Potencjał zasobowy węgla brunatnego w Polsce ze szczególnym uwzględnieniem kompleksów złóż gubińskich i legnickich

Opracował:

Dr Jacek Robert Kasiński

Spis treści

1. CZĘŚĆ OGÓLNA 4

1.1. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA ZŁÓŻ WĘGLA BRUNATNEGO W POLSCE I OKREŚLENIE ICH POTENCJAŁU ZŁOŻOWEGO 4

1.2. WALORYZACJA ZŁÓŻ WĘGLA BRUNATNEGO W ŚWIETLE WYMAGAŃ OCHRONY ZŁÓŻ 6

1.3. CHARAKTERYSTYKA POTENCJALNYCH METOD EKSPLOATACJI/UTYLIZACJI ZŁÓŻ WĘGLA BRUNATNEGO 7

1.3.1. Eksploatacja podziemna 7

1.3.2. Eksploatacja odkrywkowa 9

1.3.3. Eksploatacja metodą hydrootworową 11

1.3.4. Zgazowanie termiczne węgla w złożu 13

1.3.5. Biotechnologiczna konwersja w inne nośniki energii 15

2. CZĘŚĆ SZCZEGÓŁOWA 16

2.1. KOMPLEKS ZŁÓŻ GUBIŃSKICH (ZŁOŻA: GUBIN, GUBIN-ZASIEKI-BRODY, LUBSKO). 16

2.1.1. Zarys budowy geologicznej. 17

2.1.2. Charakterystyka jakości surowca 18

2.1.3. Zasoby węgla brunatnego 19

2.1.4. Parametry geologiczno-górnicze 19

2.1.5. Warunki hydrogeologiczne. 21

2.1.6. Zagospodarowanie powierzchni złoża i charakterystyka środowiska naturalnego. 22

2.2. KOMPLEKS ZŁÓŻ LEGNICKICH (ZŁOŻA: LEGNICA PÓŁNOC, LEGNICA WSCHÓD, LEGNICA ZACHÓD, RUJA, ŚCINAWA, ŚCINAWA-GŁOGÓW). 23

2.2.1. Zarys budowy geologicznej. 25

2.2.2 Charakterystyka jakości surowca 26

2.2.3 Zasoby węgla brunatnego 27

2.2.4. Parametry geologiczno-górnicze 29

2.2.5. Warunki hydrogeologiczne. 30

2.2.6. Zagospodarowanie powierzchni złoża i charakterystyka środowiska naturalnego. 32

3. PODSUMOWANIE I WNIOSKI 34

Spis tabel

TABELA 1 REJONIZACJA ZŁÓŻ WĘGLA BRUNATNEGO W POLSCE (WEDŁUG: KASIŃSKI & PIWOCKI 2002) 5
TABELA 2 ZŁOŻA WĘGLA BRUNATNEGO NAJKORZYSTNIEJSZE DO ZAGOSPODAROWANIA(WEDŁUG: KASIŃSKI *ET AL*. 2006) 7
TABELA 3 PARAMETRY CHEMICZNO-TECHNOLOGICZNE WĘGLA BRUNATNEGO W KOMPLEKSIE ZŁÓŻ GUBIŃSKICH. WEDŁUG: KASIŃSKI *ET AL.* 2008, UZUPEŁNIONE. [WIĘKSZY FORMAT] 19
TABELA 4 ZASOBY WĘGLA BRUNATNEGO W ZŁOŻACH GUBIŃSKICH (WEDŁUG: KASIŃSKI *ET AL*. 2008, UZUPEŁNIONE) 20
TABELA 5 PARAMETRY GEOLOGICZNO-GÓRNICZE ZŁÓŻ GUBIŃSKICH 20
TABELA 6 PODSTAWOWE PARAMETRY HYDROGEOLOGICZNE POSZCZEGÓLNYCH POZIOMÓW WODONOŚNYCH. [WIĘKSZY FORMAT] 21
TABELA 7 PARAMETRY JAKOŚCIOWE WĘGLA BRUNATNEGO W KOMPLEKSIE ZŁÓŻ LEGNICKICH (WEDŁUG PIWOCKI & KASIŃSKI 2006) 27
TABELA 8 ZASOBY WĘGLA BRUNATNEGO W ZŁOŻACH LEGNICKICH (WEDŁUG: PIWOCKI & KASIŃSKI 2006) 29
TABELA 9 PARAMETRY GEOLOGICZNO-GÓRNICZE POKŁADÓW WĘGLA BRUNATNEGO W ZŁOŻACH LEGNICKICH (WARTOŚCI ŚREDNIE), (WEDŁUG: PIWOCKI & KASIŃSKI 2006) 30

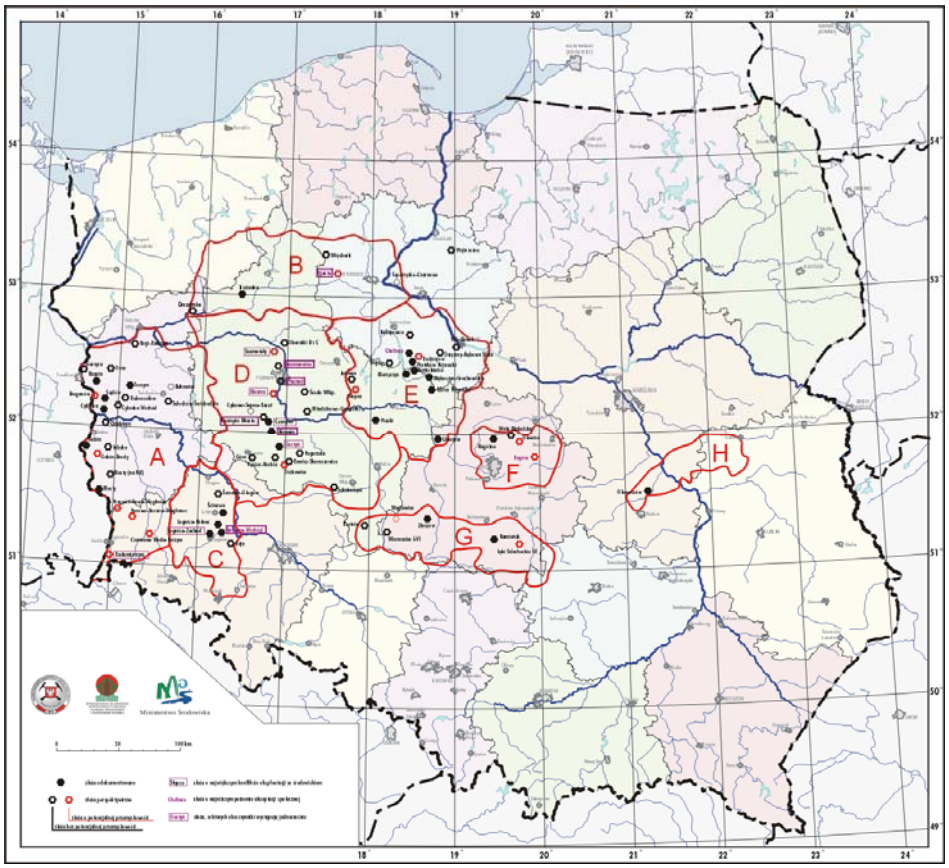
Spis rycin

RYC. 1 MAPA ZŁÓŻ WĘGLA BRUNATNEGO NA TLE REJONÓW WYSTĘPOWANIA ZŁÓŻ W POLSCE Z UWZGLĘDNIENIEM ELEMENTÓW WALORYZACJI. OPRACOWAŁ: MGR ANDRZEJ SATERNUS NA PODSTAWIE: KASIŃSKI *ET AL.* 1991 I KASIŃSKI *ET AL.* 2006. OZNACZENIA REGIONÓW WĘGLONOSNYCH: A – ZACHODNI, B – PÓŁNOCNO-ZACHODNI, C – LEGNICKI, D – WIELKOPOLSKI, E – KONIŃSKI, F – ŁÓDZKI, G – BEŁCHATOWSKI, H – RADOMSKI. [WIĘKSZY FORMAT] 4
RYC. 2 SCHEMAT PROCESU ZGAZOWANIA PODZIEMNEGO I PRODUKCJI ENERGII ELEKTRYCZNEJ (WEDŁUG: NOWAK & KOZŁOWSKI 2009.) 14
RYC. 3 MAPA ZASOBÓW WĘGLA BRUNATNEGO W KOMPLEKSIE ZŁÓŻ GUBIŃSKICH. [WIĘKSZY FORMAT] 17
RYC. 4. PRZEKRÓJ GEOLOGICZNY PRZEZ KOMPLEKS ZŁÓŻ GUBIŃSKICH. [WIĘKSZY FORMAT] 18
RYC. 5. MAPA ZASOBÓW WĘGLA BRUNATNEGO W KOMPLEKSIE ZŁÓŻ LEGNICKICH. [WIĘKSZY FORMAT] OPRACOWAŁ: MGR ANDRZEJ SATERNUS NA PODSTAWIE: PIWOCKI & KASIŃSKI 2006. 24
RYC. 6 PRZEKROJE GEOLOGICZNE PRZEZ KOMPLEKS ZŁÓŻ LEGNICKICH. [WIĘKSZY FORMAT] WEDŁUG: PIWOCKI & KASIŃSKI 2006. 25
RYC. 7 ZASOBY WĘGLA BRUNATNEGO W ZŁOŻACH LEGNICKICH. WEDŁUG: PIWOCKI & KASIŃSKI 2006. 28
RYC. 8. MAPA SKAŻENIA GLEB ZWIĄZKAMI MIEDZI NA OBSZARZE BYŁEGO WOJEWÓDZTWA LEGNICKIEGO. WEDŁUG: LIS & PASIECZNA 1999. [WIĘKSZY FORMAT] 33

1. Część ogólna

1.1. Ogólna charakterystyka złóż węgla brunatnego w Polsce i określenie ich potencjału złożowego

Węgle brunatne występują powszechnie na obszarze Niżu Polskiego i w basenach satelickich w utworach paleogenu i neogenu, (Ciuk & Piwocki 1990). Szczególnie bogate złoża występują w zachodniej części Polski (ryc. 1, tabela 1). Te właśnie złoża stanowią najważniejsze obecnie źródło surowców energetycznych w Polsce.



Ryc. 1 Mapa złóż węgla brunatnego na tle rejonów występowania złóż w Polsce z uwzględnieniem elementów waloryzacji. Opracował: mgr Andrzej Saternus na podstawie: Kasiński *et al.* 1991 i Kasiński *et al.* 2006. Oznaczenia regionów węglonosnych: A – zachodni, B – północno-zachodni, C – legnicki, D – wielkopolski, E – koniński, F – łódzki, G – bełchatowski, H – radomski. [większy format]

Tabela 1 Rejonizacja złóż węgla brunatnego w Polsce (według: Kasiński & Piwocki 2002)

Rejon	Liczba złóż	Zasoby ogółem mln Mg
Bełchatowski	8	2 440.4
Koniński	58	1 050.4
Legnicki	13	14 428.9
Łódzki	6	773.9
Północno-Zachodni	5	941.3
Radomski	5	95.4
Zachodni	62	6 122.3
Wielkopolski	21	14 225.3
Złoża poza regionami	12	40.7
Ogółem	190	40 148.6

Znaczenie gospodarcze ma tylko jeden pokład węgla, występujący wśród utworów paleogenu na przestrzeni około 7 700 km^2 – oligoceński **V pokład czempiński**. Pokład ten osiąga znaczne miąższości (do 45 m) jedynie w kilku złożach (Rogóźno, Łąnięta), z których żadne nie jest w chwili obecnej eksploatowane. Niewielkie znaczenie ma także najstarszy pokład mioceński – **IV pokład dąbrowski**, występujący na obszarze 7 000 km^2 (złoża: Gubin, Gubin-Zasieki-Brody, Ścinawa). Istotniejsze pod względem ekonomicznym są młodsze pokłady występujące wśród utworów miocenu: **III pokład ścinawski**, rozprzestrzeniony na obszarze około 30 000 km^2 i osiągający miąższości do 35 m (złoża: Mosty, Ścinawa), **II pokład łużycki**, zajmujący powierzchnię około 61 000 km^2 o grubości do 40 m (złoża: Czempin, Gostyń, Krzywiń, Lubstów, Mosina, Naramowice, Radomierzyce, Szamotuły), a w zapadliskach tektonicznych nawet do 250 m (złoże Bełchatów) oraz **I pokład środkowopolski** o powierzchni około 70 000 km^2 i miąższości sięgającej 20 m (złoża regionu konińskiego).

Pomimo planowanego zwiększenia wykorzystania w energetyce gazu ziemnego i spodziewanego wzrostu produkcji energii ze źródeł odnawialnych przewiduje się, że jeszcze w 2030 roku 60 % energii elektrycznej będzie produkowane w elektrowniach opalanych węglem kamiennym i brunatnym. Węgiel brunatny jest jednak obecnie najtańszym źródłem energii (około 19 USD/MWh), co stanowi około 65 % kosztów energii uzyskiwanej z węgla kamiennego). Cztery z pięciu wielkich elektrowni opalanych węglem brunatnym produkują energię tańszą niż elektrownia „Opole", najtańsza elektrownia pracująca na węglu kamiennym. Sprzyjające warunki geologiczne i zaawansowana technologia wydobycia (nie bez znaczenia jest niski koszt transportu wielkogabarytowych ładunków taśmociągami) powodują że w przeliczeniu na wartość opałową (kaloryczność) węgiel brunatny jest najtańszym źródłem energii w Polsce i pozostanie takim w dającej się przewidzieć perspektywie czasowej (Bielikowski *et al.* 1999; Kasztelewicz 2007, 2008).

Bezpośrednie zaplecze zasobowe górnictwa węgla brunatnego stanowią geologiczne zasoby bilansowe w czynnych i budowanych zakładach wydobywczych. Wynoszą one ogółem 2 014,4 mln. ton, czyli 14,5% udokumentowanych geologicznych zasobów

bilansowych węgla brunatnego w Polsce (Piwocki *et al*. 2004). Przeważającą część zasobów złóż zagospodarowanych, bo 1 821,5 mln Mg (co stanowi 90,4% całości tych zasobów), rozpoznano z wysoką dokładnością do kategorii A+B+C1 (90,4%). Zasoby przemysłowe złóż zagospodarowanych wynoszą w sumie 1 661,5 mln Mg, co stanowi 82,5% łącznych bilansowych zasobów geologicznych tych obiektów. Podstawową rezerwę zasobową dla dalszego rozwoju górnictwa węgla brunatnego stanowią udokumentowane bilansowe zasoby węgla brunatnego w 61 złożach niezagospodarowanych, które wynoszą 11 836,8 mln Mg. Zasoby te tylko w 21,1% są udokumentowane w wyższych kategoriach (A+B+C1). Dalszą rezerwę zasobową stanowią zasoby prognostyczne kategorii D w złożach perspektywicznych, szacowane na około 23 578,60 mln Mg (zasoby prognostyczne o cechach bilansowych).

1.2. Waloryzacja złóż węgla brunatnego w świetle wymagań ochrony złóż

Złoża węgla brunatnego, poza nielicznymi wyjątkami, są obecnie eksploatowane w całym świecie metodą odkrywkową. Choć w chwili obecnej podjęto prace nad adaptacją niekonwencjonalnych metod eksploatacji dla wykorzystania złóż węgla brunatnego, głównie metodą podziemnego zgazowania, metody te na skalę przemysłową zostaną zastosowane jeszcze nieprędko.

Ponieważ zgodnie z zapisami ustawy „Prawo geologiczne i górnicze" oraz ustawy o zagospodarowaniu przestrzennym teren złoża powinien podlegać ochronie przed niewłaściwym wykorzystaniem i być dostępny do eksploatacji teraz bądź w następnych pokoleniach, ochrona złóż powinna polegać głównie na chronieniu powierzchni nad nimi przed zabudową, która mogłaby utrudnić bądź uniemożliwić ich późniejsze wykorzystanie. Przeprowadzenie przez złoże autostrady, budowa nad nim osiedla mieszkaniowego czy zakładu przemysłowego może tak poważnie zwiększyć koszty jego przyszłej eksploatacji, że stanie się ona nieopłacalna. Właściwy cykl inwestycyjny powinien zatem obejmować następujące etapy:

- rozpoznanie złoża;
- ujęcie złoża w krajowym bilansie zasobów;
- wpisanie złoża do regionalnego i miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego.

Nie wszystkie złoża węgla brunatnego mają oczywiście jednakową wartość, dlatego bezwzględnie chronione powinny być tylko złoża najbardziej wartościowe, o znaczeniu strategicznym dla gospodarki kraju, a w przypadku złóż mniej wartościowych bardziej racjonalne ze społecznego punktu widzenia może być inne wykorzystanie przestrzeni nad złożem. Z tego powodu podstawowe zagadnienie stanowi właściwa waloryzacja złóż.

W celu przygotowania danych niezbędnych do podjęcia przemyślanych decyzji lokalizacyjnych, a także intensyfikacji koniecznej ochrony złóż węgla brunatnego w Państwowym Instytucie Geologicznym przeprowadzono kompleksowe prace mające na celu aktualizację zasobów złóż węgla brunatnego (Piwocki *et al.* 2004) i ich waloryzację pod kątem ekonomicznym, geośrodowiskowym i społecznej akceptacji potencjalnej inwestycji

(Kasiński *et al.*, 2006). W wyniku przeprowadzonych prac wytypowano złoża najkorzystniejsze pod kątem warunków potencjalnego zagospodarowania (*vide* ryc. 1, tabela 2).

Tabela 2 Złoża węgla brunatnego najkorzystniejsze do zagospodarowania (według: Kasiński *et al*. 2006)

Lp.	Nazwa złoża	Rejon	Powierzchnia	Zasoby bilansowe	Średnia miąższość węgla	Nadkład: węgiel
			km^2	mln Mg	m	
1	2	3	4	5	6	7
1	Gubin	Zachodni	73,00	1 050,8	20,0	5,3
2	Rogóźno	Łódzki	18,79	772,8	35,6	6,5
3	Radomierzyce	Zachodni	22,32	503,7	18,0	4,3
4	Gubin-Brody	Zachodni	109,74	1 934,3	18,8	7,2
5	Legnica Zachód	Legnicki	37,33	863,6	21,0	6,6
6	Złoczew	Bełchatowski	8,75	485,6	46,2	4,5
7	Rzepin	Zachodni	20,36	249,5	12,2	7,9
8	Nakło	Północno-zachodni	11,70	254,1	19,5	6,6
10	Trzcianka	Północno-zachodni	91,61	610,2	4,6	9,0
11	Legnica Wschód	Legnicki	38,14	839,3	18,1	7,6
12	Piaski	Koniński	22,57	103,6	6,1	7,3
13	Szamotuły	Wielkopolski	32,00	829,4	21,6	7,2
14	Głowaczów	Radomski	12,87	76,3	4,8	6,5

Złoża zestawione w tabeli powinny podlegać bezwzględnej ochronie dla umożliwienia ich późniejszego zagospodarowania.

1.3. Charakterystyka potencjalnych metod eksploatacji/utylizacji złóż węgla brunatnego

1.3.1. Eksploatacja podziemna

Eksploatacja podziemna węgla brunatnego była stosowana coraz powszechniej w całej Europie poczynając od początku XIX wieku, dziś ma jednak znaczenie jedynie historyczne. W okresie do drugiej wojny światowej na ziemiach polskich działało kilkaset małych kopalń podziemnych (Jaros 1985), głównie w części należącej wówczas do Niemiec. Węgiel brunatny eksploatowano w tym okresie metodą podziemną również na Podkarpaciu, w rejonie Lwowa i na Podolu. Po wojnie przez kilkanaście lat metodą podziemną

wydobywano węgiel brunatny w kopalniach: „Henryk” („Przyjaźń Narodów”) „Kaławsk”, „Lubań”, „Sieniawa” i „Zapomniana”. Ze wszystkich tych zakładów górniczych czynna jest dziś jedynie kopalnia „Sieniawa”, która jednak eksploatuje obecnie węgiel wyłącznie metodą odkrywkową.

Podstawowe elementy kopalni podziemnej węgla brunatnego są takie same jak w kopalniach węgla kamiennego, a więc:

- nadszybia z infrastrukturą techniczną,
- szyby eksploatacyjne i wentylacyjne,
- sieć chodników z infrastrukturą transportową i wentylacyjną,
- miejsca pozyskania urobku (przodek, ściana)
- ciąg technologiczny maszyn dla potrzeb eksploatacji złoża (np. kombajn ścianowy),
- place składowe węgla,
- zwałowiska skały płonnej.

Istnieją istotne zagrożenia środowiska naturalnego związane z podziemną eksploatacją węgla, a także ze strony energetyki opartej na spalaniu węgla brunatnego (wydobycie węgla i produkcję energii elektrycznej należy tu traktować łącznie).

Na potencjalne obciążenie środowiska wywołane eksploatacją podziemną składają się następujące elementy (Barteczek et al. 1988; Nowosielski et al. 1991), które należy uznać za wady omawianej metody eksploatacji:

1. przekształcenia hydrogeologiczne i hydrogeologiczne związane z odwadnianiem górotworu (obniżenie poziomu wód gruntowych, przesuszenie gleb, wpływ na wody powierzchniowe),
2. deformacje geomechaniczne powierzchni terenu ponad kopalnią: deformacje ciągłe związane z procesami osiadania – głównie niecki dynamiczne postępujące wraz z rozwojem frontu robót górniczych oraz deformacje nieciągłe powierzchni terenu ponad kopalnią (szczeliny, progi, uskoki);
3. wstrząsy związane z odprężeniem górotworu;
4. zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego w wyniku emisji pyłu składowania węgla i zwałowania skały płonej oraz gazów powstających podczas pożarów na zwałowiskach skały płonnej (w której zawsze występuje domieszka węgla) w następstwie samozapłonu;
5. zanieczyszczenie wód powierzchniowych (głównie w postaci zawiesiny);
6. emisja hałasu przez pracujące urządzenia kopalni.

Nie można uniknąć (1) przekształceń hydrogeologicznych i hydrogeologicznych w górotworze, jednak ich uciążliwe skutki można zmniejszać przez stosowanie odpowiednich upraw oraz budowę wodociągów wiejskich, a po zakończeniu eksploatacji i zaprzestaniu odwadniania warunki hydrogeologiczne w górotworze ulegną odbudowie w samoistnym procesie. Deformacje geomechaniczne (2) i wstrząsy (3) mają w górnictwie podziemnym znaczną intensywność, w przypadku węgla brunatnego zwiększoną jeszcze przez niewielką grubość nadkładu. Natężenie takich deformacji można minimalizować stosując po przejściu frontu eksploatacyjnego podsadzanie wyrobisk podsadzką piaskową lub uzyskaną na bazie odpadów poflotacyjnych, której składnikami mogą być także popioły i żużle pochodzące

z zakładu energetycznego. Emisję pyłów i gazów w kopalni (4), ogranicza się stosując w czasie suszy zraszanie placów składowych oraz okrywanie zwałowisk skały płonnej pokrywą materiałów odcinających dostęp powietrza (np. iły). Emisję hałasu (ściśle ograniczaną normami) zmniejsza się przez budowę ekranów akustycznych.

W odniesieniu do zagospodarowania złóż legnickich była rozważane zastosowanie metody podziemnej eksploatacji ścianowej (Szymański 2006, Kudełko & Nowak 2007). Metoda ta nie była dotychczas stosowana w Polsce w eksploatacji pokładów węgla brunatnego, choć dla eksploatacji złóż tego surowca rozwiązanie takie byłoby o tyle łatwiejsze, że nie wymaga urabiania z zastosowaniem materiałów wybuchowych ani kombajnów o wysokich parametrach urabiania. W przypadku złóż legnickich przy zastosowaniu tej technologii przewiduje się jednoczesne zastosowanie podsadzki samozestalającej na bazie odpadów flotacyjnych KGHM. Podsadzanie wyrobisk byłoby tu nieodzowne z uwagi na niewielkie zalegania węgla, co w przypadku braku podsadzania wiązałoby się z występowaniem znacznych osiadań powierzchni.

W przypadku zastosowania technologii eksploatacji ścianowej przewiduje się udostępnienie pokładu węgla dwoma rodzajami wyrobisk:

- szybami górniczymi zlokalizowanymi w centralnej części pól eksploatacyjnych, których funkcją byłoby zapewnienie transportu urobku i materiałów podsadzkowych, wentylacji;
- tunelami transportowymi (sztolniami) rozmieszczonymi peryferyjnie i łączącymi poziom eksploatacyjny z powierzchnią w centralnej części pól eksploatacyjnych.

Mimo że eksploatacja podziemna prowadzona metodą ścianową pozwala na pozyskiwanie znacznych ilości węgla (potencjalna zdolność produkcyjna kopalni „Legnica" była szacowana na około 30 mln Mg rocznie), to jednak koszt węgla brunatnego pozyskiwanego w wyniku eksploatacji podziemnej także tą metodą wielokrotnie przewyższa koszt wydobycia tego surowca metodą eksploatacji odkrywkowej (Nowak & Kozłowski 2009).

Ponieważ obecnie żaden z zakładów energetycznych nie jest zaopatrywany w węgiel brunatny pochodzący z kopalń podziemnych, zagadnienia wpływu na środowisko elektrowni spalających węgiel brunatny zostaną omówione w następnym rozdziale.

1.3.2. Eksploatacja odkrywkowa

Eksploatacja odkrywkowa jest dziś stosowana powszechnie w złożach węgla brunatnego, które ze względu na rachunek ekonomiczny są dokumentowane do względnie niewielkiej głębokości (w Polsce według obowiązujących kryteriów bilansowości spąg złoża powinien być położony nie głębiej niż 350 m ppt.). W chwili obecnej wszystkie złoża węgla brunatnego miękkiego, zarówno w Polsce jak i w całej Europie, a także w olbrzymiej większości krajów pozaeuropejskich (w tym w Australii czy Stanach Zjednoczonych) są eksploatowane wyłącznie tą metodą. Dotychczasowe doświadczenia ze stosowania metody odkrywkowej wskazują, że jest ona nie tylko ekonomicznie uzasadniona ale również bezpieczna i stosunkowo łatwa w prowadzeniu (Nowak & Kozłowski 2009).

Podstawowymi elementami kopalni odkrywkowej węgla brunatnego są:

- wkop udostępniający, rozwijający się w miarę upływu czasu w wyrobisko eksploatacyjne (odkrywkę).
- zwałowisko zewnętrzne nadkładu, które w toku lub po zakończeniu eksploatacji powinno zostać ponownie umieszczone w wyrobisku poeksploatacyjnym jako jego częściowe wypełnienie.
- zwałowisko wewnętrzne nadkładu, stanowiące wypełnienie wyrobiska postępujące w miarę rozwoju eksploatacji
- place składowe węgla,
- system odwodnienia powierzchniowego,
- system odwodnienia podziemnego (studnie odwadniające),
- układ KTZ – koparka-taśmociąg-zwałowarka, ciąg technologiczny maszyn dla potrzeb eksploatacji złoża,
- wyrobisko końcowe.

Zagrożenia środowiska naturalnego w wyniku eksploatacji odkrywkowej, a także ze strony energetyki opartej na spalaniu węgla brunatnego, są rzeczywiście poważne. Coraz powszechniejsze stosowanie nowoczesnych technologii przy istniejących surowych normach emisji zanieczyszczeń powoduje jednak, że uciążliwość tego przemysłu dla środowiska znacznie zmalała, a przy jej prowadzeniu jest możliwe zachowanie wszystkich elementów zrównoważonego rozwoju (środowiskowego, ekonomicznego i społecznego).

Na potencjalne obciążenie środowiska wywołane eksploatacją odkrywkową składają się następujące elementy (Piwocki & Kasiński 1994), które należy uznać za wady omawianej metody eksploatacji:

1. całkowite przekształcenie powierzchni terenu w obrębie konturu budowanej odkrywki,
2. przekształcenia hydrologiczne i hydrogeologiczne związane z odwadnianiem odkrywki (obniżenie poziomu wód gruntowych, przesuszenie gleb, wpływ na wody powierzchniowe),
3. deformacje geomechaniczne na przedpolu i zboczach odkrywki i zwałowiska zewnętrznego (osiadanie i powstawanie osuwisk),
4. wstrząsy związane z odprężeniem górotworu,
5. zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego w wyniku emisji pyłu podczas eksploatacji i zwałowania nadkładu oraz gazów powstających podczas pożarów węgla w odkrywce w następstwie jego samozapłonu,
6. zanieczyszczenie wód powierzchniowych (głównie w postaci zawiesiny),
7. emisja hałasu przez pracujące urządzenia kopalni.

Do wymienionych zagrożeń należy dodać zagrożenia ze strony zakładu energetycznego:

8. zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego w wyniku emisji pyłu i gazów generowanych przy spalaniu węgla,
9. zanieczyszczenie termiczne wód powierzchniowych (rzek i jezior),
10. zanieczyszczenie chemiczne wód podziemnych w wyniku ługowania składowisk popiołów,
11. emisja do atmosfery znacznych ilości CO_2.

Stosowane coraz powszechniej nowoczesne technologie zapewniają istotne zmniejszenie zagrożeń na niemal wszystkich wymienionych polach. Nie jest możliwe uniknięcie (1) całkowitego przekształcenia powierzchni terenu w granicach odkrywki, jednak prawidłowo prowadzona rekultywacja pozwala na uzyskanie pełnowartościowych terenów rolniczych, leśnych lub zbiorników wodnych, które po okresie 20 – 30 lat są zwracane gospodarce narodowej. Często zdarza się, że kopalnia oddaje gminie tereny rolnicze o znacznie wyższej klasie bonitacyjnej niż tereny, które kiedyś zajmowała; taka sytuacja ma na przykład miejsce w kopani „Konin". Tereny pogórnicze stają się także atrakcyjnym miejscem wypoczynku świątecznego, szczególnie w obszarach pozbawionych elementów naturalnych, jak to ma miejsce w rejonie Kolonii w Niemczech. Nie można także uniknąć (2) przekształceń hydrologicznych i hydrogeologicznych, jednak ich uciążliwe skutki można zmniejszać przez stosowanie odpowiednich upraw oraz budowę wodociągów wiejskich, a prawidłowa rekultywacja powoduje z czasem przywrócenie prawidłowych stosunków wodnych w górotworze. Deformacje geomechaniczne (4) i wstrząsy (5) mają znacznie mniejszą intensywność niż w górnictwie podziemnym, a prawidłowo zaprojektowane zbocza wyrobisk i zwałowisk (powszechne stosowanie zwałowania wewnętrznego) powinny zminimalizować ich natężenie.

Emisję pyłu w kopalni (6), która z natury nie jest niezbyt wielka, ogranicza się stosując w czasie suszy zraszanie, a emisję hałasu (ściśle ograniczaną normami) przez budowę ekranów akustycznych. Największe zmiany na korzyść środowiska zaszły jednak w technologii spalania węgla. Nowoczesne bloki spalające węgiel na złożu fluidalnym w praktyce nie powodują (8) zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego (węgiel i produkty jego spalania cyrkulują w obiegu zamkniętym aż do całkowitego rozpadu), a do atmosfery emitowany jest jedynie CO_2 i para wodna. Zanieczyszczenie termiczne wód powierzchniowych (9) zachodziło jedynie w przypadku stosowania otwartego obiegu chłodniczego, jak to ma miejsce jeszcze dziś w elektrowniach „Konin" i „Pątnów"; w nowobudowanych elektrowniach zagrożenie to jest eliminowane przez stosowanie wyłącznie obiegu zamkniętego (chłodnie kominowe). Problem przesączania zanieczyszczeń ze składowisk popiołów (10) jest eliminowany na drodze budowy ekranów uszczelniających z materiałów o własnościach jonowymiennych (Iły beidellitowo-smektytowe) oraz coraz powszechniejszą petryfikację masy odpadów paleniskowych. W chwili obecnej najtrudniejszym do rozwiązania problemem jawi się (11) emisja znacznych ilości CO_2. Działania podejmowane w kierunku jego rozwiązania to stosowanie nowoczesnych niskoemisyjnych technologii spalania węgla (np. spalanie w czystym tlenie) a przede wszystkim – sekwestracja CO_2 w głębokich strukturach geologicznych. Nie ulega jednak wątpliwości, że w świetle obecnej polityki Unii Europejskiej wymóg bezemisyjnego spalania znacznie podniesie koszty produkcji energii z węgla brunatnego, podobnie zresztą jak tej produkowanej z innych paliw kopalnych.

1.3.3. Eksploatacja metodą hydrootworową

Metoda eksploatacji hydrootworowej polega na wierceniu otworów wielkośrednicowych (Φ 550 .. 650 mm) z powierzchni terenu do spągu złoża, zarurowanego

w warstwie nadkładowej i spągowej. Po wykonaniu do otworu zapuszcza się urządzenie urabiająco-wydobywcze składające się z kolumny rur i obrotowej głowicy hydraulicznej. Z głowicy wypływa woda pod wysokim ciśnieniem, która stanowi czynnik urabiający pokład węgla. Eksploatacja jest prowadzona od spągu ku stropowi złoża formując cylindryczną komorę o promieniu do 12,5 m (Nowak & Kozłowski 2009), w którego dolnej części osadza się urobionym węgiel. Urobek jest wynoszony na powierzchnię przy pomocy podnośnika wodno-powietrznego. Transmisja mediów urabiających (woda pod ciśnieniem, sprężone powietrze) i urobku odbywa się w otworze wiertniczym przy pomocy kolumny współśrodkowych rur.

Do najważniejszych zalet eksploatacji hydrootworowej należą:

1. brak konieczności całkowitego przekształcenie powierzchni złoża i związanych z tym skutków technologicznych (np. przekładanie odcinków rzek) i społecznych (np. przesiedlenie mieszkańców);
2. niewielki w porównaniu z klasycznymi metodami eksploatacji koszt udostępnienia złoża;
3. teoretycznie niewielki zakres deformacji powierzchni ziemi w wyniku osiadań związanych z ubytkiem objętości złożu (w przypadku stosowania podsadzania wyrobisk)

Omawiana tu metoda, która dotychczas nie była stosowana w Polsce, posiada również istotne wady:

1. nie rozwiązany do końca problem utrzymania stropu komór eksploatacyjnych podczas urabiania węgla, niezbędnego dla późniejszego podsadzania komór eksploatacyjnych; procedury takie są niezbędne dla przeciwdziałania wielkoskalowym deformacjom powierzchni terenu. Wydaje się, że najskuteczniejszą metodą utrzymania stropu będzie utrzymanie stałego podporowego ciśnienia mieszaniny powietrza i wody (Nowak & Kozłowski 2009), w chwili obecnej brak jednak na to konkretnych dowodów;
2. urabianie węgla metodą hydrootworową prowadzi do uzyskania urobku w postaci szlamu o bardzo dużej zawartości wody; woda ta będzie musiała zostać usunięta w kilku fazowym procesie na składowiskach ociekowych i zestawach sit odsączających. Składowiska ociekowe jako metoda aktywna będą wymagać dwóch czynników: przestrzeni (przekształcenie powierzchni terenu na dość znacznych obszarach) i czasu (szczególnie w przypadku okresów opadów atmosferycznych). Sita odsączające (ewentualnie hydrocyklony) będą wymagały dodatkowych nakładów na eksploatację;
3. ponieważ węgiel brunatny jest materiałem silnie higroskopijnym, nastąpi dodatkowe związanie wody w strukturach kapilarnych, średnia wilgotność naturalna węgla określana na 45 .. 50 % może wzrosnąć nawet do 65 .. 70 %. Woda kapilarna pozostaje w węglu w stanie powietrzno-suchym i w przypadku spalania węgla surowego spowoduje obniżenie rzeczywistej wartości opałowej węgla (a więc pośrednio odbije się na wzroście emisji CO_2 liczonej na wyprodukowaną jednostkę

energii), a w przypadku stosowania węgla suszonego będzie generować dodatkowe zapotrzebowanie na energię potrzebna do jej usunięcia;

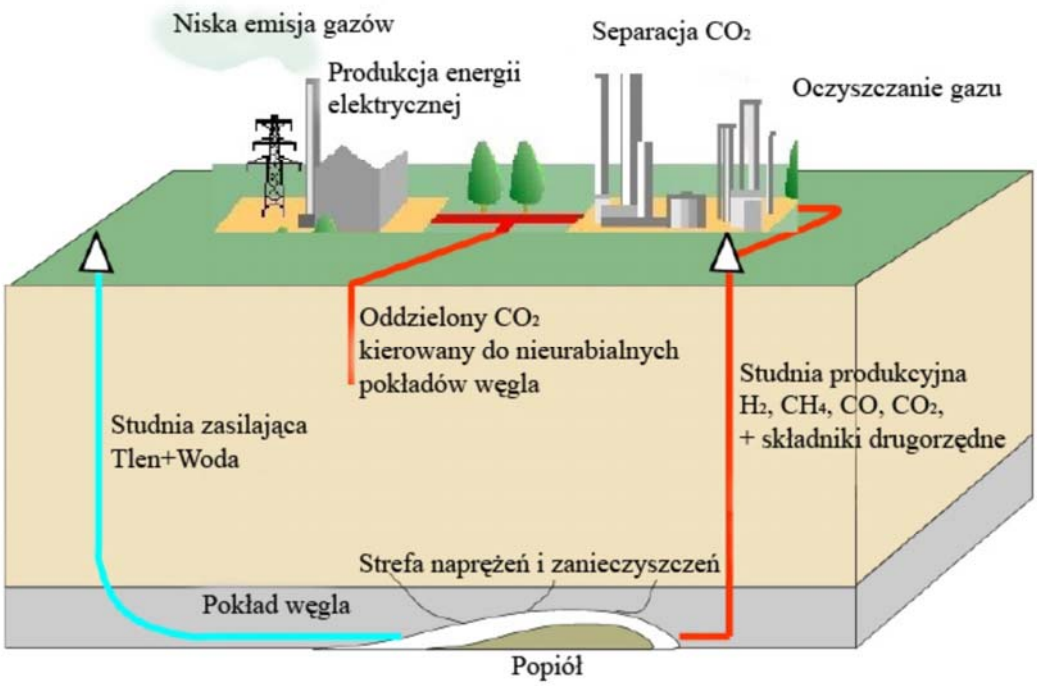
4. wysoki koszt podsadzania wielkogabarytowych wyrobisk, który ocenia się jako 2,5-krotnie przekraczający koszt wydobycia węgla (Nowak & Kozłowski 2009) i to tylko w przypadku łatwej (bezkosztowej) dostępności materiału podsadzkowego.

Zastosowanie metody eksploatacji hydrootworowej rozważano w odniesieniu do kompleksu złóż legnickich oraz złoża Kamieńsk w sąsiedztwie Bełchatowa (Dunikowski *et al.* 1989; Kudełko & Nowak 2007; Nowak & Kozłowski 2009). W tym pierwszym przypadku zastosowanie wspomnianej metody eksploatacyjnej byłoby o tyle łatwiejsze, że wykonawca dysponowałby na miejscu niewyczerpanym źródłem materiału podsadzkowego w postaci odpadów poflotacyjnych KGHM „Polska Miedź". Istniejące znaki zapytania które rysują się w odniesieniu do przedstawionej metody z pewnością wymagają jeszcze prac studialnych prowadzonych na niewielkiej instalacji pilotowej.

1.3.4. Zgazowanie termiczne węgla w złożu

Zgazowanie termiczne węgla w złożu (*in situ*) polega na częściowym spalaniu węgla brunatnego w złożu, przy pomocy tlenu w obecności pary wodnej. Złoże może być eksploatowane metodą opływową, przy której zostaje ono udostępnione systemem wyrobisk górniczych (chodników) drążonych w pokładzie węgla, lub metodą otworową. W tym ostatnim przypadku złoże udostępnia się systemem otworów wiertniczych, z których jeden lub kilka służy zapaleniu złoża, a pozostałe są wykorzystywane do odbioru wytworzonych produktów spalania. Pokład węgla powinien być zapalony w części przyspągowej, tak aby proces spalania mógł rozprzestrzeniać się w sposób naturalny ku górze.

W wyniku spalania węgla przy niedostatecznym dostępie powietrza w warunkach wysokiego ciśnienia panującego w sposób naturalny w górotworze w obecności pary wodnej powstaje gaz syntezowy, stanowiący mieszaninę CH_4, CO, CO_2 i H_2. Procentowa zawartość poszczególnych składników (a więc i wartość opałowa gazu) jest uzależniona od proporcji dostarczanych mediów i zastosowanej technologii spalania. Uzyskany gaz może być wykorzystywany bezpośrednio lub też przeznaczony do produkcji energii elektrycznej (ryc. 2).



Ryc. 2 Schemat procesu zgazowania podziemnego i produkcji energii elektrycznej (według: Nowak & Kozłowski 2009.)

Podstawowe zalety metody zgazowania termicznego to:

1. brak konieczności całkowitego przekształcenie powierzchni złoża i związanych z tym skutków technologicznych (np. przekładanie odcinków rzek) i społecznych (np. przesiedlenie mieszkańców);
2. niewielki w porównaniu z klasycznymi metodami eksploatacji koszt udostępnienia złoża;
3. uzyskiwanie produktów nadających się do bezpośredniego wykorzystania jako substytut gazu ziemnego lub do produkcji energii elektrycznej w warunkach niższej niż w przypadku węgla emisji CO_2.

Prezentowana tu metoda, która jest dotychczas stosowana w świecie głównie do przeróbki węgla kamiennego, w odniesieniu do węgla brunatnego nie jest jednak pozbawiona poważnych wad:

1. złoża węgla brunatnego są przeważnie silnie zawodnione i często pozostają w kontakcie hydraulicznym z poziomami wodonośnymi nadkładu lub podłoża. Wprawdzie dopływ wody do złoża jest niezbędny, to jednak zbyt duży niekontrolowany dopływ może zakłócić proporcje dostarczanych mediów, a w przypadku znaczniejszych wartości wręcz uniemożliwić spalanie;
2. znane złoża węgla brunatnego są przeważnie położone płytko. To, co było zaletą w przypadku klasycznych metod eksploatacji górniczej (w szczególności eksploatacji odkrywkowej), staje się tutaj wadą, ponieważ niewielki nadkład nie zawsze zapewnia wystarczającą ochronę powierzchni przed wzrostem strumienia cieplnego i zjawiskami intensywnego osiadania spowodowanymi znacznymi ubytkami objętości

substancji złoża podczas spalania; z tego powodu preferuje się grubość nadkładu powyżej 150 m. Niezbyt korzystne jest również zgazowanie grubych pokładów węgla ze względu na nadmierny kumulatywny wzrost emisji ciepła ku powierzchni;

3. skuteczne i bezpieczne sterowanie procesem podziemnego zgazowania wymaga szczegółowej znajomości budowy geologicznej złoża
4. zasoby złoża nie są w pełni wykorzystywane: w referencyjnej instalacji podziemnego zgazowania węgla brunatnego twardego (subbitumicznego) w Angren w Uzbekistanie współczynnik wykorzystania złoża sięga 82 %, jednak w przypadku węgla brunatnego miękkiego będzie on zapewne niższy.

Istniejące instalacje stosowane dla podziemnego zgazowania węgla brunatnego twardego (subbitumicznego) wykorzystują w zasadzie złoża o niewielkiej grubości nadkładu, jednak dobrze izolowane od powierzchni, przy czym jako minimalny graniczny stosunek grubości nadkładu do miąższości węgla N:W zakłada się wartość 10. Taki warunek spełnia tylko niewielka część udokumentowanych złóż węgla brunatnego, ponieważ obowiązujące dotychczas kryteria bilansowości nie przewidywały dokumentowania złóż węgla brunatnego o N:W > 12.

Z powyższych rozważań wynikają następujące konkluzje:

1. zgazowanie termiczne względnie płytko występujących złóż węgla brunatnego powinno być przetestowane w warunkach instalacji pilotowych dla obiektywnego ustalenia wpływu zastosowania tej technologii na powierzchnię;
2. należy w miarę możliwości przystąpić do dokumentowania głębiej położonych złóż węgla brunatnego, choć trzeba wziąć pod uwagę, że jest to proces kosztotwórczy;
3. należy rozważyć ekonomiczną zasadność stosowania zgazowania termicznego w odniesieniu do cienkich pokładów węgla udokumentowanych np. w nadkładzie istniejących złóż, co mimo niewielkiej zasobności mogłoby okazać się opłacalne.

1.3.5. Biotechnologiczna konwersja w inne nośniki energii

Biotechnologiczna konwersja w inne nośniki energii bezpośrednio w złożu (*in situ*) polega na rozkładzie mikrobiologicznym związków organicznych występujących w węglu. Wyselekcjonowane szczepy bakterii z gatunków *Clostridium sporogens*, *Clostridium hystolyticum* i *Disulfovibrio hadrocarbonaclesticus* są w stanie rozkładać węglowodory o długich łańcuchach i złożone związki organiczne zawarte w prasmole, woskach i bituminach węgla brunatnego do prostych węglowodorów nasyconych CH_4, C_2H_6, C_3H_8, występujących w naturze w stanie gazowym. Mieszanina tych związków wraz z CO_2, stanowiącym produkt metabolizmu drobnoustrojów, stanowi ostateczny produkt omawianego procesu.

Podstawowe zalety metody konwersji biotechnologicznej są podobne jak zalety zgazowania termicznego:

1. brak konieczności całkowitego przekształcenie powierzchni złoża i związanych z tym skutków technologicznych (np. przekładanie odcinków rzek) i społecznych (np. przesiedlenie mieszkańców);

2. niewielki w porównaniu z klasycznymi metodami eksploatacji koszt udostępnienia złoża;
3. uzyskiwanie produktów nadających się do bezpośredniego wykorzystania jako substytut gazu ziemnego lub do produkcji energii elektrycznej w warunkach niższej niż w przypadku węgla emisji CO_2;
4. brak konieczności odwadniania złoża - metoda może być stosowana w złożach zawodnionych;
5. możliwość wykorzystywania węgli silnie zasiarczonych: obecność siarki jest warunkiem koniecznym dla aktywności procesów mikrobiologicznych;

Głównymi wadami prezentowanej metody są:

1. określone szczepy mikroogranizmów rozwijają się w dość wąskim, ściśle określonym przedziale parametrów fizykochemicznych środowiska i są szczególnie wrażliwe na zmiany potencjału oksydacyjno-redukcyjnego (Eh), kwasowości ośrodka (pH), zasolenia i temperatury. Warunki takie mogą być kontrolowane bez trudności w zamkniętej instalacji naziemnej, są jednak trudne do utrzymania w złożu, szczególnie posiadającym liczne kontakty hydrauliczne z osadami sąsiednimi;
2. nie ma możliwości utrzymania stałego składu procentowego produktów konwersji biotechnologicznej, co rodzi określone trudności w ich dalszym wykorzystaniu;
3. konieczny jest stały odbiór produktów reakcji mikrobiologicznych, ponieważ ich nadmierne stężenie powoduje zahamowanie procesu biokonwersji;
4. zasoby złoża są wykorzystywane tylko w niewielkim stopniu; szacuje się, ze stopień wykorzystania złoża nie przekracza 30 .. 50 %, a niska sprawność procesu nie rokuje szybkiego i powszechnego stosowania tej metody.

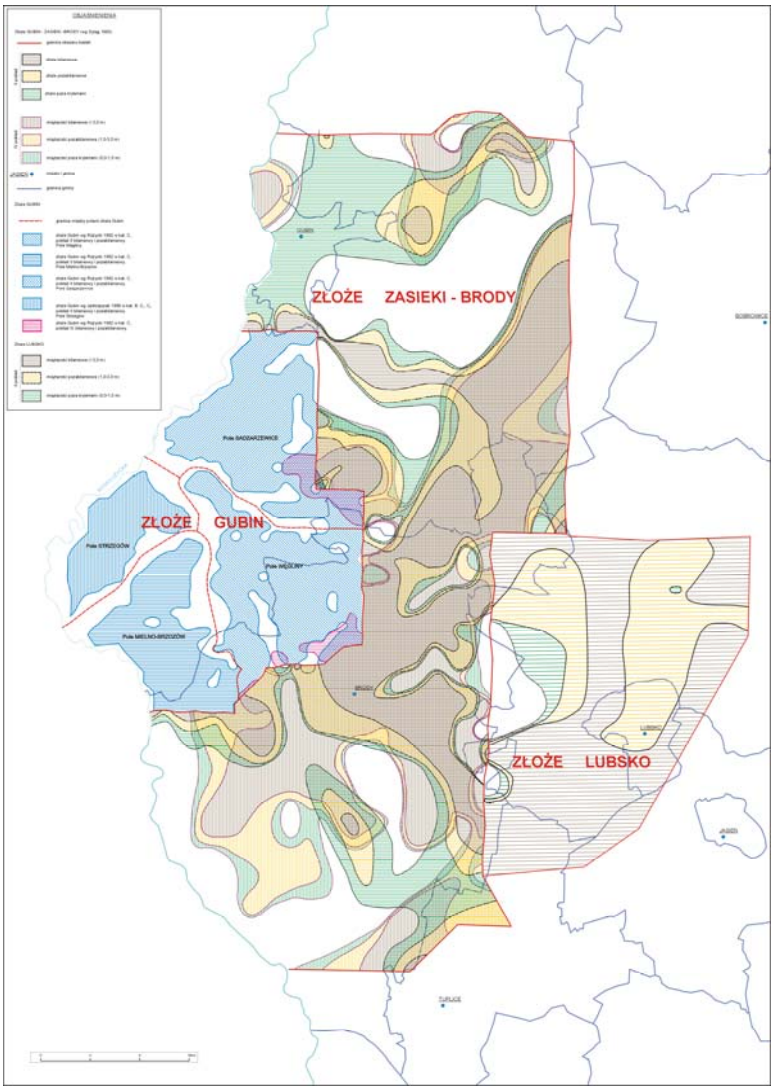
Nowe rozwiązania technologiczne w instalacjach do biokonwersji powinny być ukierunkowane głównie na zapewnienie stałych parametrów fizykochemicznych środowiska, co dotychczas nie zostało rozwiązane w zadowalający sposób. I w tym przypadku zasadne jest przeprowadzenie prób w instalacjach pilotowych.

2. Część szczegółowa

2.1. Kompleks złóż gubińskich (złoża: Gubin, Gubin-Zasieki-Brody, Lubsko).

Obszar Dolnych Łużyc i Ziemi Lubuskiej, od Finsterwalde na zachodzie po Zieloną Górę na wschodzie i od Kostrzyna na północy po Hoyerswerdę na południu, o powierzchni kilkunastu tysięcy kilometrów kwadratowych, jest pokryty utworami mioceńskiej asocjacji brunatnowęglowej, wśród których występują liczne złoża węgla brunatnego.

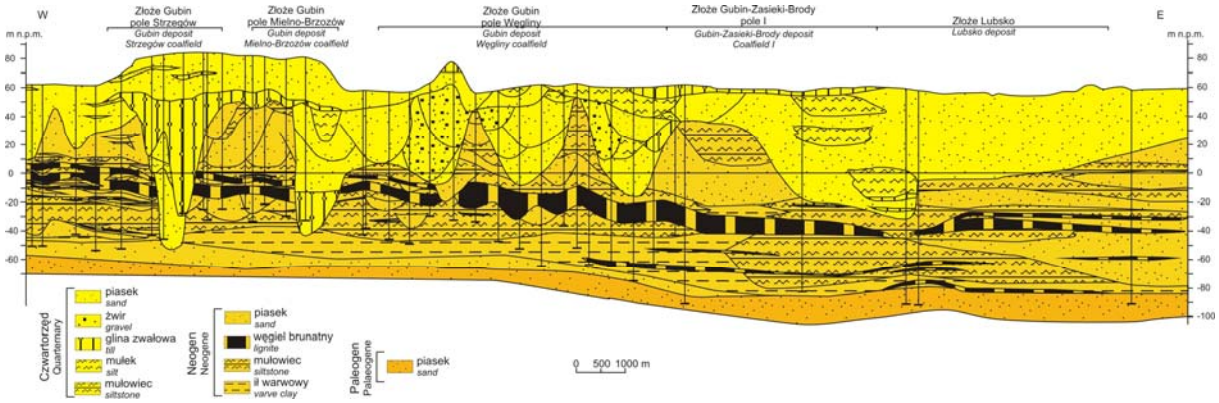
Złoża te, eksploatowane po obu stronach granicy od niemal 200 lat, w okresie po drugiej wojnie światowej odgrywały (i po części odgrywają nadal) zasadniczą rolę dla gospodarki paliwowo-energetycznej byłej NRD, a następnie wschodnich landów Niemiec. Po polskiej stronie Nysy Łużyckiej złoża węgla nie były w tym rejonie nigdy eksploatowane na podobną skalę, ale potencjał złożowy, który reprezentują jest ogromny. Polska część tego obszaru, którego centralnym elementem jest kompleks złóż gubińskich, w skład którego wchodzą złoża: Gubin, Gubin-Zasieki-Brody i Lubsko (ryc. 3), powinna być poważnie brana pod uwagę przy tworzeniu strategii zapewniającej bezpieczeństwo energetyczne kraju.



Ryc. 3 Mapa zasobów węgla brunatnego w kompleksie złóż gubińskich. [większy format] Opracował: mgr Andrzej Saternus.

2.1.1. Zarys budowy geologicznej.

W kompleksie złóż gubińskich węgla brunatnego występuje pięć pokładów węgla (ryc. 4) (Piwocki 1995a). Najwyższy pokład węgla brunatnego - **I pokład środkowopolski** należący do formacji poznańskiej - występuje tylko lokalnie w postaci cienkich soczewek wśród utworów piaszczysto-mułkowo-ilastych w stropie formacji adamowskiej w najniższej części utworów formacji poznańskiej i nie ma charakteru bilansowego. Pokład ten występuje średnio na głębokości około 40 m ppt., a jego średnia miąższość wynosi 1,1 m. Maksymalną miąższość 6,3 m I pokład środkowopolski osiąga w otworze 81/38 na złożu Gubin-Zasieki-Brody.



Ryc. 4. Przekrój geologiczny przez kompleks złóż gubińskich. [większy format]
Opracował: mgr Paweł Urbański według: Kasiński *et al.* 2008)

Drugim od powierzchni pokładem jest cienki i nieciągły **II A lubiński pokład węgla brunatnego**. Pokład ten występuje w środkowej części profilu utworów formacji pawłowickiej na głębokości około 85 m ppt. w postaci nieciągłych, cienkich warstw węglowych o średniej miąższości 0,7 m. Kolejnym pokładem węgla brunatnego jest **II pokład łużycki**. Pokład ten, który jest jednym z dwóch pokładów bilansowych, zalega na głębokości około 55 .. 135 m ppt. (średnio 80 m ppt.) i osiąga miąższość 5,0 .. 18,6 m (średnio 10,9 m). Na znacznej części obszaru złoża dzieli się on na dwie ławy: górną o miąższości 1,2 .. 5,5 m i dolna o miąższości 2,7 .. 9,5 m. Głębokie plejstoceńskie doliny erozyjne wypełnione osadami plejstoceńskimi, które na północnym zachodzie i południowym zachodzie uchodzą do współczesnej doliny Nysy Łużyckiej, dzielą pokład na liczne pola złożowe (ryc. 3). Cienki i rozczłonkowany **III ścinawski pokład węgla brunatnego** nie ma cech bilansowych i znaczenia złożowego.

Niżejległy pokład węgla brunatnego – **IV pokład dąbrowski** – jest również pokładem złożowym o cechach bilansowych, osiągając miąższość 2,8 .. 25,5 m (średnio 11,8 m). Strop pokładu zalega na średniej głębokości około 120 .. 165 m ppt. Pokład ten, podzielony kopalnymi plejstoceńskimi dolinami erozyjnymi na liczne pola złożowe, występuje tylko na niewielkich obszarach w złożu Gubin, ale zajmuje znaczną powierzchnię w złożu Gubin-Zasieki-Brody. Najniższym pokładem stwierdzonym tylko lokalnie w złożu Gubin-Zasieki-Brody jest **V pokład czempiński**. Pokład ten nie ma cech bilansowych i znaczenia złożowego.

Głębokie kopalne doliny erozyjne wypełnione osadami plejstoceńskimi, które na północnym zachodzie i południowym zachodzie uchodzą do współczesnej doliny Nysy Łużyckiej, dzielą pokład na cztery pola złożowe (*vide* ryc. 3 i 4).

2.1.2. Charakterystyka jakości surowca

Węgiel brunatny ze złóż gubińskich jest węglem energetycznym bardzo dobrej jakości, o średniej popielności i niskiej do podwyższonej zawartości siarki. Całkowita zawartość siarki jest najwyższa w polu Mielno-Brzozów, gdzie osiąga średnio 1,92 %, zbliżając się do granicy wysokiej zawartości siarki. Średnie wartości podstawowych

parametrów chemiczno-technologicznych węgla brunatnego dla złóż gubińskich przedstawia tabela 3.

Tabela 3 Parametry chemiczno-technologiczne węgla brunatnego w kompleksie złóż

Parametr		Jedno-stka	Złoże Gubin												Złoże Gubin-Zasieki-Brody			Złoże Lubsko			średnio:
			Pole Mielno-Brzozów			Pole Sadzarzewice			Pole Strzegów			Pole Węgliny									
			min.	śr.	max.	min.	śr.	max.	min.	śr.	max.	min.	śr.	max.	min.	śr.	max.	min.	śr.	max.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Wartość opałowa	Q^r_i	MJ/Mg	7 377	9 195	11 705	7 201	9 380	10 375	8 600	8 770	8 971	7 129	9 180	10 726	6 144	9 536	12 463	6 147	9 572	10 484	**9 392**
Popielność	A^d	%	9.14	15.98	27.09	7.76	13,76	28,80	20.32	21.26	22.36	7.68	17.10	30.24	8.17	16.22	40.30	8.54	15.56	41.68	**16,59**
Siarka całkowita	S^d_t	%	0.72	1.92	6.44	0.44	1.50	7.23	0.89	1.09	1.42	0.53	1.62	4.72	0.45	2.66	5.88	0.94	2.14	5.45	**2,22**
Siarka palna	S^d_c	%	0.10	0.50	1.30	0.02	0.30	0.83	0.72	0.56	0.93	0.05	0.39	1.10	0.17	1.79	5.16	bd	bd	bd	**1,30**
Siarka popiołowa	S^d_A	%	0.01	0.14	0.49	0.02	0.13	0.45	0.42	0.49	0.66	0.02	0.24	0,94	0.04	0.84	2.24	bd	bd	bd	**0,62**
Piasek	P^d	%	0.98	4.54	13.92	0.41	3.16	16.41	nb	nb	nb	0.16	4.76	13.89	0.01	5.35	25,82	bd	bd	bd	**4,95**
Bituminy	B^d	%	2.59	3.84	5.12	1.21	3.35	5.05	3.54	3.68	3.85	2.05	3.62	5.57	1.32	3.13	5.37	bd	bd	bd	**3,29**
Wydajność prasmoły	T^d_{pk}	%	7.29	11.38	14.28	2.53	11.24	13.95	8.68	8.88	8.98	3.66	11.31	13.51	5.30	11.13	15.62	bd	bd	bd	**11,10**
Zawartgość ksylitu	K^r_c	%	0.60	5.10	41.80	0.00	8.14	38.50	1.19	1.35	1.46	0.00	6.00	24.00	0.00	2.50	35.50	bd	bd	bd	**3,74**
Ksylit włóknisty	K^r_w	%	0.00	0.79	12.02	0.00	2.04	28.50	nb	nb	nb	0.00	0.69	7.33	0.00	0.05	2.50	bd	bd	bd	**0,43**
Sód	$(Na_2O)^d$	%	0.03	0.14	0.23	0.04	0.19	0.34	0.04	0.05	0.06	0.07	0.18	0.55	0.03	0.24	0.29	bd	bd	bd	**0,19**
Potas	$(K_2O)^d$	%	0.01	0.02	0.05	0.01	0.02	0.08	0.03	0.03	0.03	0.01	0.02	0.04				bd	bd	bd	**0,04**
Chlor	Cl^d	%	0.01	0.02	0.05	0.01	0.02	0.02	nb	nb	nb	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.07	bd	bd	bd	**0,02**
Wapń	$(CaO)^d$	%	0.97	1.13	1.19	1.15	1.28	1.35	1.15	1.23	1.29	nb	nb	nb	0.97	1.73	2.54	bd	bd	bd	**1,60**

nb – nie badano; bd – brak danych

gubińskich. Według: Kasiński *et al.* 2008, uzupełnione. [większy format]

2.1.3. Zasoby węgla brunatnego

Złoże węgla brunatnego Gubin z zasobami 1 143,3 mln Mg jest w połączeniu ze złożem Gubin-Zasieki-Brody o zasobach 1 934,4 mln Mg (tabela 4) jednym z najzasobniejszych złóż w Polsce.

Dane zestawione w tabeli 4 odnoszące się do pól złoża Gubin: Mielno-Brzozów, Sadzarzewice i Wegliny pochodzą z opracowania, w którym **nie zatwierdzono zasobów geologicznych**. Dlatego aktualna zatwierdzona formalnie ilość zasobów w złożu Gubin wynosi 282 664 tys. Mg. Należy jednak zwrócić uwagę, że późniejsze opracowanie z roku 1992 (zostało wykonane z należytą starannością i w kwestii ilości zasobów jest ono w pełni wiarygodne).

2.1.4. Parametry geologiczno-górnicze.

W złożach gubińskich występują dwa bilansowe pokłady węgla brunatnego: II pokład łużycki (górny) i IV pokład dąbrowski (dolny). Pokład górny zalega na głębokości 65,0 .. 75,1 m ppt. (średnio 73,1 m ppt.) (jest to zarazem głębokość stropu złoża) i osiąga miąższość 5,0 ... 16,9 m (średnio 9,5 m). Na znacznej części obszaru złoża dzieli się on na dwie ławy: górną (II/1) o miąższości 1,2 .. 5,5 m i dolną (II/2) o miąższości 2,7 .. 18,6 m; średnia miąższość pokładu II wynosi 9,5 m. Spąg pokładu występuje na głębokości 70,0 .. 92,0 m ppt. (średnio 89,4 m ppt.). Dolny pokład węgla brunatnego osiąga miąższość 2,8 .. 12,9 m (średnio 7,1 m). Strop pokładu zalega na średniej głębokości 119,4 m ppt., a jego spąg (jest to zarazem spąg złoża) występuje na głębokości średnio 126,5 m ppt. Na obszarze złoża

Gubin pokład ten występuje tylko na niewielkich obszarach w polach: Mielno-Brzozów, Sadzarzewice i Węgliny.

Tabela 4 Zasoby węgla brunatnego w złożach gubińskich (według: Kasiński *et al*. 2008, uzupełnione)

Kategoria	Złoże Gubin					Złoże Gubin-Zasieki-Brody	Złoże Lubsko	ogółem:
	Mielno-Brzozów	Sadza-rzewice	Strze-gów	Węgliny	razem:			
	mln Mg	mln Mg	mln Mg	mln Mg	mln Mg	mln Mg	mln Mg	mln Mg
1	2	3	4	5	6	7	8	9
B	-	-	5.41	-	5,41	-	-	5,41
C_1	216.26	368.78	117.73	420,35	1123,12	-	-	1123,12
C_2	-	-	14.75	-	14,75	-	-	14,75
D_1	-	-	-	-	-	1 934.43	152.84	2087,27
B -D_2	216.26	368.78	137,89	420,35	1143,28	1 934.43	152.84	3230,55

Podstawowe parametry geologiczno-górnicze złóż gubińskich zestawiono w tabeli 5.

Tabela 5 Parametry geologiczno-górnicze złóż gubińskich

Parametr	Jednostka	Złoże Gubin	Złoże Gubin-Zasieki- Brody	Złoże Lubsko
		mln Mg	mln Mg	mln Mg
1	2	3	4	5
powierzchnia	km^2	73.3	109.7	11.3
grunbość nadkładu	m	73.1	135.9	110.2
głębokość spągu	m	126.6	162.0	122.5
miąższość węgla	m	18.9	18.8	12.3
liniowy współczynnik N:W		6.7	7.2	9.6

Średnia wartość liniowego współczynnika nadkładu N:W dla całego kompleksu złóż gubińskich wynosi 6,7.

2.1.5. Warunki hydrogeologiczne.

Na obszarze złóż gubińskich występują trzy piętra hydrogeologiczne, związane z utworami plejstocenu, neogenu oraz utworami starszego podłoża. W obrębie **piętra plejstoceńskiego** na omawianym obszarze występuje praktycznie jeden poziom wodonośny, rozwinięty w różnoziarnistych piaskach wodnolodowcowych. W jego obrębie występują dwa, a w części złoża trzy horyzonty wodonośne, częściowo oddzielone od siebie poziomami glin zwałowych. Horyzonty te mają ze sobą kontakt hydrauliczny w obrębie głębokich plejstoceńskich dolin kopalnych i rynien subglacjalnych, również wypełnionych piaskami i żwirami. Zwierciadło wód podziemnych poziomu plejstoceńskiego w dolinie Nysy Łużyckiej ma charakter swobodny, a na wysoczyźnie napięty (tabela 4), Wydajność tego kompleksu wynosi około 50 m^3/h przy depresji 27 m.

W górnej części **piętra neogeńskiego** ponad górnym pokładem węgla brunatnego występuje nadwęglowy poziom wodonośny, na który składają się dwa horyzonty związane z: (1) występującym w nadkładzie złóż cienkim i rozczłonkowanym I pokładem środkowopolskim węgla brunatnego (niezbyt zasobny) i (2) drobnopiaszczystymi utworami leżącymi pomiędzy I pokładem środkowopolskim a II pokładem łużyckim, który stanowi część stropową złóż. Oba horyzonty, powiązane licznymi kontaktami hydraulicznymi, mają na całym omawianym obszarze charakter subartezyjski. Kolejny poziom wodonośny występuje w dolnej części piętra neogeńskiego pomiędzy II pokładem Łużyckim a IV pokładem dąbrowskim. Wydajność całego kompleksu sięga 0.17 m^3/h. Głębokie kopalne doliny neogeńskie, reaktywowane w plejstocenie przez młodsze procesy erozyjne, doprowadziły lokalnie do powstania kontaktów hydraulicznych pomiędzy większością horyzontów neogeńskich i poziomem plejstoceńskim.

Tabela 6 Podstawowe parametry hydrogeologiczne poszczególnych poziomów wodonośnych. [większy format]

Poziom wodonośny	Wydajność	Współczynnik filtracji	Odsączalność	Rzędna nawiercona			Rzędna ustalona			Ciśnienie średnie	Zasięg leja depresji	Dopływ do wyrobiska
				min.	średnio	max.	min.	średnio	max.			
	m^3/h	m/s	%	m pm.	m pm.	m pm.	m pm.	m pm.	m pm.	MPa	m	m^3/s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Q_d	60	$10^{-4} – 10^{-2}$	< 23	39.0	39.0	39.0	39.0	39.0	39.0	0.00	5 169.2	111.57
Q_w	50	$10^{-4} – 10^{-2}$	< 23	37.0	43.8	57.9	56.5	57.4	57.9	0.14	49.6	3.53
N_d	50	$10^{-5} - 10^{-4}$	11 - 13	1.8	1.8	1.8	48.8	48.8	48.8	0.48	5.4	23.12
N_w	50	$10^{-5} - 10^{-4}$	11 - 13	-17.0	-15.5	-16.2	55.0	55.8	56.5	0.56	3.0	77.20
N_{wi}	17	$10^{-8} - 10^{-4}$	< 10	bd	bd	bd	bd	bd	bd	bd	bd	bd
Pg_d	52	$10^{-4} – 10^{-3}$	15 – 17	-64.2	-64.2	-64.2	48.9	48.9	48.9	1.15	35.3	395.74
Pg_w	52	$10^{-4} – 10^{-3}$	15 - 17	-56.0	-84.0	-101.4	59.3	60.1	62.3	1.46	51.4	797.54

Objaśnienia: w indeksie dolnym $_d$ – w dolinie Nysy Łużyckiej, $_w$ – na wysoczyźnie, $_{wi}$ – w utworach asocjacji brunatnowęglowej
bd– brak danych

Pod IV dąbrowskim pokładem węgla brunatnego występują utwory **paleogeńsko-mezozoicznego piętra wodonośnego**. W spągu złoża w utworach drobnopiaszczystych o miąższości 40 .. 60 m występuje najwyższy poziom wodonośny tego piętra. Poziom ten jest w znacznym stopniu izolowany zarówno od poziomów wyżej- jak i niżejległych. Miejscami bezpośrednio pod złożem występuje niższy poziom tego piętra, obejmujący utwory niższej części formacji leszczyńskiej pozostające w kontakcie z podłożem mezozoicznym. Wody tego poziomu mają charakter subartezyjski (tabela 6), a miejscami nawet artezyjski: w otworze 448/848 wystąpił samowypływ do wysokości 2,6 m npt. Wydajność tego kompleksu wynosi około 52 m^3/h przy depresji 27 m.

Głównymi elementami systemu wodonośnego kompleksu złożowego są głębokie plejstoceńskie doliny kopalne, oddzielające od siebie poszczególne pola złożowe. Doliny te są połączone na północnym zachodzie i na południowym zachodzie z doliną Nysy Łużyckiej, skąd są alimentowane.

Północno-wschodnia część złoża Gubin (pole Sadzarzewice) oraz najbardziej wysunięta na północ część złoża Gubin-Zasieki-Brody leżą w obrębie konturu plejstoceńskiego głównego zbiornika wód podziemnych (GZWP) # 149 równi sandrowej Krosno-Gubin (Kleczkowski 1990), stanowiącego obszar najwyższej ochrony (ONO). Podobnie południowy skraj złoża Gubin-Zasieki-Brody oraz złoża Lubsko wkracza na obszar pradolinnego GZWP # 301 Zasieki-Nowa Sól, który również stanowi obszar najwyższej ochrony. Główny masyw złóż gubińskich znajduje się jednak poza konturem głównych zbiorników wód podziemnych i obszarów ochrony wód.

2.1.6. Zagospodarowanie powierzchni złoża i charakterystyka środowiska naturalnego.

Obszar złóż gubińskich przecinają trzy większe rzeki: Nysa Łużycka, Lubsza i Werdawa oraz kilka drobnych potoków. Sieć rzeczna, która znajdzie się na obszarze postulowanej eksploatacji, nie rodzi w zasadzie poważniejszych problemów sozologicznych. Największa rzeka rejonu, Nysa Łużycka, ogranicza kompleks złóż gubińskich od zachodu, oddzielając go od złóż dolnołużyckich położonych na zachód od granicy polsko-niemieckiej. Rzeka ta w przypadku podjęcia eksploatacji wymaga pozostawienia filara ochronnego. Kolejna rzeka, Lubsza, przebiega przez wschodnią część złóż gubińskich i w razie podjęcia eksploatacji również powinna (wraz z linią kolejową i drogą wojewódzką # 286 Gubin-Żary) znaleźć się w obrębie filara ochronnego albo wręcz stanowić północno-zachodnią granicę eksploatacji. Przełożenia wymaga jedynie najmniejsza z tych trzech rzek, Werdawa, na odcinku około 25 .. 40 kilometrów.

Wzdłuż zachodniej granicy obszaru a zarazem granicy Państwa rozciąga się Obszar Chronionego Krajobrazu 27 „Dolina Nysy”, obejmujący zachodnie części pól złożowych Mielno-Brzozów, Sadzarzewice i Strzegów. Południowo-wschodni fragment kompleksu złożowego wchodzi w skład Obszaru Chronionego Krajobrazu 30A „Zachodnie okolice Lubska”. W północno-wschodniej części kompleksu złożowego (złoże Gubin-Zasieki-Brody) na obszar złóż wkracza kontur obszaru specjalnej ochrony siedlisk (SOO) z listy pozarządowej (tzw. *„shadow list”*) „Smogórze”, a dalej ku północy - obszar specjalnej

ochrony ptaków (OSO) „Mierkowskie Wydmy” z tej samej listy pozarządowej. Na obszarze złóż znajduje się ponadto leśny rezerwat przyrody w okolicy miejscowości Węgliny oraz kilka użytków ekologicznych.

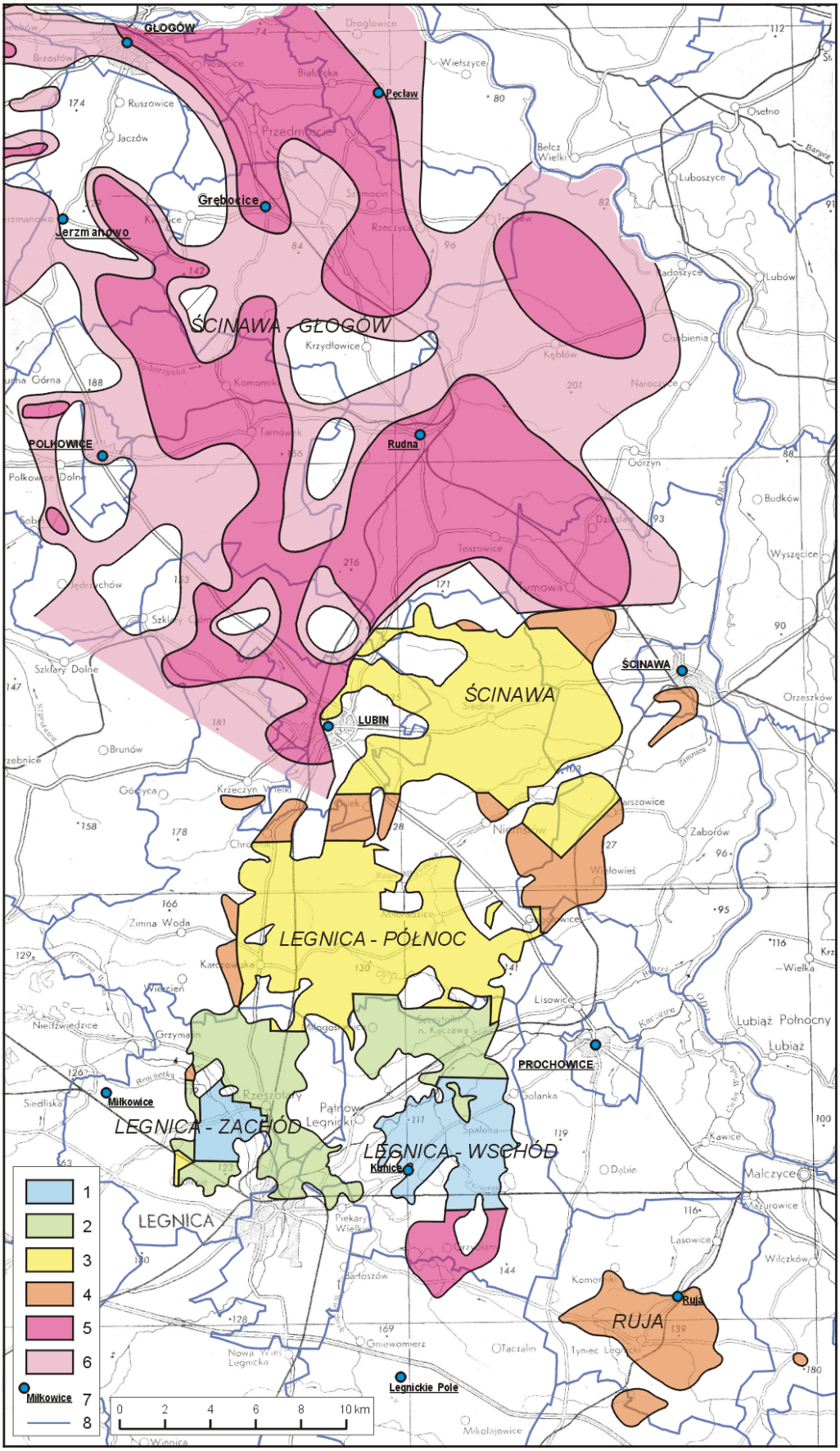
Powierzchnia złóż gubińskich jest w znacznej części (około 35 %) porośnięta lasem sosnowym. Pozostała część terenu kompleksu złożowego pozostaje w użytkowaniu rolniczym, przy czym znaczną jego część pokrywają gleby wyższych klas bonitacyjnych (I .. IVa). W okolicach miejscowości Marianka i w dolinie rzeki Werdawy występują łąki na glebach pochodzenia organicznego.

Na obszarze kompleksu złóż gubińskich występują niezbyt liczne zabytki architektoniczne i sakralne. Są to kościoły zabytkowe w miejscowościach: Biecz, Koło Sękowice i Witaszkowo, pałace w Bieczu i Brodach, oraz dwory w Grabicach, Lutoszycach, Polanowie, a także parki podworskie w miejscowościach Grabice i Lutoszyce w gminie Gubin. Na obszarze badań istnieje ponadto kilkadziesiąt stanowisk archeologicznych.

Przez północno-wschodnią część obszaru złóż gubińskich przebiega normalnotorowa linia kolejowa Gubinek (granica Państwa) - Żagań ze stacją Jasienica i przystankiem Stargard Gubiński) i biegnąca do niej równolegle droga wojewódzka # 286 Gubin (przejście graniczne) – Żary. Druga droga wojewódzka # 285 Gubin (granica Państwa) – Jasienica przebiega przez pole Sadzarzewice i biegnie północnym skrajem pola złożowego Węgliny. Na złożu istnieje niezbyt gęsta sieć dróg lokalnych.

2.2. Kompleks złóż legnickich (złoża: Legnica Północ, Legnica Wschód, Legnica Zachód, Ruja, Ścinawa, Ścinawa-Głogów).

W skład kompleksu złożowego Legnica-Ścinawa wchodzi sześć złóż węgla brunatnego położonych na obszarze pomiędzy Wądrożem Wielkim na południu a Głogowem na północy (ryc. 5): Ruja, Legnica Wschód, Legnica Zachód, Legnica Północ, Ścinawa i Ścinawa-Głogów. Jest to obok złóż poznańskich największy kompleks złożowy w Polsce i jeden z największych w Europie.



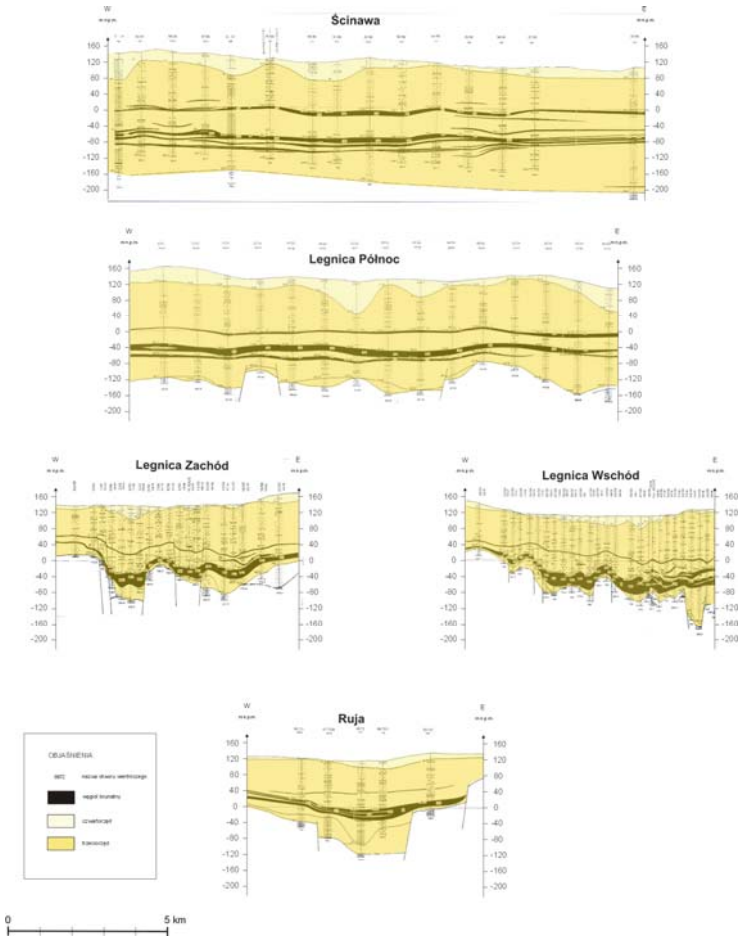
Ryc. 5. Mapa zasobów węgla brunatnego w kompleksie złóż legnickich. [większy format]
Opracował: mgr Andrzej Saternus na podstawie: Piwocki & Kasiński 2006.

2.2.1. Zarys budowy geologicznej.

Kompleks złóż legnickich jest położony na pograniczu dwóch regionalnych jednostek strukturalnych: jego część południowo-zachodnia należy do bloku przedsudeckiego, a część północno-zachodnia – do monokliny przedsudeckiej. Na obszarze bloku przedsudeckiego w podłożu osadów kenozoicznych występują skały metamorficzne i bazalty, a na monoklinie przedsudeckiej – utwory osadowe permu (piaskowce czerwonego spągowca oraz skały węglanowe i utwory salinarne cechsztynu) i triasu (piaskowce, iłowce, wapienie, dolomity, anhydryty, margle).

Utwory kenozoiczne leżą niezgodnie na utworach przedkenozoicznych, tworząc jednolitą pokrywę o miąższości rosnącej ku północnemu wschodowi, gdzie osiągają grubość ponad 350 m Znaczne miąższości utworów kenozoicznych znane są także w zapadliskach tektonicznych w południowo-wschodniej części regionu.

W kompleksie złóż legnickich występuje sześć pokładów węgla brunatnego (ryc. 6) (Dyjor 1978; Jaroń *et al.* 1978; Piwocki 1995a), z których pięć należy do neogenu. Najwyższy pokład węgla brunatnego - **I pokład środkowopolski** należący do formacji poznańskiej - występuje tylko w północnej części omawianego obszaru i wyklinowuje się ku południowemu zachodowi.



Ryc. 6 Przekroje geologiczne przez kompleks złóż legnickich. [większy format]
(według: Piwocki & Kasiński 2006).

W stropie I pokładu środkowopolskiego spoczywają osady formacji pawłowickiej wśród których występuje **II A lubiński pokład węgla brunatnego**. Pokład ten występuje we wszystkich złożach na omawianym obszarze, ma jednak nieznaczną miąższość i nieciągły charakter.

W spągu formacji pawłowickiej występuje kolejny pokład węgla, którym jest **II pokład łużycki**. Pokład ten jest znany na obszarze wszystkich złóż kompleksu Legnica-Ścinawa, a jego miąższość jest znaczna, choć zmienna: w złożu Legnica-Wschód sięga nawet 40 m. W północnej omawianego obszaru miąższość II pokładu łużyckiego jest wprawdzie bardziej stała, ale pokład ten dzieli się tam na dwie ławy, rozdzielone poziomem tzw. iłów kostkowych. W centralnych częściach zapadlisk tektonicznych często ma miejsce rozszczepienie pokładu węgla; w przeławiceniach pojawiają się głównie utwory ilaste, często zawęglone.

W północnej części obszaru opracowania (złożą: Ścinawa i Ścinawa-Głogów) poniżej pokładu II występuje **III ścinawski pokład węgla brunatnego**, który osiąga maksymalnie miąższość 12 m, a jeszcze niżej - **IV dąbrowski pokład węgla brunatnego**, którego miąższość również sięga 12 m i reprezentuje najniższą część kompleksu złożowego.

W najniższej części utworów kenozoiku – osadach paleogenu - występują drobne soczewki węgla brunatnego, stanowiące litostratygraficzny ekwiwalent **V pokładu czempińskiego**, które ze względu na niewielką miąższość i znaczną głębokość zalegania nie mają jednak żadnego znaczenia ekonomicznego.

2.2.2 Charakterystyka jakości surowca

Węgiel brunatny kompleksu złóż Legnica-Ścinawa jest w całości węglem energetycznym dobrej jakości. Część zasobów węgla spełnia także kryteria dla węgla brykietowego i węgla wytlewnego. Podstawowe parametry jakościowe węgla zestawiono w tabeli 7.

Do węgli o najkorzystniejszych podstawowych parametrach jakościowych (popielność A^d, wartość opałowa Q^r_i i całkowita zawartość siarki S^d_t) należą węgle ze złóż Ścinawa i Ruja. Najmniej korzystne wartości charakteryzują węgle ze złoża Ścinawa-Głogów ze względu na wysoką zawartość siarki. Większość węgli brunatnych ze złóż kompleksu Legnica-Ścinawa spełnia kryteria bilansowości dla węgla wytlewnego; w dokumentacjach złożowych obliczono zasoby węgla wytlewnego dla złóż Legnica Północ, Legnica Wschód i Legnica Zachód (*vide* tabela 7). Parametry chemiczno-technologiczne pozwalają także na zaliczenie w większości węgli kompleksu złożowego Legnica-Ścinawa do węgli brykietowych, jednak występująca we wszystkich złożach (a w szczególności w złożu Legnica-Wschód) silna żelifikacja stawia pod znakiem zapytania realną przydatność tego surowca do brykietowania. Zawartość alkaliów jest niska i jako taka nie spowoduje trudności technologicznych w procesie spalania węgla. Bardzo niska zawartość halogenów i szkodliwych pierwiastków śladowych nie spowoduje nadmiernego obciążenia środowiska w procesie spalania węgla.

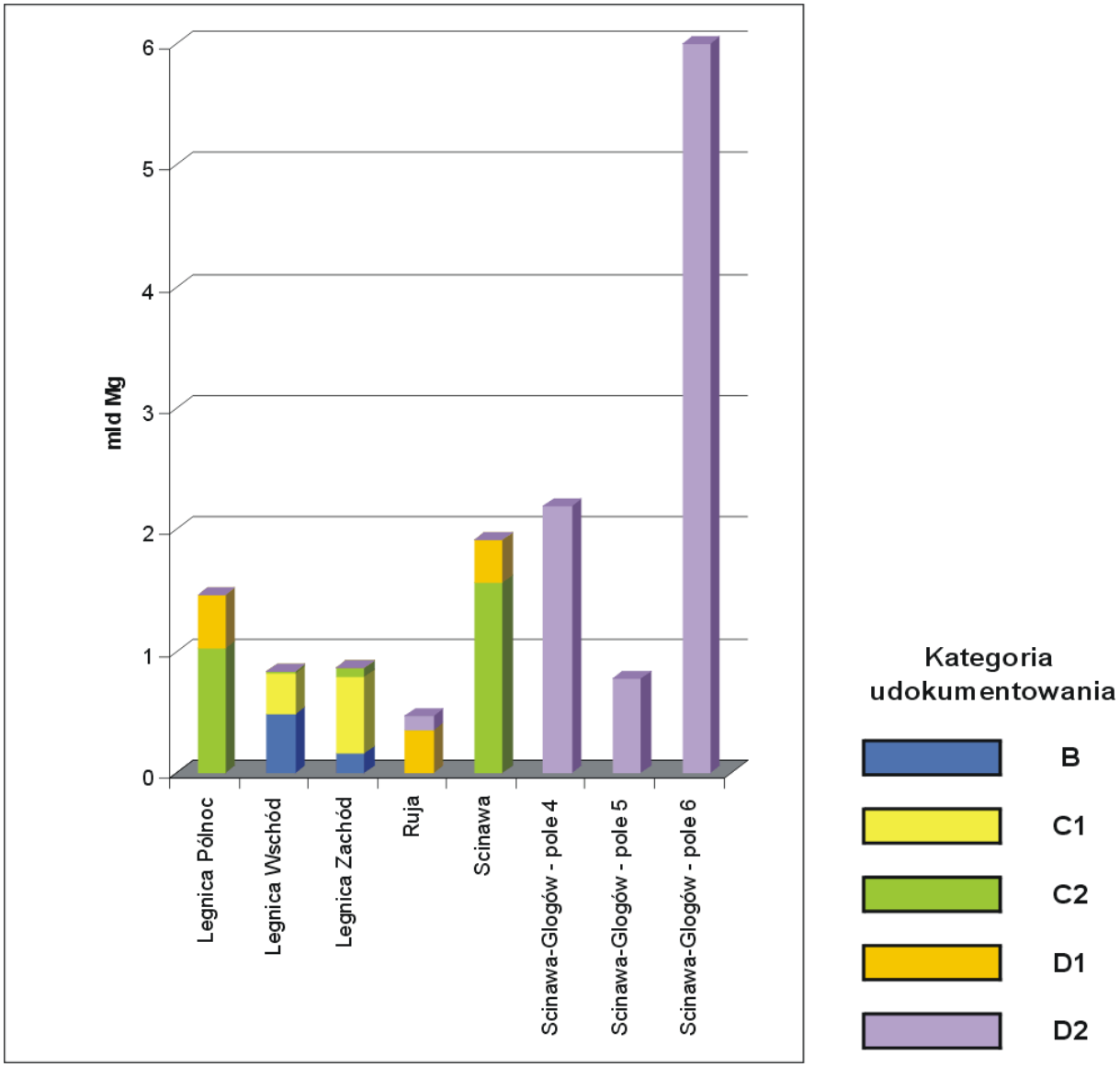
Tabela 7 Parametry jakościowe węgla brunatnego w kompleksie złóż legnickich (według Piwocki & Kasiński 2006)

Lp.	Złoże	Gęstość pozorna	Wartość opałowa	Popiel-ność	Całkowita zawartość siarki	Zawartość bituminów	Wydajność prasmoły	Zawartość alkaliów
		d	Q^r_i	A^d	S^d_t	B^d	T^d	$(Na_2O+K_2O)^d$
		Mg/m^3	MJ/Mg	%	%	%	%	%
1	2	3	4	5	6	8	9	10
1	Legnica Północ	nb	9 267	17,85	1,53	4,00	11,31	nb
2	Legnica Wschód	nb	9 168	18,58	1,13	4,27	12,19	0,10
3	Legnica Zachód	nb	9 936	14,87	0.96	5,03	13,52	0,08
4	Ruja	1,13	9 496	17,27	0,61	nb	nb	0,07
5	Ścinawa	1,08	9 996	11,20	0,54	4,59	12,33	0,07
7	Ścinawa-Głogów	nb	8 439	13,25	2,58	nb	nb	nb
Średnia ważona:		1,09	8 893	13,98	1,96	4,44	12,21	0,08

nb – nie badano

2.2.3 Zasoby węgla brunatnego

Zasoby węgla brunatnego w kompleksie złóż Legnica-Ścinawa były kolejno dokumentowane w okresie 35 lat, od roku 1961, kiedy udokumentowano złoże Ścinawa, do roku 1996, kiedy obliczono zasoby szacunkowe obszaru perspektywicznego Ścinawa-Głogów. W tak długim okresie czasu dokumenty ustalające kryteria bilansowości dla parametrów geologiczno-górniczych występowania surowca oraz dla jego parametrów jakościowych uległy kilkukrotnym zmianom. Z tego powodu reinterpretacji wymagały przede wszystkim zasoby złoża Ścinawa, dokumentowane pierwotnie w granicach N:W = 10, a nie, jak obecnie 12. W związku z tym zasoby bilansowe węgla brunatnego złoża Ścinawa, liczone według kryteriów obecnych, są znacznie wyższe, a ich określenie wymagało przeliczenia zasobów (ryc. 7, tabela 8).



Ryc. 7 Zasoby węgla brunatnego w złożach legnickich. Według: Piwocki & Kasiński 2006.

Tabela 8 Zasoby węgla brunatnego w złożach legnickich (według: Piwocki & Kasiński 2006)

Lp.	Złoże	Geologiczne zasoby bilansowe					
		udokumentowane			prognostyczne		razem
		B	C_1	C_2	D_1	D_2	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Legnica Północ	-	-	1 025,4	440,1	-	1 465,5
2	Legnica Wschód	483,1	339,5	18,7	-	-	839,3
3	Legnica Zachód	168,4	618,6	76,7	-	-	863,7
4	Ruja	-	-	-	349,5	121,9	471,4
5	Ścinawa	-	-	1 568,6	342,8	-	1 911,4
6	Ścinawa-Głogów - pole 4	-	-	-	-	2 196,0	2 196,0
7	Ścinawa-Głogów - pole 5	-	-	-	-	779,0	779,0
8	Ścinawa-Głogów - pole 6	-	-	-	-	5 995,7	5 995,7
	OGÓŁEM:	651,5	958,1	2 687,4	1 132,4	9 092,6	14 522,0
Węgiel brykietowy							
1	Legnica Północ	-	-	467,5	-	-	467,5
2	Legnica Wschód	-	375,8	-	-	-	375,8
3	Legnica Zachód	-	621,5	-	-	-	621,5
	OGÓŁEM:	-	997,3	467,5	-	-	1 464,8
Węgiel wytlewny							
1	Legnica Północ	-	-	312,1	-	-	312,1
2	Legnica Wschód	152,7	108,8	-	-	-	261,5
3	Legnica Zachód	-	606,9	-	-	-	606,9
	OGÓŁEM:	152,7	715,7	312,1	-	-	1 180,5

2.2.4. Parametry geologiczno-górnicze.

W każdym ze złóż należących do kompleksu złóż legnickich parametry geologiczno-górnicze występowania kopaliny są odmienne. Szczególnie wyraźnie różnią się one pomiędzy złożami położonymi na bloku przedsudeckim, do których należą złoża: Legnica Wschód Legnica Zachód i Ruja, a tymi leżącymi na monoklinie przedsudeckiej – Legnica Północ, Ścinawa i Ścinawa-Głogów (tabela 9).

Tabela 9 Parametry geologiczno-górnicze pokładów węgla brunatnego w złożach legnickich (wartości średnie), (według: Piwocki & Kasiński 2006)

Lp.	Złoże	Powierzchnia	Głębokość		Miąższość węgla	Liniowy współczynnik N:W
			stropu	spągu		
		km^2	m ppt.	m ppt.	m	
1	2	3	4	5	6	7
1	Legnica Północ	38,51	186,1	209,1	23,0	8,1
2	Legnica Wschód	38,14	137,3	155,4	18,1	7,6
3	Legnica Zachód	37,33	137,8	158,8	21,0	6,6
4	Ruja	18,04	108,7	143,3	14,4	8,4
5	Ścinawa	57,84	192,0	214,6	22,6	9,1
6	Ścinawa-Głogów - pole 4	79,20	208,0	232,0	25,0	8,3
7	Ścinawa-Głogów - pole 5	24,48	229,3	256,5	27,2	8,4
8	Ścinawa-Głogów - pole 6	164,34	256,6	286,8	30,2	8,5
	Suma/średnia ważona:	457,88	207,2	233,0	25,2	8,3

W omawianym kompleksie złożowym znaczenie gospodarcze mają pięć pokładów węgla brunatnego. Najgłębiej położonym jest IV pokład dąbrowski, który nawiercono w kilkunastu otworach wiertniczych na złożu Ścinawa, gdzie jego miąższość sięga 12 m, a który w tym obszarze ma cechy bilansowe.

2.2.5. Warunki hydrogeologiczne.

Na obszarze kompleksu złóż legnickich występują trzy piętra hydrogeologiczne, związane z utworami plejstocenu, neogenu oraz utworami starszego podłoża (Tomaszewski 1975; Bielawski & Dąbrowski 1972). W obrębie **piętra plejstoceńskiego** na omawianym obszarze występuje praktycznie jeden poziom wodonośny, rozwinięty w różnoziarnistych wodnolodowcowych piaskach ze żwirem oraz piaszczystych wypełnieniach dolin kopalnych. Miąższość osadów wodonośnych na wysoczyznach morenowych nie przekracza 10 m, w pradolinach waha się w granicach10 .. 20 m, a w głębokich dolinach kopalnych sięga nawet 100 m. Piętro plejstoceńskie jest zasilane głównie w wyniku infiltracji wód opadowych, a utwory wodonośne plejstocenu cechuje dobra wodoprzepuszczalność. Moduł zasilania tego poziomu jest zróżnicowany i waha się w granicach 11 … 362 $m^3*d^{-1}*km^{-2}$. W stosunku do wód piętra plejstoceńskiego wszystkie cieki na omawianym obszarze mają charakter drenujący.

Poziomy wodonośne **piętra neogeńskiego** są związane z pakietami utworów piaszczystych rozdzielających kompleksy mułkowo-ilaste z pokładami węgla brunatnego. W górnej części piętra ponad IIA lubińskim pokładem węgla brunatnego występuje niezbyt zasobny nadwęglowy poziom wodonośny o miąższości 4 .. 20 m, który tworzą drobnoziarniste piaski, zwykle mułkowate, które zostały zdeponowane w lokalnych strefach bardziej intensywnego przepływu wód; strefy te wykazują średnią wodoprzepuszczalność i są najczęściej rozdzielone nieprzepuszczalnymi utworami ilasto-mułkowymi. Kolejny poziom wodonośny występuje pomiędzy IIA pokładem Lubińskim, który stanowi część stropową złóż, a II pokładem łużyckim. Poziom ten dzieli się na dwa horyzonty wodonośne, rozdzielone serią mułków. Jest to zasadniczy poziom wodonośny neogenu, w którego obrębie w skrajnych partiach kompleksu złóż legnickich występują dwa główne zbiorniki wód podziemnych. Utwory wodonośne omawianego poziomu są wykształcone w postaci piasków drobnoziarnistych i piasków mułkowatych, rzadko z domieszką piasków średnioziarnistych ze żwirem. Są one zasilane na drodze infiltracji z wyżejległych warstw wodonośnych, a drenowane przez Odrę i system odwodnienia kopalń KGHM „Polska Miedź" (Tomaszewski 1975; Bocheńska 1988). Trzeci poziom wodonośny obejmuje pakiet utworów drobnopiaszczystych w spągu II łużyckiego pokładu węgla brunatnego, w obrębie których występuje kolejny III pokład ścinawski. Miąższość utworów tego poziomu o charakterze słabo- lub średnioprzepuszczalnym sięga 28 m.

Utwory **piętra paleogeńsko-mezozoicznego** są rozwinięte najpełniej w północno-wschodniej części kompleksu złóż legnickich na obszarze monokliny przedsudeckiej. W skład omawianego piętra wchodzą dwa poziomy wodonośne. Górny poziom, o grubości do 70 m, jest związany z kompleksem paleogeńskich piasków różnoziarnistych ze żwirem znajdującym się poniżej pakietu utworów ilastych podścielajacego IV dąbrowski pokład węgla brunatnego, w znacznej części izolującego go od wód piętra neogeńskiego. Pokład ten posiada jednak kontakty hydrauliczne z utworami tego pięrta, a jednocześnie pozostaje w pełnym kontakcie hydraulicznym z niżejległym poziomem mezozoicznym, który na obszarze monokliny przedsudeckiej budują piaskowce arkozowe triasu z wkładkami iłowców, a na obszarze bloku przedsudeckiego – zwietrzeliny łupków krystalicznych i bazaltów oraz spękane skały metamorficzne podłoża.

Na rozległym obszarze występowania kompleksu złóż legnickich znajduje się pięć głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP), z których cztery stanowią obszary wysokiej ochrony (OWO), a jeden – obszar najwyższej ochrony (ONO) (Kleczkowski 1990).

Są to:

1. plejstoceński zbiornik pradolinny # 302 Barycz-Głogów obejmujący północny skraj złoża Ścinawa-Głogów (pole złożowe # 4) w granicach współczesnej doliny Odry;
2. plejstoceński zbiornik dolin kopalnych # 314 Odra-Głogów w północno-wschodniej części złoża Ścinawa-Głogów (pole złożowe # 4);
3. mioceński zbiornik # 316 Lubin, wkraczający na północną część złoża Legnica-Północ;
4. plejstoceński zbiornik międzymorenowy # 318 Słup-Legnica, którego kontur obejmuje zachodni skraj złoża Ruja;

5. mioceński zbiornik # 319 Prochowice-Środa, obejmujący południowo-wschodni skraj złoża Legnica-Wschód.

Dla potencjalnej eksploatacji największym zagrożeniem są wody trzeciego poziomu wodonośnego pietra mioceńskiego. Silnie zawodnione otwory piętra paleogeńsko-mezozoicznego są mniej istotne, ponieważ są one izolowane od spągu złoża ciągłą warstwą nieprzepuszczalnych utworów ilastych, które przy właściwie prowadzonej eksploatacji nie powinna zostać naruszona. Z punktu widzenia interakcji z obszarami ochrony wód podziemnych najbardziej istotny wydaje się konflikt z ONO # 302 Barycz-Głogów, który uniemożliwi eksploatację niewielkiego obszaru w północnej części złoża Ścinawa-Głogów (pole złożowe # 4) oraz OWO # 316 Lubin na złożu Legnica-Północ.

2.2.6. Zagospodarowanie powierzchni złoża i charakterystyka środowiska naturalnego.

Teren południowej części kompleksu złóż legnickich jest w przeważającej części użytkowany rolniczo z udziałem kompleksów leśnych w strefie Zimna Woda-Karczowiska-Szczytniki Duże. Dominują tu gleby dobrych klas bonitacyjnych: grunty klas I .. IVa zajmują 85 % użytków rolnych (Kasiński & Nowak 2009). W północnej części kompleksu – na obszarze perspektywicznym Ścinawa-Głogów - dominują obszary leśne.

Północna część kompleksu złożowego – złoże Ścinawa-Głogów – stanowi obszar podziemnej eksploatacji do wydobycia rud miedzi i znajduje się w obrębie obszarów górniczych zespołu kopalń KGHM „Polska Miedź”.

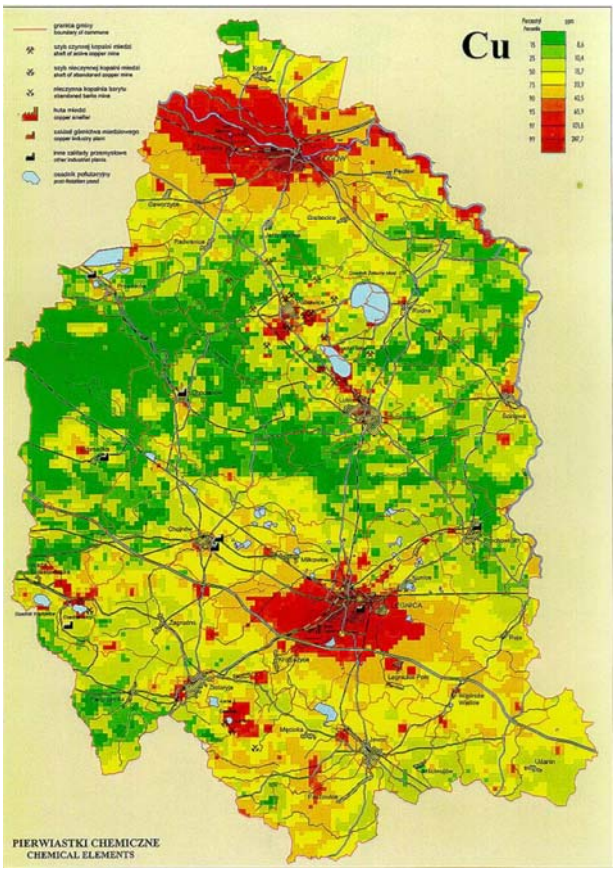
Na południe od złoża i jego południowo-wschodnim skrajem przebiega magistrala kolejowa o znaczeniu międzynarodowym Wrocław-Zgorzelec-Drezno, a przez centralną część złoża z południa na północ normalnotorowa linia kolejowa # 289 Legnica-Lubin-Głogów – na obu tych liniach jest przewidziana modernizacja. W granicach kompleksu złożowego znajduje się także część towarowej obwodnicy kolejowej miasta Legnica. Na skraju złoża znajduje się węzeł kolejowy w Rzeszotarach usytuowany na obwodnicy towarowej Legnicy. Przez złoże przebiega droga krajowa # 3 Legnica-Lubin-Zielona Góra, która na odcinku Lubin-Potoczek jest drogą szybkiego ruchu. Przez północno-zachodnią część obszaru złóż przebiega droga krajowa # 12 Żary-Szprotawa-Głogów-Kalisz-Piotrków Trybunalski, a południowym skrajem obszaru biegnie droga krajowa # 94 Chojnów-Legnica-Prochowice. Przez obszar złoża przebiega także kilka dróg powiatowych: # 1227 Lisiec-Wiercień-Kochlice. # 2174 Legnica-Pątnówek. # 2194 Chojnów-Niedźwiedzice-Grzymalin-Rzeszotary. # 2208 Głuchowice-Grzymalin. # 2210 Studnica-Miłkowice-Rzeszotary i # 2611 Łukaszów-Gierałtowice-Gniewomirowice-Jezierzany. Sieć dróg wyższego rzędu uzupełniają liczne drogi gminne o charakterze lokalnym. Przez zachodnią część złoża Legnica Północ i złoże Legnica Wschód jest planowana budowa drogi ekspresowej S-3 Nowa Sól-Legnica, w przyszłości docelowo przekształconej w autostradę A-3, która ma stanowić połączenie pomiędzy autostradami A-2 i A-6.

Wszystkie miejscowości w kompleksie złożowym mają sieć wodociągową i są zaopatrywane w wodę w części południowej z Legnicy, a w części północnej z Głogowa. Kilka miejscowości w zachodniej części kompleksu ma także sieć kanalizacyjną. Przez złoża

przebiega także tranzytowa linia wysokiego napięcia 110 kV oraz tranzytowy wysokociśnieniowy gazociąg przesyłowy Φ 200/3 MPa.

Na obszarze kompleksu złóż legnickich nie ma obiektów i obszarów przyrodniczych objętych ochrona prawną. W miejscowości Jezierzany funkcjonuje użytek ekologiczny „Torfowisko w okolicach Miłkowic" o powierzchni 1,67 ha. W planach jest utworzenie rezerwatu przyrody „Wiciokrzew Pomorski" na gruntach wsi Kochlice oraz obszaru chronionego krajobrazu o powierzchni 103,3 km^2 w dolinie Czarnej Wody. Na omawianym obszarze poza doliną Odry nie ma obiektów z listy „Natura'2000". W miejscowości Miłogostowice znajduje się zespół zabytków architektonicznych, na który składają się: zamek książąt legnickich. pałac opatów lubiąskich, kolegium jezuickie z XIV w. i kościół parafialny z XIV w.

W południowej i północnej części obszaru złóż legnickich grunty te są jednak w znacznym stopniu skażone metalami ciężkimi z powodu emisji pyłów z huty miedzi (Brych & Łabuda 2007), a na złożu Ścinawa-Głogów także w wyniku składowania odpadów poflotacyjnych pochodzących z przeróbki rud miedzi (ryc. 8). Na tych obszarach stosuje się dolesienia. Pozostałą część gruntów porasta las iglasty.



Ryc. 8. Mapa skażenia gleb związkami miedzi na obszarze byłego województwa legnickiego. Według: Lis & Pasieczna 1999. [większy format]

Istnieją dwa główne scenariusze udostępnienia legnickiego kompleksu złożowego w przypadku podjęcia eksploatacji metodą odkrywkową (Duczmal *et al.* 2008). Jeden z nich

zakłada usytuowanie wkopu udostępniającego na złożu Legnica Zachód, drugi – na złożu Legnica Wschód. Oba scenariusze zakładają prowadzenie wydobycia obu wspomnianych złóż, a także południowej części złoża Legnica Północ, która stanowiłaby eksploatacyjne przejście pomiędzy dwoma głównymi złożami. Problem stanowiłoby w takim przypadku m.in. wykonanie drogi szybkiego ruchu S-3 w obecnie projektowanym kształcie oraz zachowanie i modernizacja linii kolejowej Legnica-Lubin-Głogów; obie te inwestycje powinny zostać poprowadzone poza granicami złóż.

W przypadku podjęcia eksploatacji południowej części kompleksu złóż legnickich, a w szczególności południowych części złóż Legnica Wschód i Legnica Zachód konflikt potencjalnej eksploatacji ze środowiskiem może być poważny (17, 39), szczególnie w zakresie oddziaływania na:

- położone w sąsiedztwie miasto Legnica,
- wody powierzchniowe: Jezioro Kunickie, rzeka Kaczawa, liczne stawy rybne),
- gleby wyższych klas bonitacyjnych (I ... IV) występujące na omawianym obszarze,

Jednym z teoretycznych rozwiązań może być także poniechanie eksploatacji południowych części złóż Legnica Wschód i Legnica Zachód, pomimo, że oznacza to wyłączenie z eksploatacji części złóż o najkorzystniejszych parametrach geologiczno-górniczych, zarazem udokumentowanych w najwyższej kategorii (B). Uzyskanie przyzwolenia społecznego dla eksploatacji tych partii złóż wydaje się jednak bardzo trudne. W tej sytuacji przyszła kopalnia ”Legnica” mogłaby raczej podjąć eksploatację w północnych częściach obu złóż oraz w złożu Legnica Północ. Jak wynika z danych przedstawionych powyżej, zasoby tych złóż nadal pozostają bardzo poważne, a warunki geologiczno-górnicze tylko nieznacznie ustępują obszarowi południowemu.

3. Podsumowanie i wnioski

Węgiel brunatny jest w chwili obecnej jedynym lokalnym surowcem energetycznym, który może zapewnić gospodarce polskiej samowystarczalność i bezpieczeństwo energetyczne na przyszłość w długofalowej perspektywie. Energia elektryczna produkowana z węgla brunatnego jest najtańsza i chociaż jej ceny znacznie wzrosną po wdrożeniu przez Polskę technologii spalania bezemisyjnego, nadal zapewne taką pozostanie w dającej się przewidzieć przyszłości, ponieważ koszt produkcji energii na bazie pozostałych paliw kopalnych (a także spalania biomasy) także wzrośnie proporcjonalnie.

Według obecnego stanu wiedzy eksploatacja odkrywkowa węgla w celu spalania go w elektrowniach termicznych pozostaje metodą zdecydowanie najbardziej ekonomiczną i – paradoksalnie – najbezpieczniejszą. Negatywne skutki wydobycia węgla i jego spalania mogą być w znacznym stopniu ograniczane przy zastosowaniu nowoczesnych procedur i technologii. W przyszłości z pewnością znajdą się coraz szersze zastosowanie niekonwencjonalne technologie utylizacji węgla brunatnego, wśród których najbardziej perspektywiczna wydaje się technologia podziemnego zgazowania węgla. W chwili obecnej jej zastosowanie niesie jednak ze sobą wiele niewiadomych, co wskazuje na potrzebę prowadzenie dalszych badań w skali technicznej w instalacjach pilotowych.

Najatrakcyjniejszymi złożami węgla brunatnego w Polsce z punktu widzenia eksploatacji odkrywkowej pozostają kompleksy złóż gubińskich i legnickich. Zasoby każdego z tych kompleksów są wystarczające, aby przy zastosowaniu klasycznej eksploatacji odkrywkowej wypełnić rosnącą lukę pomiędzy popytem a podażą energii elektrycznej w Polsce w okresie najbliższych kilkudziesięciu lat. W przypadku złóż gubińskich nie rozważano dotychczas poważniej zastosowania niekonwencjonalnych technologii utylizacji węgla, jednak dla kompleksu złóż legnickich oprócz szczegółowo opracowanych koncepcji eksploatacji odkrywkowej (Libicki & Tarasewicz 2006; Duczmal *et al.* 2008) przedstawiono także koncepcje eksploatacji metodami niekonwencjonalnymi: podziemnej metodą ścianową (Szymański 2006), metodą hydrootworową (Lehman *et al.* 1997) i eksploatacji metodą podziemnego zgazowania (Nowak 2007).

Literatura cytowana

BARTECZEK, A., S. KOZŁOWSKI, K. KUCIĘBA, S. NOWOSIELSKI, 1988. Ocena wpływu eksploatacji złóż węgla kamiennego na środowisko. *Mat. Centr. Progr. Badań Podst.,* 04.10:3; 1-99, *Wyd. Szk. Gł. Gosp. Wiejsk.-Akad. Roln.*, Warszawa.

BIELAWSKI, A., S. DĄBROWSKI, 1992. Obliczenia zawodnienia złóż metodami modelowania matematycznego na przykładzie złoża węgla brunatnego Legnica. *Górn. Odkrywkowe*, **34**:3-4; 133-142, Wrocław.

BIELIKOWSKI, K., Z. CZAPLA, J. LIBICKI, W. PETRYSZCZEW, A. SZWARNOWSKI, B. WŁODARCZYK, C. WOJCIECHOWSKI [eds.], 1999. Polish lignite. 64 p, *Conf. of Polish Lignite Industry*, Turek.

BOCHEŃSKA, T., 1988. Kształtowanie się warunków hydrodynamicznych w Lubińsko-Glogowskim obszarze wodonośnym pod wpływem odwadniania kopalń.

CIUK. E., M. PIWOCKI, 1990. *Map of Brown Coal Deposits and Prospect Areas in Poland, scale 1:500 000, , Państw. Inst. Geol.*, 21 p., Warszawa

DUCZMAL, M., G. SLUSARCZYK, J. SPECYLAK-SKRZYPECKA, A. BOROWICZ, A. BEDNARZ, 2008. Ochrona złóż – idea a rzeczywistość na przykładzie perspektywicznych złóż węgla brunatnego. *Górn. Odkrywkowe*, **50**:2/3, 86-92, Wrocław.

DUNIKOWSKI, A., J. KLICH, R. UBERMAN, 1989. Niekonwencjonalne technologie eksploatacji złóż w górnictwie odkrywkowym. *Górn. Odkrywkowe*, **31**:4, Wrocław.

DYJOR, S., 1978. Wykształcenie i stratygrafia utworów trzeciorzędowych na obszarze Lubińsko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego. In: J. Jerzmański [ed.]: *Przew. 50. Zjazdu Pol. Tow. Geol.*, **50**; 210-214, Warszawa.

JAROŃ, L., A. KONDRATOWICZ, J. ŻYGAR, 1978. Budowa geologiczna złóż węgli brunatnych Legnica i Ścinawa oraz perspektywy ich eksploatacji. *Przegl. Geol.*, **26**:10; 579-584, Warszawa.

JAROS, J., 1985. Słownik historyczny kopalń węgla na ziemiach polskich. 200 p., *Śląski Inst. Naukowy*, Katowice.

KASIŃSKI, J.R., 2006. Węgiel brunatny – czy w przyszłości podstawa bezpieczeństwa energetycznego Państwa? In: B. Żbikowska [ed.]: *Konf. „Bezpieczeństwo energetyczne kraju – czy poradzimy sobie sami?" na Międzynarodowych Targach Geologicznych „Geologia 2006 – Sprzęt, technika, myśl"*, *Państw. Inst. Geol.*, 7-11, Warszawa.

KASIŃSKI, J.R., 2008. Zasoby węgla brunatnego w Polsce – stan rozpoznania i podstawowe problemy. 7 p., *Państw. Inst. Geol.*, http://www.pgi.gov.pl/images/stories/artykuly/wegiel_brunatny/tekst_kasin_2. pdf, Warszawa.

KASIŃSKI, J.R., **S. MAZUREK, M. PIWOCKI**, 2006. Waloryzacja i ranking złóż węgla brunatnego w Polsce. *Prace Państw. Inst. Geol.*, Warszawa

KASIŃSKI, J.R., J. NOWAK, 2009. Charakterystyka ogólna wybranych złóż węgla brunatnego. In: Z. Kozłowski [ed.]: *Techniczno-ekonomiczny ranking zagospodarowania złóż węgla brunatnego w aspekcie założeń polityki energetycznej Polski*. *Wyd. Politechniki Wrocławskiej*, Wrocław.

KASIŃSKI, J.R., M. PIWOCKI, 2002. Low rank coals in Poland: prospection – mining – progress. In: J. Jureczka, M. Podemski [eds.]: *„Proceedings of the IV European Coal Conference"*, *Pol. Geol. Inst. Spec. Papers*, **7**; 17-30, Warszawa.

KASIŃSKI, J.R., **M. PIWOCKI, J. PORZYCKI, A. ZDANOWSKI**, 1991. Węgiel kamienny i węgiel brunatny In: S. Kozłowski [ed.]: *Atlas zasobów surowców i odpadów mineralnych oraz zagrożeń środowiska w układzie gminnym*, **2**; 1-22, *Państw. Inst. Geol.*, Warszawa.

KASZTELEWICZ, Z., 2007. Węgiel brunatny – optymalna oferta energetyczna dla Polski. *Red. Górn. Odkrywkowego*, Wrocław.

KASZTELEWICZ, Z., 2008. Uwarunkowania wydobycia węgla brunatnego i produkcji energii elektrycznej w Polsce i Europie. 94 p., *Akad. Górn.-Hutn.*, http://www.pgi.gov.pl/images/stories/artykuly/wegiel_brunatny/tekst_kasztel-mini. pdf,

KLECZKOWSKI A.S. [ed.], 1990. Mapa obszarów Głównych Zbiorników Wód Podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony, skala 1:500 000. *Akad. Górn.-Hutn.*, Kraków.

KUDEŁKO, J., J. NOWAK, 2007. Geosozologiczne uwarunkowania dla strategii i wyboru technologii zagospodarowania złóż węgla brunatnego rejonu legnickiego. *Czas. Naukowo-Techn, Górn, Rud* **1**; *Wyd. KGHM Cuprum sp. z o.o., Centrum Badawczo-Rozwojowe*, Wrocław.

LEHMANN, J., C. BACHOWSKI, J. BUTRA, H. CIESZKOWSKI, R. DĘBKOWSKI, P. KIJEWSKI, W. LASKA, A. MAREK, A. MIZERA., J. NOWAK, L. ZIĘTKOWSKI, 1997. Studium możliwości eksploatacji złoża węgla brunatnego Legnica-Ścinawa metodą otworową oraz wykorzystania produktu eksploatacji do produkcji energii elektrycznej. *Arch. KGHM „Cuprum" CB-R,* Wrocław.

LIBICKI, J., Z. TARASEWICZ, 2006. Projektowanie i budowa kopalni węgla brunatnego „Legnica". In: J. Trembecka, [ed.]: *„Budowa Legnickiego Zagłębia Górniczo-Energetycznego węgla brunatnego szansą likwidacji strukturalnego bezrobocia"*, 100-115, *Wyższa Szkoła Menedżerska*, Legnica.

LIS, J., A. PASIECZNA [eds.] 1999. Geochemical atlas of Legnica-Głogów Copper District 1:100.000. *Polish Geological Institute*. Warsaw.

NOWAK, J., 2007. Angren – Zakład Energetyczny, podziemne zgazowanie (UCG) węgla brunatnego. *Arch. KGHM „Cuprum" CB-R,* Wrocław.

NOWAK, J., Z. KOZŁOWSKI, 2009. Technologie zagospodarowania złóż węgla brunatnego. In: Z. Kozłowski [ed.]: *Techniczno-ekonomiczny ranking zagospodarowania złóż węgla*

brunatnego w aspekcie założeń polityki energetycznej Polski. *Wyd. Politechniki Wrocławskiej*, Wrocław.

NOWOSIELSKI, S., A. BARTECZEK, M. CZAPSKA-NOWOSIELSKA, K. KUCIĘBA, 1991. Metodyka i przykłady sporządzania ocen oddziaływania eksploatacji złóż węgla kamiennego na środowisko. *Mat. CPBP* **04.10**:47; 1-168, *Wyd. Szk. Głów. Gosp. Wiejsk.-Akad. Roln.*, Warszawa.

PIWOCKI, M., 1995a. Tertiary lignites of the Żary Pericline. *Prace Państw. Inst. Geol.*, **150**; 77-95, Warszawa.

.**PIWOCKI, M.**, 1995b. Złoża węgla brunatnego na bloku przedsudeckim. In: S. Cwojdziński [ed.]: *Materiały sesji: "Geologia i ochrona środowiska bloku przedsudeckiego". Ann. Soc. Géol. Pologne*, spec. vol., **1**; 71-78, Wrocław.

PIWOCKI, M., J.R. KASIŃSKI, 1994. Mapa waloryzacji ekonomiczno-środowiskowej złóż węgla brunatnego w Polsce, skala 1:750 000, 27 p., *Państw. Inst. Geol.*, Warszawa.

PIWOCKI, M., J.R. KASIŃSKI, 2006. Baza surowcowa węgla brunatnego zabezpieczającego budowę Kopalni „Legnica". In: J. Trembecka, [ed.]: *„Budowa Legnickiego Zagłębia Górniczo-Energetycznego węgla brunatnego szansą likwidacji strukturalnego bezrobocia"*, 80-99, *Wyższa Szkoła Menedżerska*, Legnica.

PIWOCKI, M., J.R. KASIŃSKI, **A. SATERNUS, J.K. DYLĄG, M. GIENTKA, I. WALENTEK**, 2004. Aktualizacja bazy zasobów złóż węgla brunatnego w Polsce. *Państw. Inst. Geol.*, 98 p. *Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa.

SZYMAŃSKI, J., 2006. Koncepcja systemu bezpiecznej eksploatacji podziemnej złoża węgla brunatnego Legnica*. Mat. Konf. Naukowo-Szkoleniowej w Legnicy „Lasy nad złożem węgla „Legnica" – stan aktualny-zagrożenia-przyszłość"*, Legnica.

TOMASZEWSKI, J.B., 1975. Zagrożenie wodne w kopalniach LGOM. *Prace Nauk. Inst. Geo-techniki Politechniki Wrocławskiej*, **13**, Wrocław.

UBERMAN, R., J. KLICH, W. MACIEJCZAK, 1991. Możliwości zastosowania metody hydrootworowej do eksploatacji małych złóż węgla brunatnego dla potrzeb lokalnych. *Gospodarka Sur. Mineralnymi*, **7**:2, Kraków.