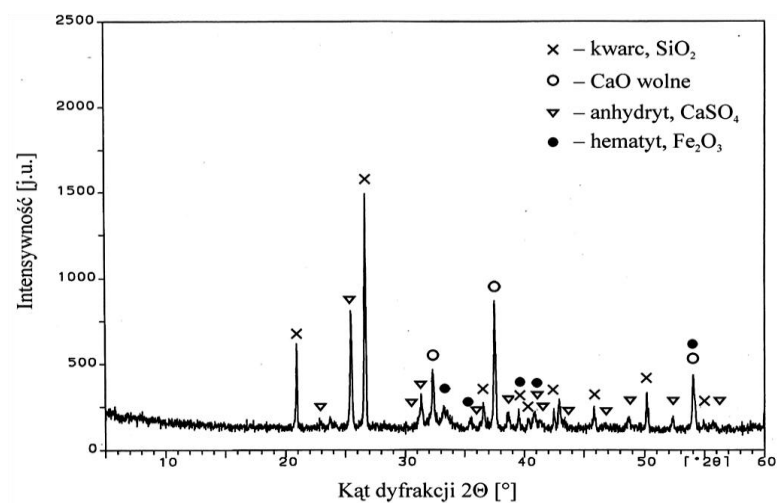
Badania mieszanek gruntowo-spoiwowych polegały na wyznaczeniu przyrostu wytrzymałości badanych próbek po 7, 14, 28, 42, 90 i 180 dniach oraz na określeniu przyrostu wskaźnika nośności po 7 dniach. Do wykonywania mieszanek gruntowo-spoiwowych użyto 8% dodatku spoiwa hydraulicznego.

Przygotowane mieszaniny spoiwa hydraulicznego z gruntami o wilgotności optymalnej wsypywano do formy walcowej (średnica i wysokość formy równa 8 cm) i zagęszczano dynamicznie w jednej warstwie energią 0,59 dżuła na 1 cm³ mieszanki – wg normalnej metody Proctora i zgodnie z normą wg PN-B-04481:1988. Próbkę po uformowaniu pielęgnowano w komorze o stałej temperaturze (20°C) i wilgotności (98%), a następnie ściskano na prasie hydraulicznej uzyskując wynik wytrzymałości na ściskanie. Natomiast próbki do badań nośności wykonano i przebadano zgodnie z załącznikiem A normy PN-S-02205:1998.

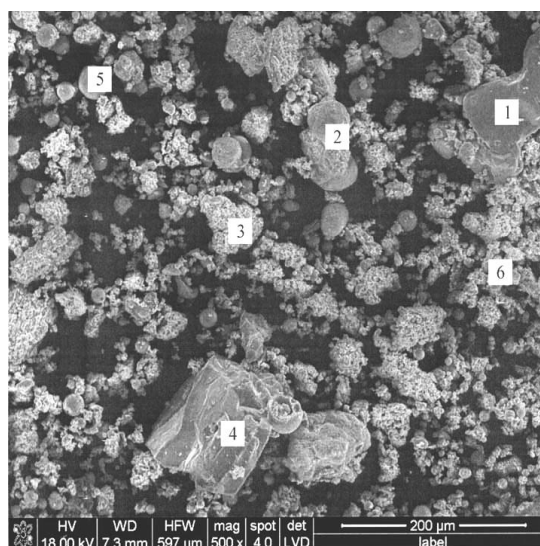
Wyniki badań

Podczas analizy składu fazowego próbki popiołu lotnego z węgla brunatnego (przeprowadzonej przy pomocy dyfraktometru rentgenowskiego) stwierdzono obecność następujących faz krystalicznych: krzemionki (SiO₂), wolnego tlenku wapnia (CaO), anhydrytu (CaSO₄) oraz hematytu (Fe₂O₃). Z intensywności pików uzyskanych na dyfraktogramie (rys. 2) można wnioskować, iż dominującymi fazami w popiele lotnym są krzemionka oraz wolne CaO.

Na podstawie zdjęć wykonanych na skaningowym mikroskopie elektronowym (rys. 3) można stwierdzić, iż badany popiół jest substancją o bardzo niejednorodnej granulacji; w luźno rozsypanym materiale można wyróżnić aglomeraty cząstek o rozmiarach od ok. 10-50 µm oraz składniki tych aglomeratów o wielkości od ok. 1-10 µm. W celu dokładnej analizy pojedynczych cząstek popiołu, w badaniach skaningowej mikroskopii elektronowej użyto przystawki EDS, umożliwiającej analizę składu chemicznego popiołu w obrębie bardzo małego obszaru.



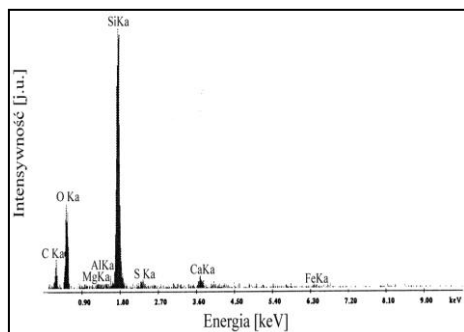
Rys. 2. Dyfraktogram popiołu lotnego z węgla brunatnego
Fig. 2. Diffraction pattern of brown coal fly-ash



Rys. 3. Obraz SEM popiołu lotnego z węgla brunatnego; Objaśnienia: 1-6 – miejsca pobrania próbek do szczegółowych badań dyfraktometrycznych
Fig. 3. SEM image of brown coal fly-ash; Commentary: 1-6 – places of taking samples for thorough diffraction examination

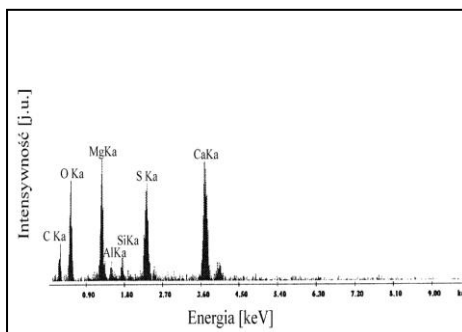
Charakterystyczne miejsca zaobserwowane na obrazie mikroskopowym zostały poddane dalszej szczegółowej analizie dyfraktometrycznej (rys. 4-13).

Z analizy uzyskanych dyfraktogramów można wnioskować, że popiół jest bogaty w magnez, wapń, siarkę oraz niewielkie ilości krzemu i aluminium. Niektóre z ziaren popiołu cechuje monolityczny, ostrokrawędziowy kształt, wskazujący na materiał kruchy. W niektórych fragmentach zidentyfikowano także krzemionkę, czyli związek typowo nieplastyczny (rys. 4 i 7). Wielkość ziaren krzemionki zbliżona jest do ok. 150 μm , co stanowi grubszą frakcję badanego materiału. Inne z ziaren mają kształt typowo kulisty, o powierzchni gładkiej, z niewielkimi wtrąceniami. Ich skład chemiczny wskazuje na obecność SiO_2 i CaO (rys. 8), z nieznaczną ilością związków magnezu, glinu i żelaza. W zbadanym popiele występują również cząstki, których morfologia zbliżona jest do sfery, lecz ich powierzchnia nie jest gładka (rys. 12). Cząstki te – ze względu na wysokie stężenie wapnia i siarki – mogą być identyfikowane jako anhydryty (rys. 6).



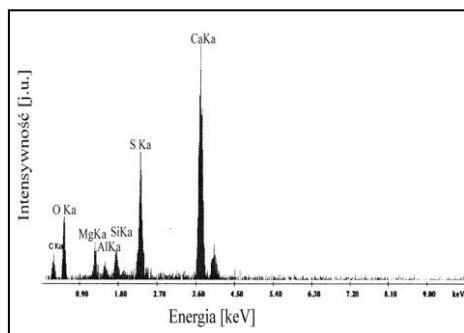
Rys. 4. Analiza dyfraktometryczna obszaru 1 z rys. 3

Fig. 4. Diffraction analysis of area 1 from fig. 3



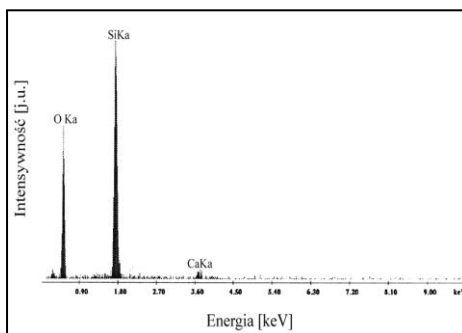
Rys. 5. Analiza dyfraktometryczna obszaru 2 z rys. 3

Fig. 5. Diffraction analysis of area 2 from fig. 3



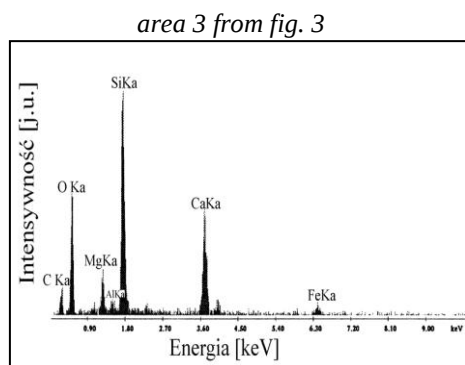
Rys. 6. Analiza dyfraktometryczna obszaru 3 z rys. 3

Fig. 6. Diffraction analysis of



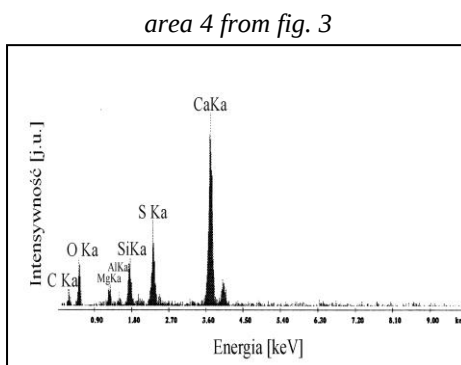
Rys. 7. Analiza dyfraktometryczna obszaru 4 z rys. 3

Fig. 7. Diffraction analysis of



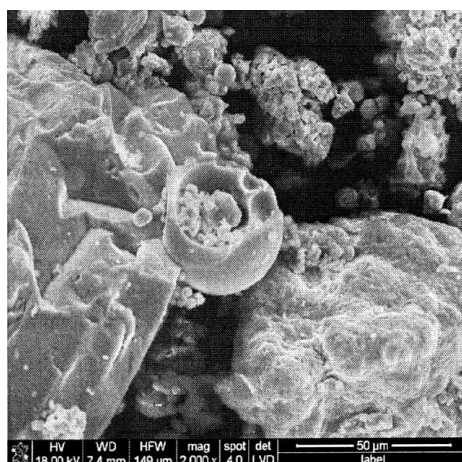
Rys. 8. Analiza dyfraktometryczna obszaru 5 z rys. 3

Fig.8. Diffraction analysis of area 5 from fig. 3



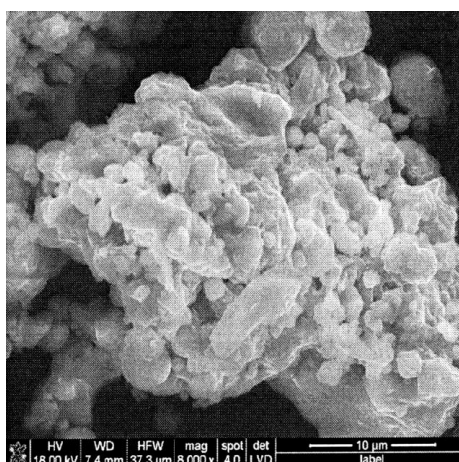
Rys. 9. Analiza dyfraktometryczna obszaru 6 z rys. 3

Fig.9. Diffraction analysis of area 6 from fig. 3



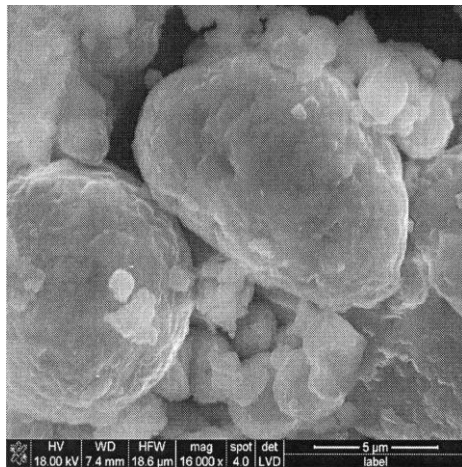
Rys. 10. Morfologia cząstek popiołu lotnego

Fig. 10. Morphology of fly-ash molecule

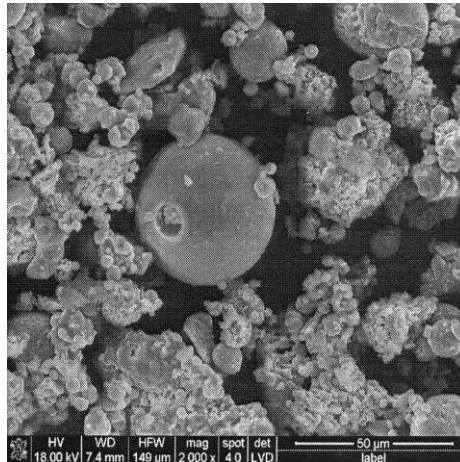


Rys. 11. Aglomerat cząstek popiołu lotnego

Fig. 11. Agglomerate of fly-ash molecules

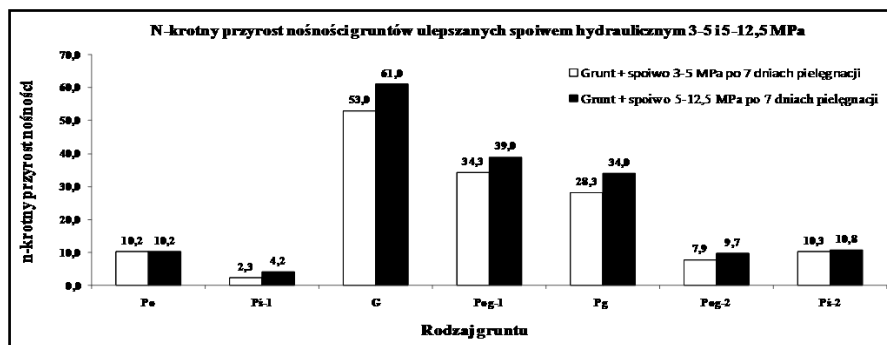


Rys. 12. Morfologia sferycznych cząstek popiołu lotnego
Fig. 12. Morphology of spherical fly-ash molecules

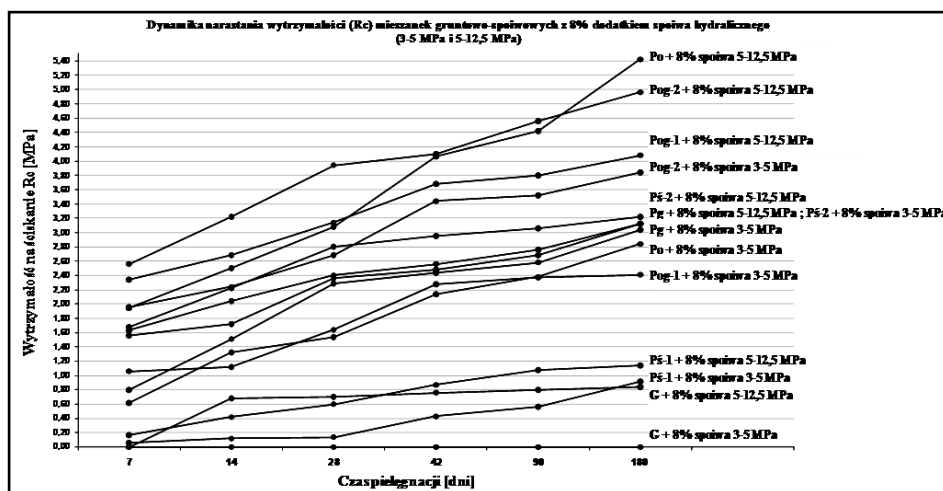


Rys. 13. Cząstki popiołu lotnego o kulistej, gładkiej powierzchni
Fig. 13. Fly-ash molecules with spherical, smooth surface

Wytrzymałość na ściskanie oraz nośność są podstawowymi i bardzo istotnymi parametrami decydującymi o właściwościach użytkowych, takich jak trwałość konstrukcji drogowych bądź inżynierskich. Wyniki badań przedstawiających dynamikę narastania wytrzymałości na ściskanie oraz n -krotny przyrost nośności gruntów stabilizowanych hydraulicznym spoiwem drogowym zaprezentowano na rys. 14 i rys. 15.



Rys. 14. N -krotny przyrost nośności dla poszczególnych gruntów ulepszonych 8% dodatkiem hydraulicznego spoiwa drogowego o klasie wytrzymałości 3-5 i 5-12,5 MPa
Fig. 14. N -tuple increase in bearing capacity for particular kind of ground modified by 8% hydraulic binding agents with compressive strength of 3-5 and 5-12,5 MPa



Rys. 15. Wykres wytrzymałości na ściskanie dla poszczególnych gruntów ulepszonych 8% dodatkiem hydraulicznego spoiwa drogowego o klasie wytrzymałości 3-5 i 5-12,5 MPa
 Fig. 15. Diagram illustrating compression capacity for particular kind of ground modified by 8% hydraulic binding agents with compressive strength of 3-5 and 5-12,5 MPa

Wśród gruntów ulepszonych spoiwem hydraulicznym najlepsze rezultaty – pod względem nośności uzyskały kruszywa o dużej zawartości frakcji pyłowo-łowej (rys. 14). Inny słowy, w przypadku gruntów takich jak: gliny, piaski gliniaste oraz pospółki gliniaste, dodatek spoiwa hydraulicznego na bazie popiołów lotnych z węgla brunatnego powoduje zwiększenie wskaźnika nośności gruntów od 30 do 60 razy. W związku z tym, grunty te, uznawane powszechnie za nieprzydatne w drogownictwie, po ulepszeniu ich spoiwami hydraulicznymi, zawierającymi aktywowane popioły lotne, mogą być z pewnością wykorzystywane do budowy nasypów bądź nawet – jako warstwy konstrukcyjne nawierzchni drogowej [Ćwiąkała i in. 2008; Aprobata techniczna... 2009].

Z kolei, wyniki badań przedstawiające dynamikę wytrzymałości na ściskanie (rys. 15) gruntów ulepszonych spoiwami hydraulicznymi, zawierającymi aktywowane popioły lotne, wskazują na ciągły wzrost wytrzymałości tych gruntów, nawet po 180 dniach. Jest on spowodowany zastosowaniem w spoiwie hydraulicznym zmodyfikowanych popiołów lotnych (o odpowiednich parametrach fizykochemicznych, uzyskanych na skutek aktywowania ich w aktywatorze magnetycznym Wapeco).

Wnioski

Uboczne produkty spalania (UPS), jakimi są m.in. aktywowane popioły lotne z węgla brunatnego mogą być wykorzystywane w wielu dziedzinach gospodarki. Przykładowo, z dodatkiem cementu stają się popularnym spoiwem hydraulicznym, o korzystnych właściwościach wytrzymałościowych.

Analiza składu fazowego popiołu lotnego, wykonana przy użyciu dyfraktometru rentgenowskiego, pozwoliła na zidentyfikowanie głównych faz występujących w popiele lotnym, w tym: SiO_2 , CaO (wolny), CaSO_4 i Fe_2O_3 .

Zdjęcia popiołu lotnego, wykonane przy zastosowaniu Skanującego Mikroskopu Elektronowego SEM wykazały, że poszczególne ziarna popiołu różnią się morfologią oraz składem chemicznym.

Analiza rentgenograficzna pozwoliła na wykonanie oceny ilościowej, która wykazała zawartość pierwiastków dominujących w zbadanym popiele.

Porównanie analiz mikroskopowych i rentgenostrukturalnych pozwala na określenie wielkości i kształtu cząstek popiołu lotnego w poszczególnych jego fazach.

Aktywowany popiół lotny z węgla brunatnego, stosowany jako składnik spoiwa hydraulicznego w mieszankach gruntowo – spoiwowych, wpływa korzystnie na podwyższenie ich parametrów mechanicznych. Zestawienie wyników badań mieszanek gruntowo – spoiwowych (z udziałem 7 charakterystycznych gruntów) pod kątem nośności i wytrzymałości, wskazuje na możliwość zastosowania tych mieszanek do wykonywania nasypów drogowych w budownictwie komunikacyjnym – zgodnie z wymaganiami normy PN-S-02205 „Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania”.

Ze względu na coraz większy brak odpowiednich materiałów kruszywowych, spełniających wymagania normowe dla poszczególnych warstw konstrukcyjnych nawierzchni drogowych i wysoki koszt cementu, zaleca się wykorzystywanie spoiw hydraulicznych, wytwarzanych na bazie aktywowanych popiołów lotnych.

Literatura

1. Aprobata techniczna wydana przez Instytut Badawczy Dróg i Mostów Nr AT/2009-03-2510: *Hydrauliczne spoiwo drogowe WAPECO I*. Warszawa 2009
2. ĆWIAKAŁA M., SOSIŃSKI R., NOWAK W., SZYMAŃSKA J.: *Aktywowanie popiołów lotnych z węgla brunatnego elektrowni Pątnów w młynie elektromagnetycznym*. W: Inżynieria i Ochrona Środowiska, T. II Nr 4; Wydawnictwo PAN, Częstochowa 2008
3. ĆWIAKAŁA M., KMIOTEK B.: *Method for producing hydraulic binding agent in a form of activated fly ash, activated fly ash, hydraulic binding*

- agent, sulfur or cement concrete, mineral-asphalt mixture and application of the activated fly ash.* Europejski Biuletyn Patentowy 2009/32 o numerze publikacji EP 2085366
4. HALBINIAK J., ĆWIAKAŁA M.: *Zasady projektowania betonów w zależności od składu.* Materiały Budowlane, Nr 3/2010, Wydawnictwo Czasopism i Książek Technicznych Sigma-Not, Warszawa 2010
 5. KOŁODZIEJCZYK U., ĆWIAKAŁA M., WIDUCH A., HALBINIAK J., ROJNA A.: *Podbudowa drogi. Podbudowy z gruntów lub kruszyw stabilizowanych spoiwami hydraulicznymi. Wskazówki do projektowania spoiwa hydraulicznego oraz mieszanek gruntowo – spoiwowych z wykorzystaniem ubocznych produktów spalania.* W: Warunki techniczne wykonania i odbioru dróg i mostów – Poradnik kierownika budowy i inspektora nadzoru, Wydawnictwo Verlag Dashofer, Warszawa 2009
 6. KRASZEWSKI C.: *Analiza wyników badań mrozoodporności mieszanek z kruszyw związanych hydraulicznie.* W: Drogi i Mosty, Nr 3/2008, Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa 2008
 7. PACHOWSKI J.: *Popioły lotne i ich zastosowanie w budownictwie drogowym.* Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1976
 8. PACHOWSKI J.: *Rozwój technologii powstawania ubocznych produktów elektrowniowych oraz ich charakterystyka i możliwości zastosowań w technologii budownictwa drogowego.* W: Drogi i Mosty, Nr 1/2002, Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa 2002
 9. PN-88/B-04481: *Grunty budowlane. Badania próbek gruntu.* Polski Komitet Normalizacji, Miary i Jakości, Warszawa 1988
 10. PN-98/S-02205: *Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania.* Polski Komitet Normalizacji, Miary i Jakości, Warszawa 1998

APPLICATION OF BROWN COAL FLY-ASH IN COMMUNICATION ENGINEERING

S u m m a r y

In order to describe chemical and physical properties of brown coal fly-ash from Konin region, analysis of X-ray radiography and scanning microscopy was used. The article aims to present the possibility of application activated brown coal fly-ash for hydraulic binding agents production, especially – to stabilize foundation soil. Findings on bearing capacity (CBR) and dynamics of growing compressive strength (R_c) of soil and binders mixture, prove its suitability for communication engineering.

Key words: hydraulic binding agents, magnetic activator, brown coal fly-ash

URSZULA KOŁODZIEJCZYK***CHARAKTERYSTYKA ZŁÓŻ WĘGLA BRUNATNEGO
W WOJEWÓDZTWIE LUBUSKIM***Streszczenie*

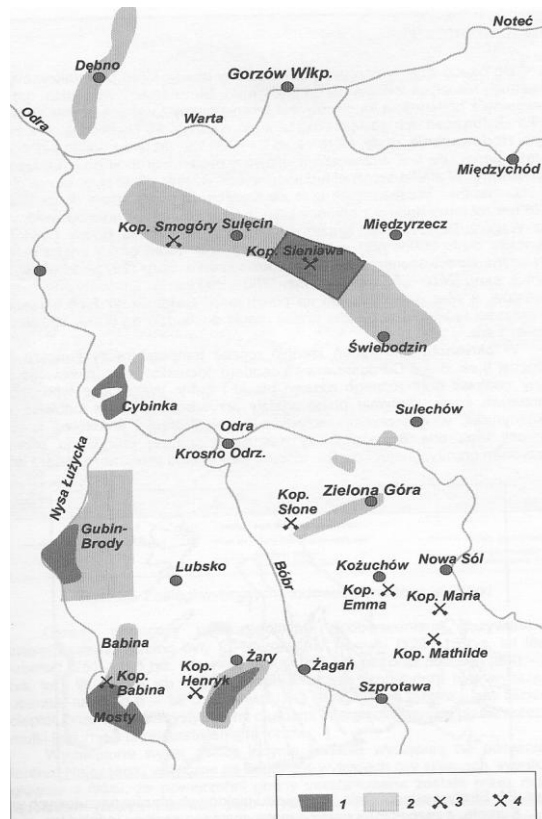
Artykuł przedstawia aktualny stan zasobów węgla brunatnego w województwie lubuskim (Polska). Omówiono w nim zasobność poszczególnych złóż oraz ich jakość uwarunkowaną kryteriami geologicznymi i energetycznymi.

Słowa kluczowe: węgiel brunatny, złoża, województwo lubuskie

Wstęp

W województwie lubuskim występują liczne surowce mineralne, w tym: kruszywa, surowce ilaste, rudy miedzi, ropa naftowa, gaz ziemny, torf i węgiel brunatny. W ostatnim okresie szczególną uwagę zajmują złoża węgla brunatnego (rys. 1), identyfikowane jako tanie i wygodne w eksploatacji źródła energii. Rejon ten stanowi fragment olbrzymiej miocenńskiej prowincji węglowej, obejmującej zachodnią część monokliny przedsudeckiej, w obrębie której powszechnie występują złoża węgla brunatnego typu pokładowego lub glacialnie zaburzonego. Prowincja ta przechodzi na teren Niemiec, gdzie pod powierzchnią ziemi zalega około 13 mld Mg węgla brunatnego. Aktualnie eksploatowany jest on w kopalniach odkrywkowych Jänschwalde, Cottbus-Nord oraz Welzow-Süd, w landzie Brandenburgia oraz w kopalni odkrywkowej Nochten w Saksonii. Łączne wydobycie węgla w tych kopalniach wynosi ok. 60 mln Mg rocznie. W najbliższej przyszłości Niemcy planują otwarcie kolejnych pięciu odkrywkowych kopalni węgla brunatnego w tym rejonie.

* Uniwersytet Zielonogórski; Instytut Inżynierii Środowiska; Zakład Hydrologii i Geologii Stosowanej



Rys. 1. Lokalizacja złóż węgla brunatnego w województwie lubuskim [Ciuk 1978].
 Objaśnienia: 1 – złoża udokumentowane, 2 – złoża perspektywiczne, 3 – zamknięte kopalnie, 4 – czynne kopalnie

Fig. 1. Location of brown coal deposits in Lubuskie province [Ciuk 1978].
 Explanations: 1 - documented deposits, 2 - perspective deposits, 3 - closed mines, 4 - operating mines

Historia eksploatacji węgla brunatnego w województwie lubuskim

Złoża węgla brunatnego wytworzyły się w regionie lubuskim – podobnie jak w całej Polsce – w okresie neogenu (miocen), czyli 25-5 mln lat temu. Obszary te stanowiły wówczas podmokłe i bagniste niziny, porośnięte głównie przez olchy, wierzby oraz cyprysniki, gdzie sukcesywnie obumierające rośliny zatapiały się w bagiennym i beztlenowym środowisku tworząc torf, a następnie – węgiel brunatny.

Pierwszą kopalnię węgla brunatnego na terenie województwa lubuskiego zbudowano w 1840 r. w Zielonej Górze, pod nazwą Consolidierte Grünbergen

Gruben (szyb Emilia) [Kołodziejczyk i Wróbel 1997, Gontaszewska i Kraiński 2008]. Eksploatacja dotyczyła tutaj jednej z glaciektonicznie zaburzonych struktur, korzystnej zarówno ze względu na głębokość zalegania (siodło – wypiętrzenie) jak i zwiększoną miąższość złoża w strefie siodłowej.

Z uwagi na obecność podobnych struktur, wkrótce w rejonie lubuskim pojawiły się kolejne kopalnie węgla brunatnego (tab. 1).

Tab. 1. Dawne kopalnie węgla brunatnego zlokalizowane w województwie lubuskim

Tab. 1. Former brown coal mines located in lubuskie province

Rejon	Nazwa kopalni	Okres eksploatacji
Buczyna - Lubrza	?	1893 - 1926
Cybinka	Potok	1861 - 1945
Gubin	Na mokrym miejscu	1864 - 1927
Kożuchów	Matylda, Emma	1906 - 1945
Łęknica - Nowe Czaple	Tupice, Wiktor, Tschöpelner, Babina	1864 - 1974
Międzyrzecz	?	1857 - 1926
Ośno - Sulecin	Edward	1862 - 1944
Sieniawa	Sieniawa	1873 - do dzisiaj
Zielona Góra	Emilia, Charlotte, Friedrich, Alexander I, Alexander II	1840 - 1949
Żary	Lohster, Augusta - Teresa	1889 - 1944

O dawnej eksploatacji węgla brunatnego w rejonie dzisiejszego województwa lubuskiego świadczą również inne zapisy:

- jeszcze w 1945 r. elektrownia zielonogórska pracowała na bazie węgla brunatnego wydobywanego z kopalni głębinowej w miejscowości Słone, położonej 7 km na zachód od Zielonej Góry [Dyjaczyński 2005],
- w miejscowościach Świdnica, Słone i Wilkanowo udokumentowano zasoby surowca w ilości około 87,5 mln hektolitrow (na podstawie dokumentowania szybów wydobywczych) oraz 39,3 mln hektolitrow (na podstawie dokumentacji z wierceń geologicznych), gdzie przez ponad 100 lat prowadzono eksploatację węgla brunatnego [Gontaszewska i Kraiński 2008],
- w obrębie Zielonej Góry istniało w okresie międzywojennym kilkanaście szybów wydobywczych, a do 1949 r. funkcjonowała kopalnia „Emilia” [Kołodziejczyk 1998].

Kopalnie te przestały funkcjonować, głównie ze względu na zawodnienie złóż oraz znaczne koszty wydobywania surowca. Kopalnia Sieniawa przetrwała do dzisiaj, a z nieczynnych obecnie kopalni najdłużej (do 1974 r.) eksploatowano węgiel brunatny w kopalni „Przyjaźń Narodów” w Łęknicy [Jędrzak 1992].

W okresie powojennym, w województwie lubuskim udokumentowano liczne złoża węgla brunatnego, o zróżnicowanych parametrach eksploatacyjnych (tab. 2) oraz zasobach (tab. 3).

Tab. 2. Charakterystyka wybranych złóż węgla brunatnego występujących w województwie lubuskim (wg Bilansu zasobów kopalin i wód podziemnych w Polsce 2003)

Tab. 2. Characteristics of selected brown coal deposits found in lubuskie (by The balance of mineral resources and underground waters in Poland 2003)

Nazwa złoża	Mięszczość [m]	Głębokość spągu [m]	Wartość opałowa [kcal/kg]	Popielność [%]	Zawartość siarki (średnio) [%]
Cybinka	16,6	94,0	2 236	18,40	1,41
Babina - Żarki	9,0	140,0	2 229	18,28	1,10
Gubin	10,2	82,0	2 240	12,86	1,42
Mosty	9,3	105,0	2 219	17,19	1,63
Rzepin	12,2	97,3	2 164	15,14	1,20
Sądów	12,2	127,5	2 196	18,80	1,38
Torzym	21,4	180,8	2 270	16,80	1,81

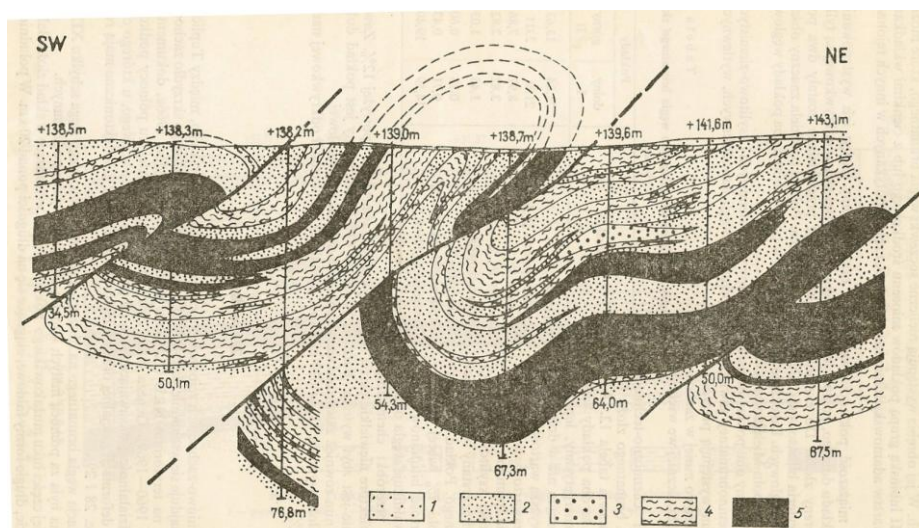
Tab. 3. Zasoby złóż węgla brunatnego w województwie lubuskim (wg Bilansu zasobów kopalin i wód podziemnych w Polsce 2003)

Tab. 3. Resources of brown coal deposits in lubuskie province (by The balance of mineral resources and underground waters in Poland 2003)

Nazwa złoża	Lokalizacja (powiat)	Stan zagospodarowania złoża: E – eksploatowane P – projektowane R – rozpoznane Z – zamknięte	Zasoby geologiczne [tys. Mg]
Babina	Żary	R, P, Z	159 343
Cybinka	Słubice, Krosno Odrzańskie	P	237 487
Gubin	Żary	R	282 664
Maria	Nowa Sól	R	72
Mosty	Żary	P	175 394
Przyjaźń Narodów – szyb Henryk	Żary	Z	280
Rzepin	Słubice	P	249 528
Sądów	Słubice, Krosno Odrzańskie, Sulęcín	P	226 469
Sieniawa	Świebódzin	E, R	44 661
Torzym	Sulęcín, Świebódzin	P	843 879
Razem			2 219 777

Charakterystyka wybranych złóż węgla brunatnego

Złoże Babina zalega w południowo-zachodnich rejonach województwa lubuskiego, między Tuplicami i Łęknica (wschodnie skrzydło Łuku Mużakowskiego). Początki eksploatacji węgla brunatnego na tym obszarze sięgają schyłku XIX wieku, gdy wydobywanie surowca było prowadzone za pomocą małych kopalni odkrywko-podziemnych [Żaba 1977]. Zakończenie eksploatacji nastąpiło w drugiej połowie XX w. Pokłady węgla tworzą w złożu wyraźne formy fałdowe, ciągnące się na odcinku o długości ponad 20 km. Są one ponadto poprzecinane serią uskoku, wzdłuż których seria złożowa została zrzucona nawet o 50 m. Bilansowe zasoby węgla brunatnego w złożu wynoszą 234 mln Mg. Surowiec może być eksploatowany do głębokości 90,0 m p.p.t. W złożu zalega węgiel brunatny o dobrych właściwościach energetycznych (wartość opałowa – przy 50% wilgoci – wynosi 2229-2421 kcal/kg). Jest to węgiel typu brykietowego (niska zawartość ksylitów), o wysokiej zawartości popiołów (16,21-17,66%), niskiej zawartości bituminów (3,23-4,15%) i niezbyt wysokiej zawartości siarki (1,06-2,46%).

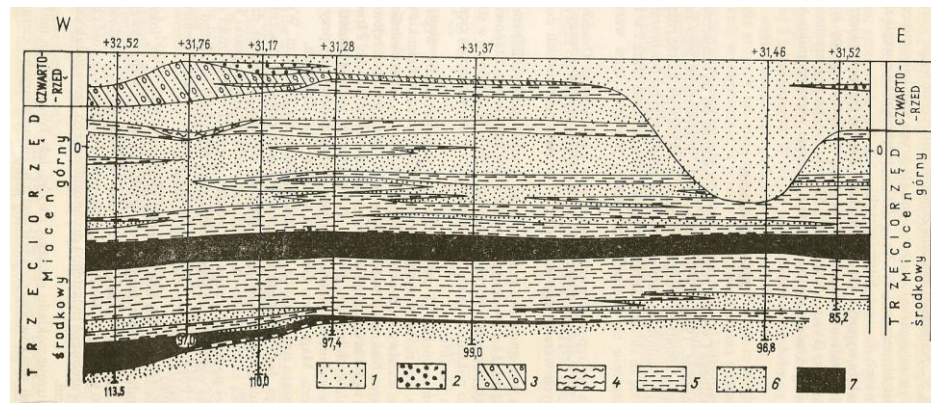


Objaśnienia: 1- piaski czwartorzędowe, 2 – piaski trzeciorzędowe, 3 – żwiry, 4 – iły, 5 – węgiel brunatny

Rys. 2. Budowa geologiczna złoża Babina [wg Ciuka 1978]
Fig. 2. Geological structure of the deposit Babina [by Ciuk 1978]

Złoże Cybinka znajduje się na południe od tej miejscowości i łączy się ze złożem Gubin. Występują tutaj dwa pokłady węgla brunatnego. Ogólne zasoby złoża wynoszą około 620 mln Mg, jednak do eksploatacji odkrywkowej nadaje

się tylko około 45% surowca zalegającego w części zachodniej (między Chlebowem na wschodzie i Odrą na zachodzie – pola Mieleśznica i Cybinka). Część wschodnia złoża jest silnie zaburzona glaciektonicznie i węgiel brunatny występuje tutaj jedynie w izolowanych soczewkach, o bardzo zmiennej miąższości i zasięgu występowania, co nie kwalifikuje go do wydobywania. Własności węgla zalegającego w tym złożu są dobre: właściwości energetyczne dobre (wartość opałowa – przy 50% wilgoci – wynosi 2170-2311 kcal/kg), węgiel typu brykietowego (wyższa zawartość ksylitów), wysoka zawartość popiołów (21,84-13,63%), niska zawartość bituminów (2,82-3,82%) i niezbyt wysoka zawartość siarki (1,03-1,45%). Złoże nie było dotychczas eksploatowane.



Objaśnienia: 1 - piaski czwartorzędowe, 2 – żwiry, 3 – gliny, 4 – iły, 5 – mułki, mułowce, 6 – piaski trzeciorzędowe, 7 – węgiel brunatny

Rys. 3. Budowa geologiczna złoża Cybinka [wg Ciuka 1978]

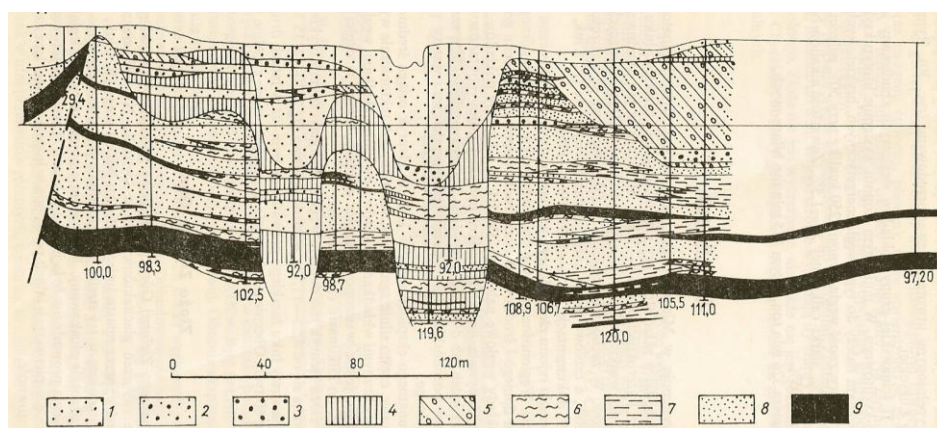
Fig. 3. Geological structure of the deposit Cybinka [by Ciuk 1978]

Złoże Gubin zalega pomiędzy Gubinem i Zasiekami nad Nysą Łużycką. Zostało rozpoznane w kategorii C2 i C1. Składa się z dwóch ław węglowych (dolnej i górnej), rozdzielonych osadami mułkowymi i piaszczystymi. Jest pocięte głębokimi wcięciami erozyjnymi, stąd też wydzielono w nim kilka pól złożowych: Sadrzewice, Strzegów, Węgliny i Mielno-Brzozów. W złożu zalega węgiel brunatny o dobrych właściwościach energetycznych (wartość opałowa – przy 50% wilgoci – wynosi 2123-2544 kcal/kg). Jest to węgiel typu brykietowego (niskie zawartości ksylitów), o wysokiej zawartości popiołów (8,47-20,82%), niskiej zawartości bituminów (2,96-4,32%) i niezbyt wysokiej zawartości siarki (0,60-1,52%). Złoże było dotychczas eksploatowane jedynie wyrywkowo [Żaba 1977].

Złoże Gubin - Brody stanowi przedłużenie złoża Gubin na wschód. Zajmuje około 265 km² powierzchni. Zasoby perspektywiczne złoża są bardzo duże, natomiast zasoby bilansowe wynoszą około 520 mln Mg. Złoże jest wykształ-

cone w kilku pokładach, o sumarycznej miąższości 17,4 m. Węgłe wszystkich grup są dobrym surowcem energetycznym (wartość opałowa, przy 50% wilgoci wynosi 2017-2398 kcal/kg), typu brykietowego, nie wykazują zasolenia, posiadają niską popielność (8,37-21,66%), a jedynie lokalnie wykazują wysoką zawartość siarki (3,99-4,25%). Złoże nie było dotychczas eksploatowane.

Złoże Mosty występuje na południowy zachód od Żar, na obszarze położonym pomiędzy dwiema strefami zaburzonymi glacitektonicznie: wschodnią częścią Łuku Mużakowskiego i strefą zaburzonego trzeciorzędu (na południe od Żar). Jest to złoże jest typu pokładowego, lekko zapadające ku północy i nie wykazujące zaburzeń glacitektonicznych. Występują tutaj dwie serie węglowe są lokalnie rozmyte erozyjnie. Zasoby złoży wynoszą 326 mln Mg, w tym 175 mln Mg zasobów bilansowych. Jest to surowiec energetyczny (wartość opałowa – przy 50% wilgoci – wynosi 2 250 kcal/kg), typu brykietowego, nie wykazujący zasolenia, posiadający niską popielność (18,2%) i małą zawartość siarki (1,5%). Złoże nie było dotychczas eksploatowane.



Objaśnienia: 1 – piaski czwartorzędowe, 2 – piaski ze żwirami, 3 – żwiry, 4 – mułki zastoiskowe, 5 – gliny, 6 – iły, 7 – mułki, 8 – piaski trzeciorzędowe, 9 – węgiel brunatny

Rys. 4. Budowa geologiczna złoży Mosty [wg Ciuka 1978]

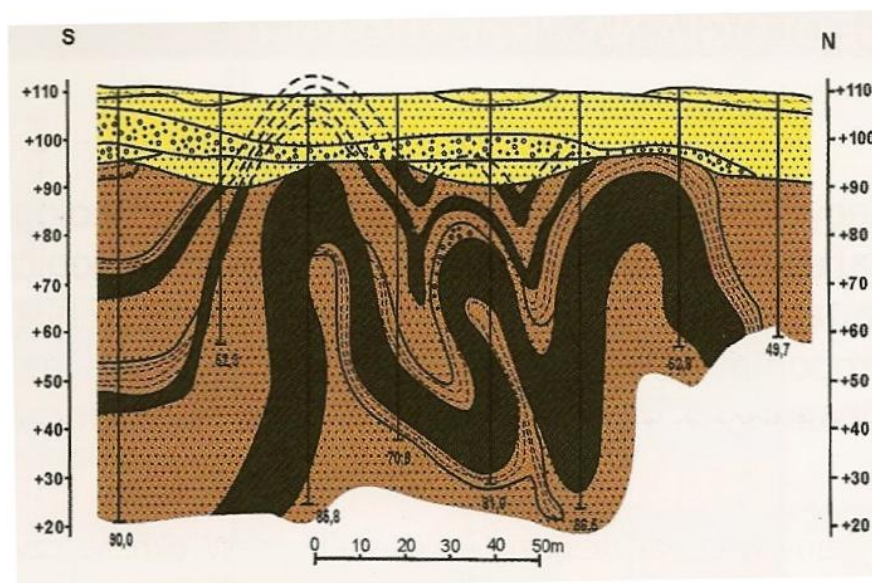
Fig. 4. Geological structure of the deposit Mosty [by Ciuk 1978]

Złoże Henryk występuje w Mirostowicach (na południe od Żar). Wchodzi w skład struktury glacitektonicznej o nazwie Łuk Mużakowa. Pokład węgla brunatnego jest tutaj silnie sfałdowany. Jest to dobry węgiel energetyczny (wartość opałowa – przy 50% wilgoci – wynosi 2110-2135 kcal/kg), typu brykietowego, nie wykazujący zasolenia, posiadający niską popielność (4,55-11,7%) i małą zawartość siarki (1,8%). Zasoby bilansowe złoży zostały już całkowicie wyeksploatowane – ostatnią kopalnię zamknięto w 1974 r.

Złoże Zielona Góra zalega w południowo-zachodniej części miasta. Pokłady węgla brunatnego są tutaj silnie zaburzone glacitektonicznie, w tym sfałdo-

wane i złuskowane. Miąższość pokładów węgla waha się od 3 m do 8 m. Zasoby węgla nigdy nie zostały tutaj jednoznacznie ustalone, a charakter budowy geologicznej złoża pozwalał jedynie na niewielkie wydobywanie surowca dla potrzeb lokalnych. W 1949 r. zakończono eksploatację w tym rejonie (szyb Emilia).

Złoże Sieniawa jest najdłużej eksploatowane na ziemiach polskich (od 1873 r.). Jako jedyny obiekt w Polsce, do 1997 r. kopalnia w Sieniawie eksploatowała węgiel brunatny metodą podziemną i odkrywkową. Zniszczona w czasie II wojny światowej podjęła pracę w 1950 r., osiągając maksymalne wydobywanie w 1983 r. w ilości 209,1 tys. Mg. W 1997 r. zdecydowano o likwidacji państwowej kopalni. W 2002 r. działalność wydobywczą rozpoczęła tu nowa, komercyjna firma górnicza, dla której wydobywanie węgla stanowiło podstawową działalność. Dzisiaj, wyłącznie metodą odkrywkową, eksploatowany jest tutaj węgiel brunatny o bardzo korzystnych parametrach użytkowych: średnia wartość opałowa – 10 000 kJ/kg, zawartość popiołów – 4-6%, zawartość siarki – 0,6-0,8%, co stawia go wśród najlepszych surowców w Polsce. Specyfiką przedsiębiorstwa jest brak bezpośredniego powiązania wydobywania z energetyką, dla której węgiel brunatny byłby podstawowym surowcem do produkcji energii. Warto zaznaczyć, że wszystkie kopalnie w dorzeczu Odry (po polskiej i niemieckiej stronie) pracują na rzecz elektrowni wybudowanych przy tych kopalniach. Tymczasem w kopalni Sieniawa cała produkcja dostarczana jest do lokalnych ciepłowni, kotłowni osiedlowych, indywidualnych odbiorców oraz zakładów wykorzystujących węgiel brunatny do celów pozaenergetycznych. Wiąże się to z koniecznością przetwarzania kompleksowego wydobywania na różne asortymenty, zgodne z zapotrzebowaniem poszczególnych odbiorców. Warunki eksploatacji złoża Sieniawa są bardzo skomplikowane; wskutek zaburzeń glacytektonicznych zostało ono silnie zdeformowane i obecnie węgiel brunatny występuje w kilkunastu oddzielnych wypiętrzaniach (siodłach), a spąg złoża jest mocno pochylony (nawet pod kątem $\sim 45^\circ$). Wydobywa się tutaj rocznie blisko 400 tys. Mg węgla o korzystnych parametrach: dobrych wartościach energetycznych (wartość opałowa – przy 50% wilgoci – wynosi 2 250 kcal/kg), typu brykietowego, bez zasolenia, o małej popielności (14,18%) i niskiej zawartości siarki (1,41%). Zakłada się, że eksploatacja surowca będzie prowadzona przez kolejne kilkadziesiąt lat.



Rys. 5. Zaburzenia glacitektoniczne w złożu Sieniawa
Fig. 5. Glacitectonic disorders in the Sieniawa deposit

Perspektywy wydobywania węgla brunatnego w województwie lubuskim

Region lubuski stoi przed dużą szansą wynikającą z budowy nowych kopalni w rejonie Gubina i Brodów. Inwestycje te popierają władze województwa, ale mieszkańcy terenów przeznaczonych pod eksploatację są generalnie przeciwni, co wyrażają w kolejnych referendach. Ponadto, Gmina Brody nie dostała zgody Ministra Środowiska na otwarcie kopalni, z uwagi na zagrożenie degradacją żyznych terenów rolniczych, konieczność wysiedlenia kilku miejscowości i zniszczenie jednego z największych zbiorników czwartorzędowych wód podziemnych (zbiornik nr 149 – Kleczkowski 1990).

Podsumowanie

Węgiel brunatny – wskutek wyczerpania zasobów gazu ziemnego i ropy naftowej – wkrótce może stać się dominującym surowcem energetycznym.

Na ogólną wielkość zasobów węgla brunatnego w Polsce (13 860 476 tys. Mg) znaczący wpływ mają zasoby tego surowca zlokalizowane w obrębie województwa lubuskiego (2 219 777 tys. Mg), stanowiące 16% zasobów kraju.

Obecnie węgiel brunatny jest eksploatowany w obrębie województwa lubuskiego jedynie w Kopalni Węgla Brunatnego Sieniawa, gdzie eksploatuje się około 400 tys. Mg surowca rocznie, przeznaczając go na ogrzewanie lokalnych ciepłowni.

Projektowane jest uruchomienie eksploatacji w rejonie Gubin – Brody, co może znacznie poprawić bilans surowcowy i ekonomiczny regionu.

Literatura

1. BILANS ZASOBÓW KOPALIN I WÓD PODZIEMNYCH W POLSCE: Państwowy Instytut Geologiczny, s. 421, Warszawa 2003
2. CIUK E.: *Węgiel brunatny*. [W:] Surowce mineralne Ziemi Lubuskiej. Wydawnictwa Geologiczne, s. 60-78 Warszawa 1978
3. DYJACZYŃSKI K.: *Kilkakrotny najazd lądolodów skandynawskich na Ziemię Lubuską*. [W:] Szejka – Czasopismo PGNiG S.A. Oddział w Zielonej Górze, s. 24-26, listopad 2005
4. GONTASZEWSKA A., KRAIŃSKI A.: *Złoże węgla brunatnego na terenie gminy Świdnica*. Zielona Góra, Przedsiębiorstwo Konsultingowo-Gospodarcze UNIVERS-D.K.M., s. 160, 2008
5. JĘDRZAK A.: *Skład chemiczny wód pojezierza antropogenicznego w Łuku Mużakowskim*. Wyd. Wyższej Szkoły Inżynierskiej w Zielonej Górze, s. 139. Zielona Góra 1992
6. KLECZKOWSKI A. S.: *Mapa głównych zbiorników wód podziemnych w Polsce wymagających szczególnej ochrony*. Wyd. AGH, Kraków 1990
7. KOŁODZIEJCZYK U.: *Rozwój procesów geodynamicznych spowodowanych dawną eksploatacją górniczą w rejonie Zielonej Góry*. [W:] Współczesne problemy geologii inżynierskiej w Polsce. Materiały II Ogólnopolskiego Sympozjum, s. 235-241, Kiekrz k/ Poznania 1998
8. WRÓBEL I., KOŁODZIEJCZYK U.: *Przekształcenia środowiska na Śródkowym Nadodrzu w wyniku eksploatacji górniczej*. [W:] Second World Mining Environmental Kongres. Tom 1, s. 581-593, Katowice 1997
9. ŻABA J.: *Historia eksploatacji węgla brunatnego na terenie Śródkowego Nadodrza*. Geologia t. 1. Uniwersytet Śląski, Katowice 1977

CHARACTERISTICS OF BROWN COAL DEPOSITS IN LUBUSKIE PROVINCE

S u m m a r y

This article presents the current state of brown coal resources in lubuskie province (Poland). It discusses the wealth of particular deposits, and their quality conditioned by geological and energetic criteria.

Key words: brown coal, deposits, lubuskie province

GRZEGORZ GALINIAK*, JERZY JAROSZ**

**REKULTYWACJA TERENÓW POGÓRNICZYCH W KWB
„SIENIAWA” SP. Z O.O.**

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

W poniższym artykule autorzy przedstawiają i charakteryzują proces rekultywacji terenów pokopalnianych na przykładzie KWB „Sieniawa”. Prawidłowo przeprowadzona rekultywacja daje szansę na zminimalizowanie negatywnych skutków ingerencji górniczej w środowisko naturalne i powrót do warunków terenowych zbliżonych do stanu sprzed eksploatacji.

Słowa kluczowe: górnictwo odkrywkowe, rekultywacja, tereny pogórniczne

Wstęp

Działalność górnicza związana z eksploatacją surowców mineralnych, mimo, iż przynosi korzyści gospodarcze, postrzegana jest przez społeczeństwo, jako działalność powodująca znaczne szkody w środowisku przyrodniczym. Poprzez prawidłowe i dostosowane do potrzeb lokalnych społeczności prowadzenie rekultywacji¹ terenów pogórnicznych (pokopalnianych)² jest szansą zmiany tego negatywnego wizerunku [Kasztelewicz i inni 2009, 2010].

Obowiązek likwidacji szkód i rekultywacji obszarów przekształconych w wyniku działalności wydobywczej, która stała się przyczyną utraty ich wartości użytkowej stoi, zgodnie z Prawem geologicznym i górniczym, po stronie przedsiębiorcy.

* Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Kraków

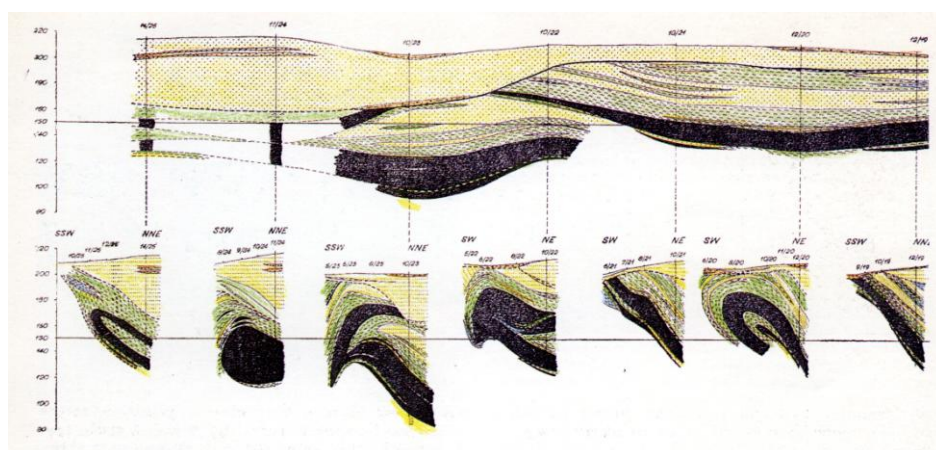
** KWB „Sieniawa” Sp. z o.o., Sieniawa Lubuska

¹ Rekultywacja to zabiegi (techniczne i biologiczne) mające na celu nadanie lub przywrócenie gruntom zdegradowanym albo zdewastowanym wartości użytkowych lub przyrodniczych [Ustawa o ochronie gruntów ...]

² Rekultywacja wyrobisk odkrywkowych i zwalowisk to doprowadzenie terenów poeksploatacyjnych i zwalowisk do stanu umożliwiającego racjonalne ich wykorzystanie do celów gospodarczych, przemysłowych lub innych [Ustawa Prawo geologiczne i ...]

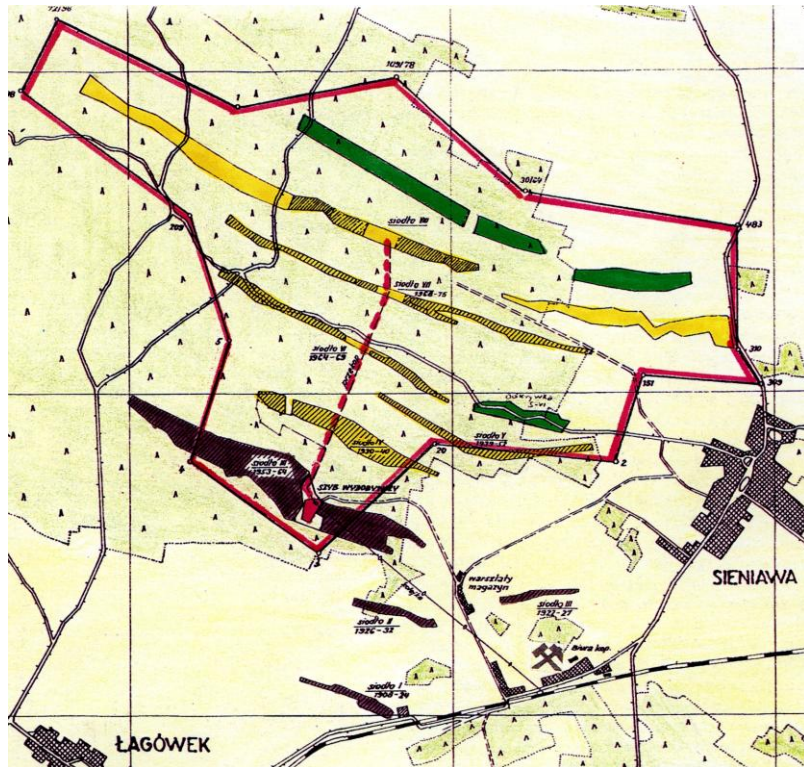
Charakterystyka złoża i kopalni

Złoże węgla brunatnego „Sieniawa” jest złożem pokładowym utworzonym w trzeciorzędzie (miocen), które zostało wtórnie zaburzone glaciektoniczne podczas czwartorzędowych zlodowaceń. Deformacje glaciektoniczne w rejonie złoża przedstawiają się w postaci ponad 30 fałdów o ogólnym przebiegu osi NW-SE i o wergencji południowo-zachodniej. Ich rozciągłość można śledzić na przestrzeni ponad 10 km. Fałdy wykazują dużą zmienność geometryczną, szczególnie w strefach siodłowych, począwszy od struktur siodłowych prawie symetrycznych po obalone, leżące, przewalone i złuskowane. Głębokość występowania pokładu węglowego w złożu „Sieniawa” jest bardzo zmienna ze względu na wspomnianą jego glaciektoniczną, fałdową budowę. W strefach siodłowych pokład znajduje się na głębokości kilku metrów, natomiast w obrębie łuków występuje pod nakładem skal o miąższości nawet ponad 150 m [Piwocki 2003].



ni powstało prywatne przedsiębiorstwo górnicze KWB „Sieniawa” Sp. z o.o. [Kasztelewicz 2007, Bik 2006].

W 60-letniej historii kopalni wydobyto blisko 7 mln ton węgla, z czego około 5 mln systemem podziemnym.



Rys. 2. Mapa rejonu KWB "Sieniawa" [Ganecki 1993]
Fig. 2. Map of the Sieniawa Mine region [Ganecki 1993]

Rekultywacja terenów po eksploatacji podziemnej

Eksploatacja podziemna węgla brunatnego, która była realizowana na tym złożu do roku 1997 spowodowała liczne deformacje terenu w postaci lejów, dołów o głębokości sięgającej kilku metrów, co skutkowało wyłączeniem znacznej powierzchni z produkcji leśnej na okres około 15-20 lat (czas eksploatacji oraz czas stabilizacji). Na terenach eksploatowanych zostały zniszczone praktycznie wszystkie drogi leśne, co bardzo utrudniało prowadzenie gospodarki leśnej na obszarze blisko 500 ha. Mimo, że powstałe liczne zapadliska nie

były poddawane żadnym zabiegom rekultywacyjnym, to pokryły się roślinnością na skutek samosiewów.

W 1992 na mocy porozumienia Kopalni i Nadleśnictwa Świebodzin rozpoczęto proces rekultywacyjny terenów pogórnich, który obejmował między innymi:

- wyrównanie powierzchni - 41,0 ha,
- wylesienie powierzchni - 59,4 ha (głównie samosiewki brzozy i osiki),
- przykrycie powierzchni glebą produkcyjną – 18,5 ha,
- wyrównanie zapadlisk – 11,4 ha,
- nawożenie ekstraktem węgla brunatnego – 68,5 ha,
- przebudowa drzewostanów (nasadzenia produkcyjne) – 15,8 ha,
- odnowienie sztuczne gatunkami lasotwórczymi – 68,5 ha,
- melioracje agrotechniczne – 11,5 ha,
- trzebież wczesna – 19,0 ha,
- wykonanie ziemnych i utwardzonych dróg leśnych – 6,2 ha

W latach 1957-1998 Nadleśnictwo Świebodzin wraz z Nadleśnictwem Sieniawa i Łagów przekazały pod eksploatację dla KWB Sieniawa blisko 136 ha gruntów leśnych, natomiast w latach 1992-2002 kopalnia przekazała Nadleśnictwu Świebodzin blisko 127 ha gruntów zrekultywowanych (w tym 120 ha powierzchni odnowionej gotowej do nasadzeń i 7 ha dróg, oczek wodnych i linii oddziałowych) [Operat... 1991]



Fot. 1. Zrekultywowane siodło VII, stan na 2000 r.

Phot. 1. The reclamation of fold VII, situation in the year 2000



Fot. 2. Rekultywacja leśna siodła VII, 2008 r.
Phot. 2. The reclamation of fold VII for forestry purposes, 2008



Fot. 3. Rekultywacja wodna siodła VIII
Phot. 3. The reclamation of fold VIII for water management purposes



Fot. 4. Rekultywacja siodła VI, VII, VIII
Phot. 4. The reclamation of folds VI, VII, VIII

Rekultywacja terenów po eksploatacji odkrywkowej

Z eksploatacją odkrywkową (rozpoczęta w 1979 r.) związane jest powstanie zwałowiska zewnętrznego i odkrywek na Siodle VI, VIII. Proces rekultywacyjny na tych terenach przedstawiał się następująco:

- wykonanie mikro i makroniwelacji (złagodzenie nachylenia skarp odkrywek i zwałowiska oraz likwidacja rozcięć erozyjnych) - 9,5 ha,
- wylesienie powierzchni – 1,8 ha,
- wykonanie zabiegów agrotechnicznych wraz z neutralizacją utworów glebowych zakwaszonych – 18,2 ha,

Obecnie eksploatacja siodła IX odbywa się ze zwałowaniem wewnętrznym, dzięki czemu jest możliwa równoczesna szybka rekultywacja zwałowiska i oddanie go „środowisku” [Dziekan 2006].



Fot. 5. Eksploatacja siodła IX
Phot. 5. The mining of folds IX



Fot. 6. Eksploatacja siodła IX
Phot. 6. The mining of folds IX

Wnioski

Skład gatunkowy nasadzeń związany z rekultywacją leśną terenów pokopalnianych KWB Sieniawa przyczynił się do powiększenia niszy ekologicznej dla istniejącej w tym rejonie fauny a co za tym idzie zwiększył jej populację. Właściwe ukształtowanie terenu byłych zapadlisk i wyrobisk umożliwia odprowadzenie wód opadowych zgodnie z pierwotnym spływem. Pozostawione celowo niektóre zapadliska i zaniżenia stały się źródłem powstania licznych zbiorników wodnych, które znakomicie wpisują się w charakter rzeźby tego terenu.

Kopalnia Węgla Brunatnego „Sieniawa” jest doskonałym przykładem, gdzie działalność górnicza może współistnieć z przyrodą. Jednym z faktów świadczących o tym, jest powołanie w roku 1985 Łagowskiego Parku Krajobrazowego częściowo na zrehabilitowanych terenach pokopalnianych. Obecnie eksploatacja ze względu na niewielki zakres, odbywa się bez większych szkód dla środowiska naturalnego. Prowadzona na bieżąco rekultywacja ogranicza jeszcze ten wpływ. Pełne wykonanie rekultywacji, zgodnie z projektem, powinno przyczynić się do wzrostu walorów krajobrazowych tych terenów.

W porównaniu z innymi polskimi kopalniami wydobywającymi węgiel brunatny, eksploatacja w KWB „Sieniawa” prowadzona jest na niewielką skalę. Prace rekultywacyjne są równie istotne jak w kopalniach wielkoobszarowych. Rekultywacja prowadzona jest tutaj rzetelnie i zgodnie z wytycznymi rekultywacyjnymi.

Literatura

1. BIK A.: *Spoglądamy w przyszłość przez pryzmat środowiska naturalnego*. Węgiel Brunatny, nr 54, 23-24, 2006
2. CZERNI S. i inni: *Encyklopedyczny słownik techniczny*. WNT, Warszawa 1967
3. DZIEKAN M.: *Projekt prac rekultywacyjnych na obszarze wyrobiska S-VIII Zachód II Sieniawa*. 2006
4. GANECKI Z.: *Kopalnia Węgla Brunatnego „Sieniawa”*. Węgiel Brunatny, nr 1, 12-16, 1993
5. KASZTELEWICZ Z.: *Węgiel brunatny optymalna oferta energetyczna dla Polski*. PPWB, Bogatynia, 2007
6. KASZTELEWICZ Z., HAJDO S., SYPNIEWSKI SZ.: *Rekultywacja terenów pogórnich*. Aura, nr 9, 4-7, 2009
7. KASZTELEWICZ Z., HAJDO S., SYPNIEWSKI SZ.: *Górnictwo odkrywkowe a rekultywacja terenów pogórnich. Cz. I. Problemy ekologii*, nr 1, 22-32, 2010

8. PIWOCKI M.: *Zasoby węgla brunatnego w miocenie rejonu Sieniawy na Ziemi Lubuskiej*. Węgiel Brunatny, nr 2, 11-15, 2003
9. *Operat urzędzeniowy rekultywacji i zagospodarowania terenów pokopalnianych KWB „Sieniawa” w Sieniawie, gm. Łagów, woj. Zielonogórskie*. Biuro Urządzenia Lasu i Geodezji Leśnej w Gorzowie, 1991.
10. Ustawa z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych (Dz. U. 2004 nr 121 poz. 1266 z poz. zmian.)
11. Ustawa z dnia 4 lutego 1994 r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. 2005 nr 228 poz. 1947 z poz. zmian.)

THE RECLAMATION OF POST-MINING AREAS OF KWB "SIENIAWA" SP. Z O.O.

S u m m a r y

The article presents the actual state of reclamation of the post-mining areas of the lignite strip mines of KWB "Sieniawa" Sp. z o.o. Discussed is the development of "Sieniawa" Strip Mine, the issues pertaining to transformation of the land surface resulting from the conducted mining operation, as well as the overall prevailing conditions that are related to land reclamation and development. Presents the data that characterize the reclamation of lands for forestry, agriculture and water management purposes.

Key words: reclamation, opencast mining, post mining terrains

KRZYSZTOF POLAK, JERZY KLICH*

**ZMIANY SKŁADNIKÓW BILANSU WÓD
W ZLEWNI GÓRNICZEJ**

Streszczenie

Większość dużych wyrobisk górniczych rekultywowana jest w kierunku wodnym. Wpływa to na znaczące zmiany stosunków wodnych w skali zlewni. Zmiany mogą być korzystne nie tylko porównaniu z warunkami górniczymi funkcjonowania zlewni, ale także porównując warunki wodne zlewni przed rozpoczęciem eksploatacji górniczej. Górnictwo odkrywkowe daje szanse na zwiększenie wskaźnika retencji wód słodkich.

Słowa kluczowe: wody podziemne, wody powierzchniowe, bilans wód, odwanianie kopalń, zatapianie wyrobisk odkrywkowych

Wstęp

Zlewnią nazywamy każdy obszar, bez względu na jego wielkość, z którego wody spływają do jakiegoś określonego miejsca [Lambor 1971]. W zależności od formy odpływu wyróżniamy zlewnię powierzchniową i podziemną. W warunkach naturalnych, w większości przypadków, granice zlewni powierzchniowej i podziemnej pokrywają się lub mają zbliżony przebieg. Bilans wodny, dla danej zlewni, przedstawić można za pomocą równania Penck'a:

$$P = H_p + H_g + E + dR \quad (1)$$

gdzie:

P - opady

H_p - odpływ powierzchniowy

H_g - odpływ podziemny

E - parowanie

dR - zmiany retencji

* Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii

Dla zlewni naturalnych i długich okresów bilansowania, obejmujących co najmniej jeden cykl hydrologiczny, wielkości zasobów poszczególnych składników równania (1) są stałe w czasie. Zasoby wodne zlewni mogą się zmieniać pod wpływem warunków zewnętrznych, tj. np.:

1. zmian klimatycznych posiadających trwałą tendencję,
2. zmian w sposobie gospodarowania wodą na obszarze zlewni,

Zmiany w klimacie ziemi zachodziły wielokrotnie i miały ogromny wpływ na kształtowanie się zasobów na całych kontynentach. Natomiast zmiany warunków funkcjonowania zlewni związane są w ostatnim okresie dziejów planety z inżynierską działalnością człowieka. Przekształcenia te mają zazwyczaj związek z regulacją rzek, budową tam i tworzeniem sztucznych zbiorników wodnych czy wykorzystaniem zasobów wodnych i pozyskiwaniem wód dla celów gospodarczych. Jednym z takich rodzajów działalności człowieka jest pozyskiwanie kopalin, z którym zazwyczaj wiąże się odwadnianie górotworu. Działalność ta ma wpływ na zasoby wodne zlewni i powoduje zazwyczaj przemijające, ale także i trwałe zmiany charakteru zlewni. Może powodować także znaczne przesunięcia granic zlewni podziemnej względem powierzchniowej.

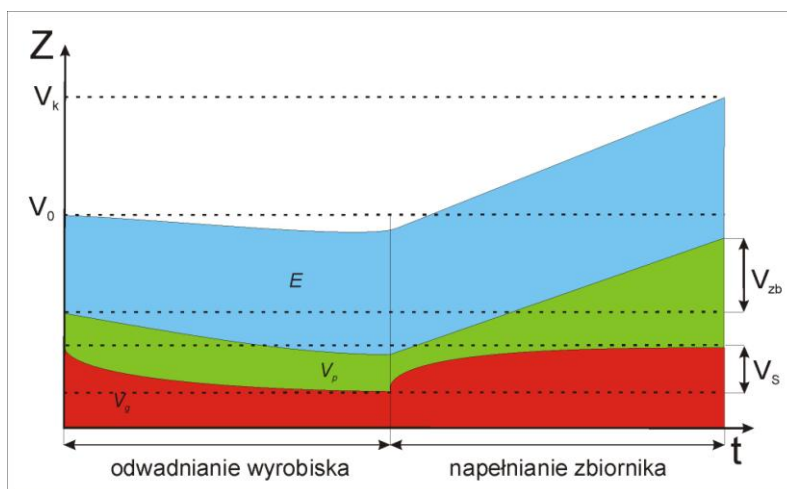
Celem niniejszej pracy jest ocena wpływu działalności górniczej na zmiany charakteru zlewni, a w szczególności ocena zmian, jakie wywołuje zaprzestanie działalności górniczej.

Zamiany charakteru zlewni pod wpływem górniczego odwadniania

Złoża kopalin usytuowane poniżej zwierciadła wód podziemnych, w przeważającej większości przypadków, wymagają odwodnienia w celu ich eksploatacji w warunkach lądowych. Proces odwadniania rozpoczyna się zazwyczaj z pewnym wyprzedzeniem w stosunku do prowadzonych prac górniczych. Odwadnianie powoduje powstanie strefy obniżonego zwierciadła wód podziemnych zwanego lejem depresji. W trakcie formowania się leja wyróżnić można kilka faz (Sozański 1969):

1. W fazie początkowej obserwowane jest zczерpywanie głównie zasobów statycznych wód podziemnych w strefie formującego się leja depresji. Nie wielkie jeszcze gradienty ciśnień, początkowo w znikomym stopniu, ale jednak uruchamiają przepływ wody, powodując uruchomienie zasobów dynamicznych. Wody odprowadzane z systemu odwodnienia kierowane są do lokalnych rzek i potoków przyczyniając się do zwiększenia zasobów wód powierzchniowych. W bilansie Penck'a suma składników się równoważy. Faza ta jest stosunkowo krótka i kończy się po odprowadzeniu pewnej ilości zasobów statycznych wód podziemnych, poprzez cieki powierzchniowe, poza granice zlewni.

2. W kolejnej fazie zachodzi rozwijanie się zasięgu leja depresji zarówno w pionie i poziomie. W jej trakcie zanikają zasoby statyczne wód podziemnych oraz wzrasta udział, w dopływie do systemu odwodnienia, wód pochodzących z zasobów dynamicznych. Faza ta kończy się w chwili osiągnięcia docelowych wymiarów systemu odwodnienia i leja depresji wód podziemnych. W bilansie wód podziemnych dochodzi do znacznego uszczuplenia zasobów, co ma związek z odprowadzeniem statycznych zasobów wód podziemnych poza granice zlewni. Zasoby dynamiczne wód podziemnych dopływające do systemu odwodnienia wpływają natomiast na wzbogacenie zasobów wód powierzchniowych.
 3. W następnej fazie stabilizują się docelowe depresje zwierciadła wody. Do systemu odwodnienia dopływają zasoby dynamiczne wód podziemnych. Są one odprowadzane do sieci hydrograficznej. Przepływy w ciekach powierzchniowych nieznacznie się zmniejszają, co ma związek z zanikiem wód statycznych wód podziemnych oraz zwiększoną infiltracją wód w leju depresji. Warto tu zauważyć, że poprzez wykorzystanie wód np. do celów chłodniczych w elektrowniach opalanych węglem pozyskiwanym w pobliskich kopalniach zwiększa się w przynależnych zlewniach składowa bilansu jaką jest parowanie.
 4. Po zakończeniu eksploatacji należy wyszczególnić kolejną fazę wynikającą z zakończenia odwadniania górotworu. W zlewni istnieje nowy obiekt, którym jest zbiornik końcowy. Przestrzeń górotworu objęta wcześniej lejem depresji wypełnia się wodami podziemnymi pochodzącymi z zasobów dynamicznych. Podnoszenie się zwierciadła wody w górotworze powoduje jednak zmniejszenie gradientów ciśnienia, co wpływa na zmniejszanie się dopływu dynamicznego. Brak odprowadzania wód kopalnianych do cieków powierzchniowych wpływa na zmniejszenie odpływu powierzchniowego, a gromadzenie wód się w jeziorze powyrobowiskowym powoduje wzrost retencji na niespotykaną wcześniej skalę. Wzrost zasobów wody w zlewni zależy głównie od infiltracji wód opadowych.
 5. W ostatniej fazie zachodzi powrót zwierciadła wód podziemnych do rzędnych zbliżonych do pierwotnych. Zasoby dynamiczne wód podziemnych są bardzo małe. Odbudowane zostają w pełni zasoby statyczne wód podziemnych. W zlewni dochodzi też do istotnej zmiany: za przyczyną pojemności jeziora powyrobowiskowego wzrasta retencja końcowa. Istnienie tafli wody przyczynia się też do wzrostu parowania. W stosunku do warunków naturalnych parowanie odbywa się kosztem odpływu powierzchniowego.
- Granice pomiędzy fazami są trudne do wyróżnienia, a charakter zmian jest ciągły w czasie. Wyraźną granicą jest jedynie moment zakończenie odwadniania i rozpoczęcie wypełniania leja depresji. Przebieg zmian w zlewni górniczej przedstawiono ideowo na rysunku 1.



Rys. 1. Kształtowanie się zasobów wód w zlewni górniczej; oznaczenia: Z - zasoby, t - czas, V_g - wody podziemne, V_p - wody powierzchniowe, E - parowanie, V_s - zasoby statyczne wód podziemnych, V_0 - zasoby początkowe, V_k - zasoby końcowe, V_{zb} - pojemność zbiornika końcowego (opracowanie własne)

Fig. 1. Developing water resources in the catchment area of mining, marks: Z - resources, t - time, V_g - underground waters, V_p - surface waters, E - evaporation, V_s - static groundwater resources, V_0 - initial stocks, V_k - final stocks, V_{zb} - final reservoir capacity (own work)

Analizując zmiany jakie zachodzą w zlewni w związku z zakończeniem odwadniania można postawić następujące tezy:

1. Napełnianie zbiorników końcowych powoduje wzrost zasobów wodnych zlewni.
2. Zakończenie odwadniania wyrobiska powoduje zmiany w poszczególnych składnikach bilansu wodnego zlewni.
3. Powstałe zbiorniki końcowe mają wpływ na zwiększenie wskaźnika retencji w zlewni.

W dalszej części pracy przedstawiony zostanie materiał badaczy pozwalający na uzasadnienie powyższych tez.

Analiza przebiegu napełniania leja depresji wokół jeziora powyrobiskowego

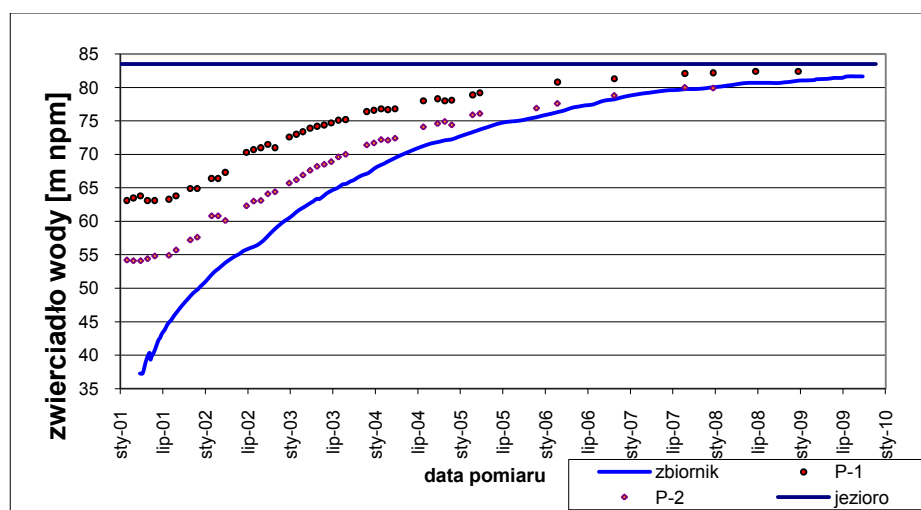
W celu określenia zmian w zlewni, jakie mają związek z zatapianiem wyrobiska odkrywkowego, poddano analizie wyniki monitoringu środowiska wodnego prowadzonego przez okres blisko 9 lat w obrębie tego wyrobiska.

Utworzony zbiornik napełniany był poprzez naturalny dopływ wód podziemnych, zachodzący po wyłączeniu systemu odwadniania. Strumień wód

podziemnych pochodził głównie od strony sąsiedniego jeziora oddalonego o kilkaset metrów od granic odkrywki. Dla przyspieszenia tempa zatapiania wyrobiska skierowano także do niego wody pochodzące spoza leja depresji. Szacuje się, że połowa wód zgromadzonych w utworzonym zbiorniku końcowym pochodzi właśnie z tego źródła zasilania [Polak i Klich 2006, Wachowiak i Wachowiak 2005]. Warto zauważyć, że dodatkowe zasilanie wodami pochodzącymi spoza zlewni własnej wyrobiska mogło przyczynić się do przyspieszonego wzniosu zwierciadła wód podziemnych w otoczeniu jeziora powyrobi-skowego (Klich i Polak 2006).

Sposób rekultywacji oraz zagospodarowanie wodne wyrobiska omówiono w kilku publikowanych pracach [Kasztelwicz 2003, Michalski 2003, Polak i Galiniak 2007]. Warunki hydrologiczne w granicach wpływu odwadniania kopalń na środowisko wodne w omawianym rejonie przedstawione były w pracy [Wachowiak i Wachowiak 2005].

Wyniki monitoringu w postaci pomiarów rzędnej zwierciadła wody w zbiorniku oraz w piezometrach zlokalizowanych pomiędzy wyrobiskiem a naturalnym jeziorem przedstawiono na rysunku 2. Liniami ciągłymi zaznaczono pomiary zwierciadła wody w jeziorze i wyrobisku, natomiast punktami zaznaczono pomiary zwierciadła wody w dwóch piezometrach położonych w linii pomiędzy jeziorem i napełnianym zbiornikiem.



Rys. 2. Wznios zwierciadła wody w zatapianym wyrobisku odkrywkowym oraz w warstwie wodonośnej (piezometry P-1 i P-2) w stosunku do położenia zwierciadła wody w naturalnym jeziorku

Fig. 2. Height of water table in flooded excavation and quarrying in the aquifer (piezometers P-1 and P-2) in relation to the position of water table in a natural lake

Analiza przedstawionych na wykresie danych wskazuje, że pomimo przyspieszonego tempa napełniania wyrobiska zwierciadło wody w warstwach wodonośnych odbudowuje się znacznie szybciej niż w wyrobisku odkrywkowym. Dane z piezometru P-2 wskazują, że dopiero przy docelowych rzędnych zwierciadła wody wystąpiła sytuacja kiedy zwierciadło wody w zbiorniku położone jest nieznacznie wyżej niż w warstwie wodonośnej. Warto też zauważyć, że pomimo zaprzestania zrzutu wód kopalnianych do jeziora nie uległa w nim obniżeniu rzędna zwierciadła. Układ krzywych na wykresie 2. wskazuje jednakże, że w trakcie zatapiania zachodził przepływ od jeziora do wyrobiska odkrywkowego.

W odniesieniu do całego bilansu wód zlewni stwierdzić należy, że zakończenie odwodnienia górniczego spowodowało zmniejszenie zasobów wód płynących w ciekach powierzchniowych. Natomiast spływ wody do jeziora powyrobiskowego spowodował:

- odbudowywanie się zasobów statycznych wód podziemnych w leju depresji wokół kopalni (kosztem zmniejszenia zasobów dynamicznych),
- zwiększenie wskaźnika retencji zlewni poprzez gromadzenie się wody w jeziorze powyrobiskowym,
- zwiększenie składowej parowania poprzez otwartą powierzchnię wody,
- zwiększenia globalnych zasobów wodnych w zlewni pogórnicy względem zlewni naturalnej, co dokonało się poprzez wypełnienie wodą wyeksploatowanej części górotworu.

Podsumowanie i wnioski końcowe

Napełnianie jezior pogórnicych w górnictwie odkrywkowym jest zazwyczaj koniecznością wynikającą z głębokości odkrywek oraz usytuowania dna wyrobisk poniżej pierwotnej rzędnej zwierciadła wód podziemnych.

Uzupełnienie strat w środowisku wodnym, jakie powstają poprzez odprowadzenie zasobów statycznych wód podziemnych, wobec stosunkowo niewielkiego zasilania infiltracyjnego, wymaga zazwyczaj wielu lat. W związku z małą pojemnością wodną skał w leju depresji proces odbudowywania się zwierciadła wody zachodzi znacznie szybciej niż w jeziorze pogórnicych, gdzie wskaźnik pojemności wodnej ma wartość kilkukrotnie większą. Otwarte zwierciadło wody sprzyja także znacznym stratom zasobów poprzez parowanie, co dodatkowo spowalnia tempo napełniania jeziora powyrobiskowego.

W związku z powyższym napełnianie wyrobisk wspomaga się wodami pochodzącymi spoza leja depresji. Wody takie pobierane są zazwyczaj z sąsiednich kopalń lub w przypadku ich braku z zasobów wód powierzchniowych. Przedstawiona analiza wyników monitoringu wód w otoczeniu napełnianego wskazuje, że:

- napełnianie wyrobisk odkrywkowych przyczynia się do odbudowywania się zasobów wód podziemnych w leju depresji, przy czym procesy przebiegają równocześnie w czasie,
- zakończenie zrztu wody kopalnianej do jezior nie wpływa obniżenie stanu wody gdyż kontakt hydrauliczny pomiędzy zbiornikami nie jest bezpośredni; ma to związek z kolmatacją dna naturalnych zbiorników wodnych,
- odbudowa zasobów wód podziemnych prawdopodobnie odbywa się głównie przez zasilanie infiltracyjne.

W związku z zatapianiem wyrobiska zachodzą dosyć poważne zmiany poszczególnych składowych bilansu wodnego. Dochodzi m. in. do:

- zmniejszenia wielkości przepływu wód powierzchniowych,
- zwiększenia wskaźnika retencji wód powierzchniowych,
- odbudowy zasobów wód podziemnych (w leju depresji),
- zwiększenia parowania z otwartego lustra wody.

W związku z powyższym zmiany zachodzące w zlewni po zaprzestaniu odwadniania należy ocenić jako pozytywne. Za takie należy też uznać zmiany zachodzące w zlewni pogórnicej w stosunku do warunków pierwotnych.

Praca zrealizowana została na Wydziale Górnictwa i Geoinżynierii w ramach prac statutowych nr 11.11.100.372.

Literatura

1. KASZTELEWICZ Z.: Likwidacja zakładu górniczego na przykładzie odkrywki „Pątnów” KWB „Konin” w Kleczewie S.A. Górn. Odkryw. nr 5-6, 2003,
2. KLICH J., POLAK K.: Zastosowanie szeregów czasowych przy rozwiązywaniu aktualnych problemów w kształtowaniu środowiska wodnego w górnictwie odkrywkowym. Górn. Odkryw. nr 3-4, 2006 r.
3. LAMBOR J.: “Hydrologia Inżynierska”, Wydawnictwo Arkady Warszawa 1971
4. MICHALSKI A.: Rekultywacja i zagospodarowanie wyrobiska końcowego - Odkrywka „Pątnów” KWB „Konin” w Kleczewie S.A. Węgiel Bruntny nr 1 (42), 2003 r.
5. POLAK K., GALINIAK G.: Wstępna ocena podatności zbiornika poeksploatacyjnego Pątnów na degradację. Górn. Odkryw. nr 5-6, 2007 r.
6. POLAK K., KLICH J.: The statistical-balance method of predicting open-pit mine flooding processes, Archiwum Górnictwa, T51/2/2006
7. SOZAŃSKI J.: Odwadnianie Odkrywek i Zwałów Górniczych, Wyd. Śląsk 1969

8. WACHOWIAK G., WACHOWIAK A.: Zbiornik w wyrobisku końcowym Odkrywki „Pątnów” Kopalni Węgla Brunatnego „Konin” i jego bilans wodny za okres 2003-2004. Bad. Fizjogr. Nad Polską Zach. Seria A., T. 56, 2005 r.

CHANGES OF WATER BUDGET COMPONENTS IN MINING DRAINAGE AREA

S u m m a r y

Majorities of open-pits are reclaimed as water reservoirs. Such process has great effect on a water environment in scale of drainage area. Those changes can be beneficial not only in comparison with mining condition but also in comparison with natural water condition taking place before mining activity. Open pit mining is giving great opportunity for growing coefficient of surface water storage.

Key words: groundwater, surface water, drainage area, mine dewatering, mine flooding



**UNIWERSYTET ZIELONOGÓRSKI
INSTYTUT INŻYNIERII ŚRODOWISKA**

ZAPRASZA DO PODJĘCIA STUDIÓW

**NA KIERUNKU INŻYNIERIA ŚRODOWISKA
ZE SPECJALNOŚCIAMI: SYSTEMY OCHRONY ŚRODOWISKA,
URZĄDZENIA SANITARNE, ZAOPATRZENIE W WODĘ,
UNIESZKODLIWIANIE ŚCIEKÓW I ODPADÓW**

Studia pierwszego stopnia **inżynierskie** odbywają się w formie studiów stacjonarnych (3,5-letnie) i niestacjonarnych (4-letnie).

Studia drugiego stopnia **magisterskie** odbywają się w formie studiów stacjonarnych (1,5-roczone) i niestacjonarnych (2-letnie).

Studia trzeciego stopnia **doktoranckie** odbywają się w formie studiów stacjonarnych (4-letnie).

Informacje o kierunku i specjalnościach znajdziecie Państwo na stronie:

http://www.wils.uz.zgora.pl/oferta_dydaktyczna.html#dwa

Dziekanat WILiŚ (pok. 101 i 102, bud. A-8) czynny: wtorek, środa, czwartek, piątek - w godzinach 10-13, sobota (w czasie zjazdów WILiŚ): w godzinach 8-12, nieczynny – poniedziałek.

Informacje na temat rekrutacji:

<http://rekrutacja.uz.zgora.pl/index.php?akt>

Strona internetowa Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska:

<http://www.wils.uz.zgora.pl/index.html>

Strona internetowa Instytutu Inżynierii Środowiska:

<http://www.iis.uz.zgora.pl/>



**UNIWERSYTET ZIELONOGÓRSKI
INSTYTUT INŻYNIERII ŚRODOWISKA**

**ZAPRASZA
DO WSPÓŁPRACY**

Oferujemy wykonanie:

- ocen oddziaływania na środowisko i raportów środowiskowych, na rzecz opracowań środowiskowych i planistycznych;
- opracowań ekofizjograficznych na inne cele niż wyżej podane;
- projektów koncepcyjnych i wykonawczych rekultywacji terenów zdegradowanych;
- dokumentacji geologiczno-inżynierskich;
- operatów wodno-prawnych;
- badań właściwości wód powierzchniowych i podziemnych, w tym przeznaczonych do spożycia;
- badań ścieków komunalnych i przemysłowych, osadów ściekowych i odpadów;
- badań gleb i gruntów wraz z podaniem zaleceń uprawowych i rekultywacyjnych.

