

WĘGIEL.

JUŻ PO ZMIERZCHU...

Michał Wilczyński

Listopad 2015

REDAKCJA:

Antoni Bielewicz z zespołem

Publikacja została
sfinansowana przez



Spis treści:

Spis skrótów i terminów

Spis rycin

Spis tabel

- 1. Streszczenie**
- 2. Gospodarka węglem kamiennym na świecie**
 - 2.1 Główne ośrodki wydobycia
 - 2.2 Światowy handel węglem; ceny węgla
 - 2.3 Prognoza wydobycia i cen węgla kamiennego do 2035 r.
- 3. Gospodarka węglem kamiennym w Polsce**
 - 3.1 Krytycznie o bilansie zasobów kopalin
 - 3.2 Analiza stanu zasobów węgla kamiennego w Polsce
 - 3.3 Czy węgiel kamienny w Polsce będzie podstawowym paliwem do końca XXI wieku?
 - 3.4 O kosztach i skuteczności programów restrukturyzacyjnych branży węglowej
 - 3.5 Ekonomiczne aspekty użytkowania węgla
 - 3.6 Przyszłość węgla w Polsce
- 4. Skutki wydobycia i użytkowania węgla kamiennego dla środowiska i społeczeństwa w Polsce**
 - 4.1 Oddziaływanie górnictwa węgla kamiennego na środowisko
 - 4.2 Spalanie węgla; emisje gazów toksycznych, pyły, popioły, metale ciężkie
 - 4.3 Wpływ zanieczyszczeń „węglowych” na zdrowie ludzi
- 5. Gospodarka węglem brunatnym na świecie**
- 6. Gospodarka węglem brunatnym w Polsce**
 - 6.1 Analiza stanu zasobów węgla brunatnego z podziałem na główne regiony wydobywcze
 - 6.2 Aspekty ekonomiczne wydobycia i spalania węgla brunatnego w Polsce
- 7. Skutki wydobycia i spalania węgla brunatnego dla środowiska i społeczeństwa w Polsce**
 - 7.1 Oddziaływanie wydobycia węgla brunatnego na środowisko
 - 7.2 Skutki spalania węgla brunatnego
 - 7.3 Problemy społeczne wokół nowych inwestycji oraz rozbudowy istniejących obiektów w okręgach górniczo – energetycznych
- 8. Podsumowanie – rekomendacje autora dotyczące przyszłości górnictwa węgla kamiennego i brunatnego**
- 9. Wykorzystane publikacje**

Spis skrótów i terminów:

| | |
|-----------------------|---|
| AEI | wskaźnik średniego narażenia na ekspozycję (<i>Average Exposure Indicator</i>) |
| ARA | zespół portów Antwerpia–Rotterdam–Amsterdam; notowania cen węgla importowanego do Europy podawane są dla tego zespołu portów |
| BP | British Petroleum; jeden z pięciu największych koncernów naftowych |
| Bq | bekereł; jednostka aktywności promieniotwórczej |
| BZK | bilans zasobów kopalin |
| CAFE | Dyrektywa CAFE – dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 r. w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy |
| CCS | technologia zatłaczania dwutlenku węgla pod powierzchnię ziemi (<i>Carbon Capture and Storage</i>) |
| CIF | formuła dostawy surowca – koszt, ubezpieczenie i transport do oznaczonego portu (<i>Cost, Insurance and Freight</i>) – wg wykazu Międzynarodowej Izby Handlowej |
| CH₄ | chemiczny symbol metanu |
| Dz. U. | „Dziennik Ustaw” |
| Dz.Urz.U.E. | „Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej” |
| EUROSTAT | Biuro Statystyki Unii Europejskiej |
| ExxonMobil | międzynarodowy koncern naftowy, jeden z 5 największych na świecie |
| FOB | termin określający, kto płaci za wyładunek lub załadunek (<i>Free on board</i>) |
| GHG | gazy cieplarniane (greenhouse gases) |
| GJ | gigadżul; jednostka energii (10 ⁹ dżula) |
| GWh | gigawatogodzina (10 ⁹ wata) |
| IEA | à MAE |
| IOŚ | Inspekcja Ochrony Środowiska; często WIOŚ, czyli Wojewódzka Inspekcja Ochrony Środowiska |
| JSW S.A. | Jastrzębska Spółka Węglowa S.A. |
| kV | kilowolt; jednostka napięcia (1000 woltów) |
| KHW S.A. | Katowicki Holding Węglowy S.A. |
| kogeneracja | proces technologiczny jednoczesnego wytwarzania energii elektrycznej i użytkowej energii cieplnej w elektrociepłowni; |
| KSE | Krajowy System Elektroenergetyczny |
| KW S.A. | Kompania Węglowa S.A. |
| loco | miejsce dostarczenia i odbioru towaru |
| MAE | Międzynarodowa Agencja Energetyczna afiliowana przy OECD (<i>International Energy Agency</i>) |

| | |
|--------------------------|--|
| Mg | megagram (tona) |
| GJ/Mg | gigadzul na megagram(tonę); kaloryczność paliwa w relacji do masy |
| MW_e | megawat elektryczny; jednostka mocy elektrycznej (10 ⁶ wata) |
| MWh | megawatogodzina; jednostka pracy (10 ⁶ wata na godzinę) |
| MWt | megawat termiczny; jednostka mocy cieplnej |
| Mtoe | milion ton równoważnika ropy (<i>million tonne oil equivalent</i>) |
| OECD | Organizacja Współpracy Gospodarczej i Rozwoju, której Polska jest członkiem (<i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i>) |
| OZE | odnawialne źródła energii |
| PGNiG | Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo S.A. |
| PIB | Państwowy Instytut Badawczy |
| PIG | Państwowy Instytut Geologiczny |
| PKB | Produkt Krajowy Brutto |
| PM10 | pył zawieszony o średnicy cząstek 10 µm lub mniejszej |
| PM2,5 | pył zawieszony o średnicy cząstek 2,5 µm lub mniejszej |
| ppb | jednostka stężenia – liczba cząstek substancji na miliard cząstek rozpuszczalnika (np. wody, powietrza) (parts per billion) |
| ppt | głębokość poniżej powierzchni terenu |
| reserves | udokumentowane zasoby możliwe do ekonomicznie uzasadnionej eksploatacji przy obecnych cenach i zastosowaniu znanych technologii. |
| resources | zasoby, które nie mogą być wydobywane z powodów technologicznych i/lub ekonomicznych, jak też nieudokumentowane w stopniu wystarczającym, lecz możliwe do wydobycia w przyszłości. |
| spot | transakcja finansowa zrealizowana najpóźniej w drugim dniu roboczym od momentu jej zlecenia |
| tce | tona równoważna węgla o ustalonej kaloryczności (29,307 GJ) (Tonn of coal equivalent) |
| toe | równoważnik energetyczny tony ropy (<i>Tonne of oil equivalent</i>) |
| TWh | terawatogodzina (10 ¹² wata) |
| UE | Unia Europejska |
| UOKiK | Urząd Ochrony Konkurencji i Konsumentów |
| ug/nm³ | jednostka stężenia substancji w powietrzu wyrażona w mikrogramach na normalny metr sześcienny |
| VdKI | Niemieckie Stowarzyszenie Importerów Węgla (<i>Verein der Kohlenimporteure</i>) |

ZASOBY:

Zasoby prognostyczne – określa się na podstawie nielicznych wyrobisk lub odsłoneń naturalnych oraz danych geofizycznych pozwalających określić w przybliżeniu możliwy obszar występowania złoża oraz rodzaj i jakość kopaliny. Prawdopodobne granice złoża określa się metodą interpolacji lub ekstrapolacji. Błąd szacowania zasobów może wynosić ponad 40%.

Zasoby geologiczne złoża (bilansowe i pozabilansowe) – całkowita ilość kopaliny lub kopalin w granicach złoża

Zasoby bilansowe – zasoby złoża lub jego części spełniające graniczne wartości parametrów definiujących złożo

Zasoby pozabilansowe – zasoby złoża lub jego części niespełniające granicznych wartości parametrów definiujących złożo

Zasoby przemysłowe – część zasobów bilansowych lub pozabilansowych złoża (a w przypadku wód leczniczych, termalnych i solanek zasobów eksploatacyjnych złoża) w granicach projektowanego obszaru górniczego lub wydzielonej części złoża przewidzianej do zagospodarowania, które mogą być przedmiotem uzasadnionej technicznie i ekonomicznie eksploatacji przy uwzględnieniu wymagań określonych w przepisach prawa, w tym wymagań dotyczących ochrony środowiska

Zasoby operatywne – część zasobów przemysłowych podlegająca wydobyciu na powierzchnię, teoretycznie dla węgla kamiennego przyjmuje się współczynnik 0.7

• **Graniczne wartości parametrów definiujących złożo** – wartości parametrów wyznaczające granice geologiczne złoża kopaliny

Spis rycin:

1. Główne ośrodki wydobycia i zasoby (*proven reserves*) węgla kamiennego na świecie. Stan na koniec 2013 r.
2. Zużycie węgla w latach 2004 – 2014 – najwięksi konsumenci.
3. Struktura zużycia energii pierwotnej w skali globalnej w 2014 r.
4. Główni eksporterzy węgla w 2014 r.
5. Ceny węgla energetycznego i ropy naftowej w latach 1994 – 2014.
6. Światowa produkcja węgla (w tym antracytu i lignitu) oraz ceny; 1990 – 2014, a także prognoza do 2035 r.
7. Polska klasyfikacja zasobów kopalin stałych.
8. Struktura zasobów węgla kamiennego w udokumentowanych złożach w Polsce (stan na koniec 2014 r.).
9. Struktura i zmiana zasobów węgla kamiennego w Polsce w okresie 1990 – 2014.
10. Struktura zużycia węgla kamiennego w Polsce w latach 2006 – 2013.
11. Pomoc publiczna dla górnictwa węgla kamiennego w latach 1990 – 2012 (w cenach 2010 r.).
12. Prognoza krajowej podaży węgla w latach 2015 – 2050, wg. L. Gawlik et al., 2013.
13. Prognoza pozyskania węgla kamiennego w Polsce – wynik analizy ekonomicznej wg M. Bukowski et al., 2015.
14. Prognoza zapotrzebowania gospodarki polskiej na węgiel kamienny.
15. Produkty spalania węgla kamiennego.
16. Emisja dwutlenku węgla ze spalania węgla kamiennego i brunatnego w latach 1990-2012.
17. Emisja głównych zanieczyszczeń powietrza w Polsce.
18. Emisja metali ciężkich jako produktów spalania węgla kamiennego w Polsce.
19. Światowe zasoby (*reserves*) węgla brunatnego – stan na koniec 2013 r.
20. Najwięksi producenci węgla brunatnego na świecie.
21. Złoża węgla brunatnego w Polsce.
22. Wydobycie węgla brunatnego w Polsce w latach 1990-2014.
23. Wydobycie węgla brunatnego w 2014 r. w poszczególnych kopalniach – odkrywki, zasoby przemysłowe oraz wystarczalność.
24. Prognoza zapotrzebowania energetyki na węgiel brunatny.
25. Szczegółowość rozpoznania niezagospodarowanych złóż węgla brunatnego – stan na koniec 2014 r.
26. „Konkurencyjność” węgla brunatnego względem węgla kamiennego energetycznego.
27. Projekcja kosztu emisji CO₂ dla elektrowni węglowych i gazowych przy różnych cenach uprawnień emisyjnych w systemie ETS.
28. Zasięg oddziaływania odwodnienia kopalni „Bełchatów” na tle zlewni rzeki Widawki.
29. Udział emisji dwutlenku węgla ze spalania węgla w całkowitej emisji gazów cieplarnianych w Polsce.

Spis tabel:

1. Struktura emisji głównych gazów toksycznych ze spalania węgla kamiennego w Polsce.
2. Emisja głównych metali ciężkich jako produktów spalania węgla kamiennego w Polsce.
3. Złóża węgla brunatnego najkorzystniejsze pod względem złożowym do przyszłej eksploatacji.
4. Podstawowe parametry geologiczne i jakościowe niektórych niezagospodarowanych złóż węgla brunatnego w Polsce.
5. Ilość wydobytego węgla, zdjętego nadkładu i wypompowanej wody w polskich kopalniach od początku działalności do końca 2014 r.
6. Emisja głównych gazów toksycznych ze spalania węgla brunatnego w Polsce [tys. Mg]
7. Emisja głównych metali ciężkich jako produktów spalania węgla brunatnego w Polsce [Mg].

1

Streszczenie

Rola węgla kamiennego w produkcji energii na świecie nadal jest duża. Globalne wysiłki zmierzające do obniżenia emisji gazów cieplarnianych, w tym dwutlenku węgla, powstającego w wyniku spalania tego surowca, a także prowadzona od dwóch dekad transformacja sektora energii, sprawiają, że znaczenie tego paliwa zaczyna jednak spadać. Pierwsze oznaki słabnięcia pozycji węgla można dostrzec już dziś. Pomimo ciągłego wzrostu zużycia tego paliwa tempo tego przyrostu spada najszybciej ze wszystkich surowców mineralnych (z 3,8 % na początku XXI wieku do 0,4 % w 2013 r.) lub spada wręcz w liczbach bezwzględnych (jak w przypadku krajów OECD).

Trend ten będzie miał ogromny wpływ na ceny węgla na światowych rynkach. Przy olbrzymiej podaży surowca oznacza to utrzymanie się dzisiejszych, niskich cen rzędu 50 USD/tce (ARA) i nieodwracalny koniec boomu z pierwszej dekady XXI wieku.

Zmiany na globalnym rynku stanowią poważne wyzwanie także dla Polski. Kraj będący jednym z największych producentów węgla kamiennego i brunatnego na świecie musi zmierzyć się z szeregiem trudnych pytań. W jaki sposób efektywnie zarządzać, wciąż należącym przede wszystkim do Skarbu Państwa, sektorem wydobywczym? Jak dokonać jego transformacji? Co zrobić w obliczu nieuchronnego wyczerpywania się węgla kamiennego, którego zasoby, nadające się do efektywnej ekonomicznie eksploatacji wystarczą na niespełna 18 lat? Jak na konieczność eksportu surowca powinien przygotować się sektor energetyczny, a także organy odpowiedzialne za bezpieczeństwo energetyczne kraju? W jaki sposób zarządzać eksploatacją węgla brunatnego, którego zagospodarowane złoża ulegną wyczerpaniu, a nowe, o zasobach ekonomicznych do 2,6 mld Mg, wymagać będą kolosalnych inwestycji i wiązać się będą z ogromnymi kosztami środowiskowymi, społecznymi i ekonomicznymi?

Ujemna rentowność oferowanego surowca (średni jednostkowy koszt wydobycia węgla kamiennego w okresie styczeń – czerwiec 2015 r. wyniósł 304,45 zł/Mg podczas gdy cena zbytu na rynku krajowych sięgnęła 264,47 zł/Mg), wysokie koszty pracy, stanowiące 46 % całkowitych kosztów funkcjonowania firm wydobywczych i kolosalne koszty podtrzymywania nierentownych kopalń, szacowane na 10–25 mld zł do 2020 r. sprawiają, że sytuacja polskiego sektora górnictwa węgla kamiennego jest dramatyczna. Co więcej, wyczerpywanie lokalnych zasobów, trwała nierentowność zakładów wydobywczych i nadpodaż węgla kamiennego na globalnych rynkach sprawiają, że już w ciągu kilkunastu lat import surowca na potrzeby sektora energetycznego wzrośnie z obecnych 10 do 20 % (a w 2050 r. przekroczy 95 %). Jedynym rozwiązaniem tych problemów jest stworzenie kompleksowej strategii obejmującej nie tylko definitywną restrukturyzację górnictwa, ale także wytyczającej realistyczne średnio- i długoterminowe cele dla sektora wydobywczego i energetycznego, przystające do globalnej polityki i modeli biznesowych. Bez takiej strategii po zmierzchu nigdy nie nadejdzie żaden świt.

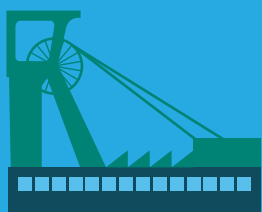
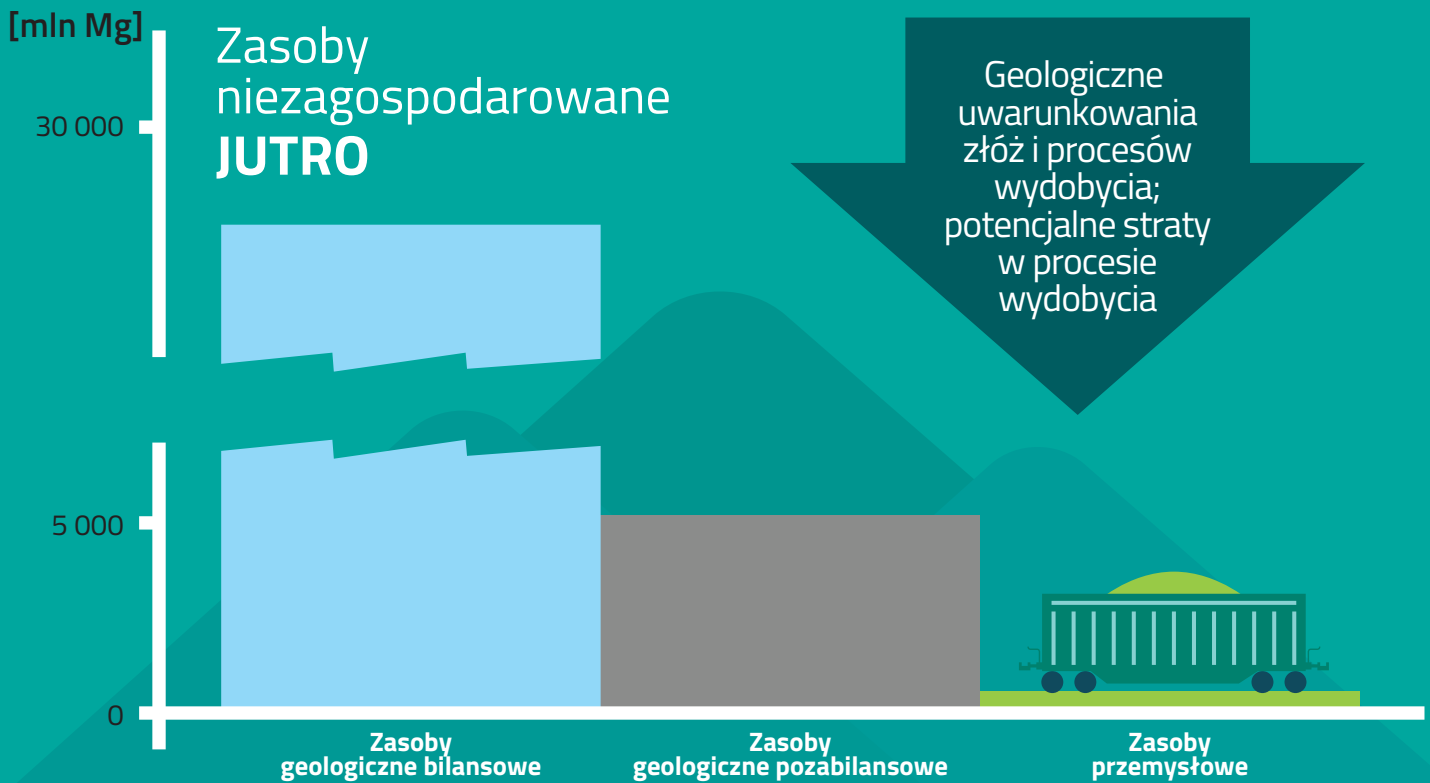
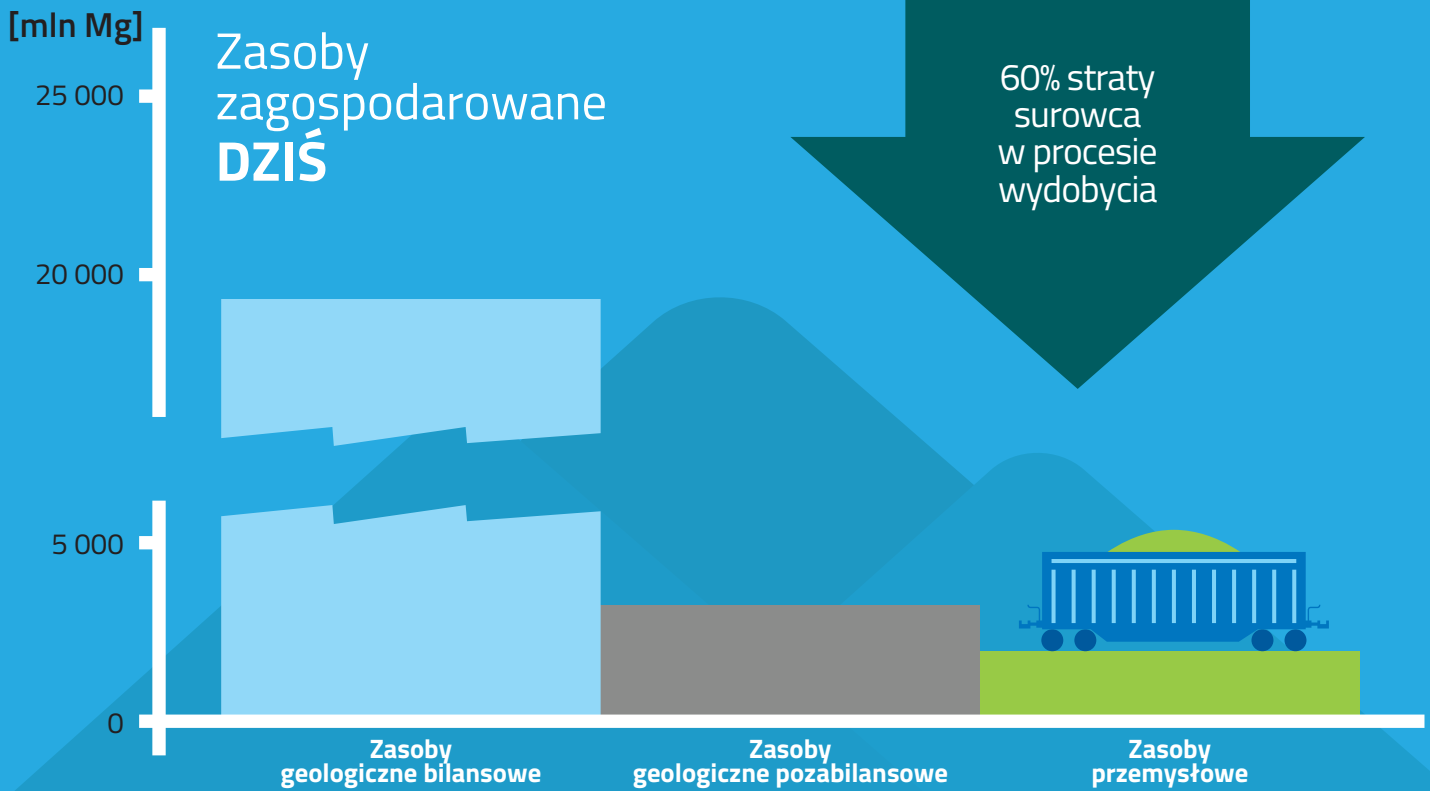
Dr Michał Wilczyński,

b. Główny Geolog Kraju,

b. wiceminister środowiska,

niezależny ekspert ds. polityki surowcowej

WĘGIEL KAMIENNY DZIŚ I JUTRO



2 Gospodarka węglem kamiennym na świecie

Pod koniec 2014 r. 30 % energii pierwotnej zużytej na Ziemi pochodziło z węgla kamiennego, a jedynie 1,7 % przypadało na węgiel brunatny. W 2014 roku wydobycie węgla kamiennego sięgnęło 7 200 mln Mg i według wstępnych szacunków było mniejsze o 0,7 % niż w roku poprzednim. Największymi producentami tego paliwa pozostają: Chiny (51,1 % światowego wydobycia), USA (11,9 %), Indie (8,2 %), Australia (5,9 %) i Indonezja (6,2 %).

Globalne zużycie węgla w 2014 roku wzrosło o 0,4 % (tj. znacząco poniżej średniej z poprzednich 10 lat wynoszącej 2,9 %). Kraje OECD ograniczyły w tym czasie swoje zużycie o 1,5 %, a państwa UE o 6,5 %. Rok 2014 był także pierwszym rokiem w XXI wieku, w którym odnotowano spadek zużycia węgla w Chinach. „Państwo Środka”, którego średnie zużycie węgla w latach 2000 – 2013 rosło w tempie 8,3 %, zużył o 100 mln Mg węgla mniej, a jego import zmalał o 36 mln Mg - do 292 mln Mg. Częściową przeciwwagą dla tego trendu pozostaje wzrost zużycia surowca w Indiach. W 2014 r. konsumpcja węgla w tym kraju wzrosła aż o 11,1 %, osiągając ponad 9 % udział w światowym zużyciu.

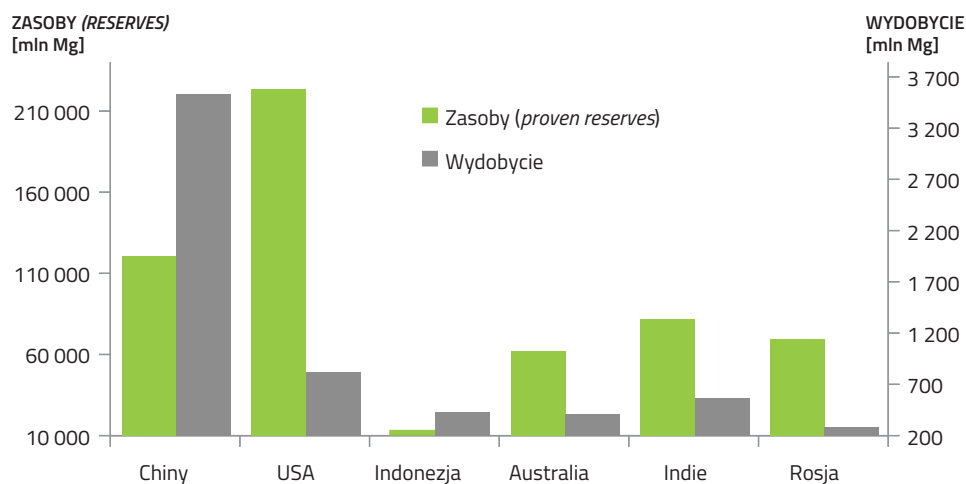
Światowi analitycy przewidują, że zapotrzebowanie gospodarki światowej na węgiel kamienny w latach 2013 – 2035 będzie rosnąć w tempie 0,8 % rocznie, by potem zacząć gwałtownie spadać. W krajach OECD pod koniec tego okresu zużycie spadnie o 600 mln Mg wobec roku 2013. W Chinach tempo wzrostu zużycia węgla wyniesie 0,8 % rocznie do 2025 r., ale w dekadzie 2025 – 2035 zużycie zacznie spadać (z poziomu 85 % udziału w miksie energetycznym w 2010 r. spadnie do mniej niż 50 % w 2040 r.) Wyjątkiem pozostaną Indie, które do 2035 r. podwoją obecne zużycie węgla do poziomu 1100 mln Mg.

Stagnacja i prognozowany spadek zapotrzebowania na węgiel kamienny determinuje poziom cen surowca na światowych rynkach. W ostatnich dwóch dekadach wykres cen tego surowca przypominał rollercoaster. W latach 1994 – 2003 ceny węgla energetycznego na świecie kształtowały się w przedziale 30 – 40 USD/tce. Skokowy wzrost cen o 65 % w 2004 r. rozpoczął okres niestabilności, trwający do 2014 r. Rekordowo wysokie ceny węgla energetycznego odnotowano na rynku ARA w 2008 r. - 147,67 USD/tce. Od 2012 r. ceny powracają do średniej z lat 2004 – 2007. Szczególnie dobrze jest to widoczne w pierwszej połowie 2015 r., gdy cena na rynku ARA oscylowała w przedziale 54 – 58 USD/tce.

2.1. Główne ośrodki wydobywania

Węgiel kamienny znaleźć można na wszystkich kontynentach i pod względem znaczenia gospodarczego jako paliwo zajmuje drugie miejsce po ropie naftowej. Pod koniec 2014 r. 30 % energii pierwotnej zużytej na Ziemi pochodziło z węgla kamiennego, a jedynie 1,7 % przypadało na węgiel brunatny [6].

Ryc. 1. Główne ośrodki wydobywania i zasoby (*proven reserves*¹) węgla kamiennego na świecie. Stan na koniec 2013 r.



Źródło: Energy Study... 2014 [16]

Światowe zasoby ekonomiczne (*reserves*) węgla kamiennego na koniec 2013 r. wynosiły 688 mld Mg. W USA znajduje się 32,5 % tych zasobów, a w Chinach 17,5 %. Wskaźnik wystarczalności zasobów (*reserves*)² jest największy w Rosji i wynosi 441 lat, w USA to 262 lata, w Australii - 155, w Indonezji - 61, ale w Chinach to już tylko 30 lat.

Wydobycie węgla kamiennego na Ziemi w 2014 r. wyniosło 7 200 mln Mg³ i według wstępnych szacunków było mniejsze o 0,7 % niż w roku poprzednim. Największymi producen-

1 objaśnienie: terminy międzynarodowe *reserves* lub *proven reserves* – udokumentowane zasoby możliwe do ekonomicznie uzasadnionej eksploatacji przy obecnych cenach i zastosowaniu znanych technologii. *Resources* – zasoby, które nie mogą być obecnie wydobywane z powodów technologicznych i/lub ekonomicznych jak też udokumentowane w stopniu niewystarczającym lecz możliwe do wydobywania w przyszłości. Oba terminy nie mają ścisłego odpowiednika w obowiązującej w Polsce klasyfikacji.

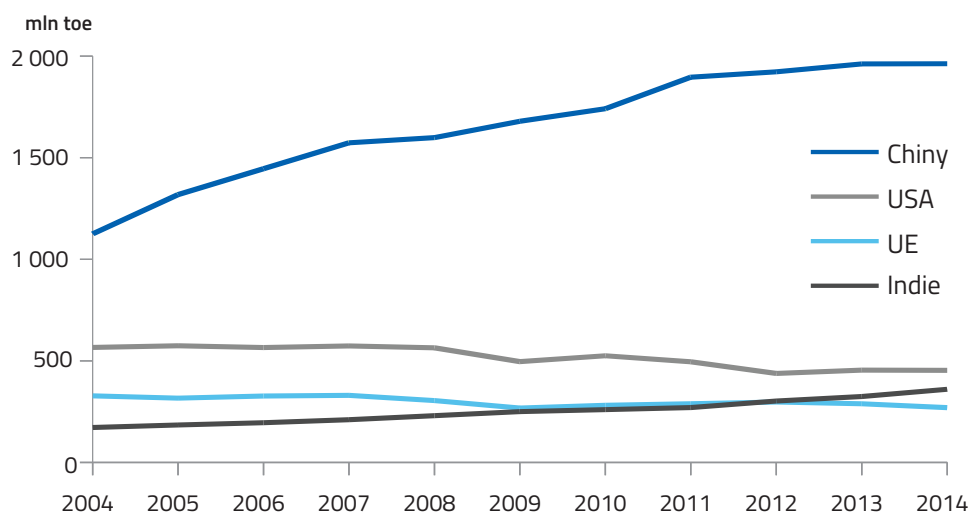
2 Wskaźnik wystarczalności: *reserves* dzielone przez wielkość rocznego wydobycia - powszechnie stosowany w opracowaniach analitycznych.

3 *Preliminary report on 2014*, VDKI no1/2015. [50]

tami tego paliwa są Chiny (51,1 % światowego wydobycia), USA (11,9 %) Indie (8,2 %), Australia (5,9 %) i Indonezja (6,2 %).

W 2014 r. wzrost zużycia węgla w stosunku do roku poprzedniego wyniósł 0,4 %, czyli dużo poniżej średniej z poprzednich 10 lat, wynoszącej 2,9 %. W krajach OECD zużycie spadło o 1,5 %, w UE – o 6,5 %. W pierwszej dekadzie XXI wieku zużycie węgla rosło najszybciej ze wszystkich paliw – o 3,8 % rocznie. Jednak począwszy od 2013 r. przyrasta najwolniej (0,8 % rocznie) [50]. Jest oczywistością, iż ta dynamika kreowana była przez zużycie węgla w Chinach, rosące w tempie 8,3 % rocznie w latach 2000 – 2013, (ryc.2). Ale w roku 2014 po raz pierwszy od 1998 r. wydobycie węgla w tym kraju spadło o 100 mln Mg, a import zmalał o 36 mln Mg - do 292 mln Mg [op.cit.].

Ryc.2. Zużycie węgla w latach 2004 – 2014 – najwięksi konsumenci

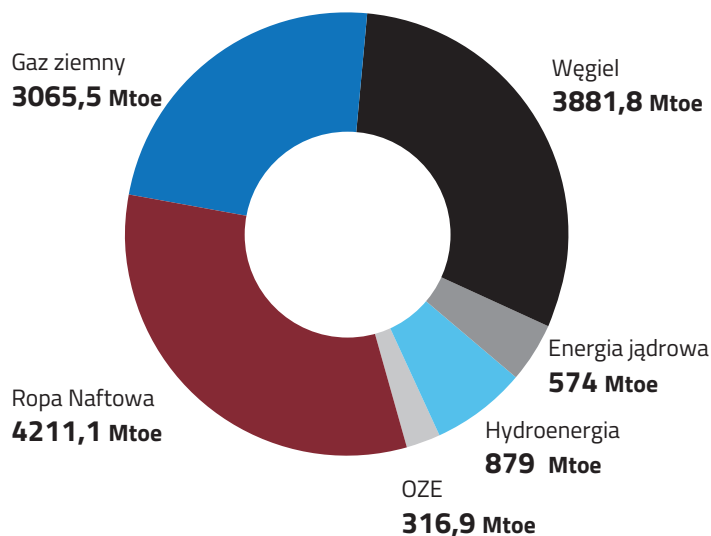


Źródło: BP Statistical Review 2015 ... [6].

Na przestrzeni dekady 2004 – 2014 zużycie węgla znacząco spadło w USA i UE - o 171 Mtoe, lecz w tym okresie w Chinach wzrosło o 837 Mtoe, a w Indiach o 188 Mtoe (ryc.2). Od 2011 r. szczególnie dynamicznie rośnie w Indiach. W 2014 r. konsumpcja węgla w tym kraju wzrosła aż o 11,1 %, osiągając ponad 9 % udział w światowym zużyciu. (W tym miejscu warto odnotować przypadek dynamicznych zmian miksu energetycznego w USA. Kraj, który w 2005 r. importował 30 % energii dla zbilansowania własnej konsumpcji, dzięki „rewolucji łąpkowej”, produkcji bioenergii i poprawie efektywności transportu w 2014 r. zmniejszył import do 10 %, a w 2025 r. stanie się całkowicie samowystarczalny).

starczalny energetycznie⁴. O ile w 1990 r. udział węgla i gazu w bilansie energii pierwotnej wynosił po 23 %, to w 2013 r. węgiel stanowił 18 %, a gaz już 27 %, [2]. Agencja Informacji Energetycznej (US EIA) prognozuje⁵, że do 2025 r. w USA zamknięte zostaną elektrownie węglowe o łącznej mocy 40 GW).

Ryc.3. Struktura zużycia energii pierwotnej w skali globalnej w 2014 r.



Źródło: BP Statistical review...2015 [6]

Według *BP Energy Outlook 2035* [5] zapotrzebowanie gospodarki światowej na węgiel w latach 2013 – 2035 będzie rosnać w tempie 0,8 % rocznie, podczas gdy w krajach OECD pod koniec tego okresu zużycie spadnie o 600 mln Mg wobec roku 2013. W Chinach tempo wzrostu zużycia węgla wyniesie 0,8 % rocznie do 2025 r., ale w dekadzie 2025 – 2035 zużycie zacznie spadać. Udział węgla w miksie energetycznym Chin z poziomu 85 % w 2010 r. spadnie do mniej niż 50 % w 2040 r. Rosnąć zaś będzie udział energetyki jądrowej, gazowej i odnawialnej. Indie do 2035 r. podwoją natomiast obecne zużycie węgla do poziomu 1100 mln Mg.

Według prognozy *ExxonMobil*, [63] w 2040 r. globalne zapotrzebowanie na węgiel będzie na poziomie roku 2010, a udział tego paliwa w bilansie energetycznym świata wyniesie mniej niż 20 %, choć nadal będzie ono pozostawać paliwem nr 1 w wytwarzaniu energii elektrycznej. Do 2035 r. najszybciej przyrastać będzie moc zainstalowana w OZE – o 6,3 % rocznie, a pod koniec tego okresu udział OZE w miksie energetycznym świata wyniesie 8 %, i przekroczy udział energetyki jądrowej oraz wodnej. Niestety, światowa emisja gazów cieplarnianych będzie wyższa w 2035 r. o 25 % wobec poziomu z 2013 r. [6].

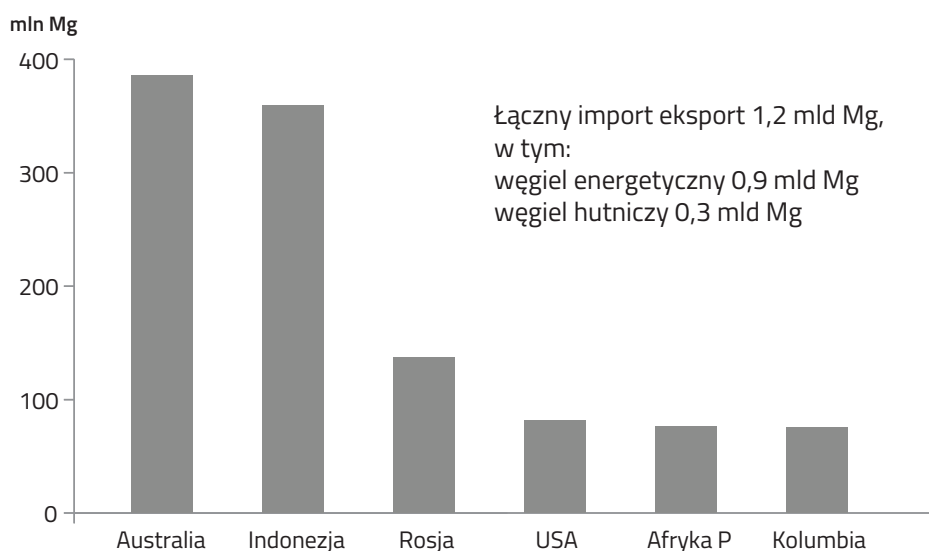
⁴ *Annual Energy Outlook 2015*. www.eia.gov [2].

⁵ Tamże

2.2. Światowy handel węglem; ceny węgla

Blisko 17 % wydobytego w 2014 r. węgla kamiennego (1 200 mln Mg) było przedmiotem handlu zagranicznego⁶. Światowy handel węglem jest zdominowany przez Australię (ryc.4.), która w 2014 r. wyeksportowała 386 mln Mg, co stanowi 32 % światowego handlu, oraz Indonezję – 359 mln Mg (30 % udział u globalnym handlu). Największymi importerami są Chiny, Indie, Japonia i Korea Południowa, na które przypada łącznie 68 % międzynarodowego handlu węglem. Indie na przestrzeni lat 2010 – 2013 zwiększyły import węgla z 88 mln Mg do 180 mln Mg. Ale w 2014 r. w Chinach import spadł o 36 mln Mg (11 %) [48]. Chiny w 2014 r. w handlu węglem zaczęły egzekwować parametry fizyko-chemiczne takie jak: wartość kaloryczna, zapozielenie, zasiarczenie i zawartość substancji toksycznych, co jest wyraźnym sygnałem, że władze tego kraju realizują program redukcji emisji.

Ryc.4. Główni eksporterzy węgla w 2014 r.



Źródło:VDKI 2015. [50]

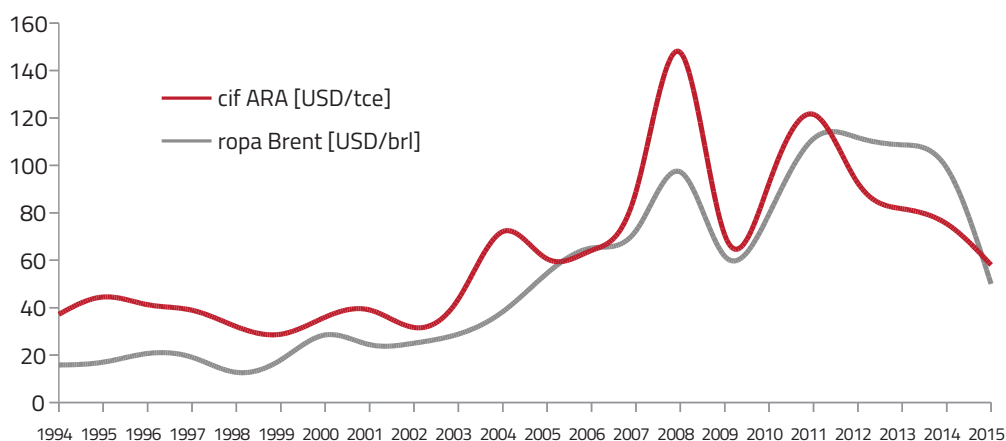
W krajach UE w 2014 r. wydobyto łącznie 113,6 mln Mg węgla kamiennego, a import pięciu największych odbiorców (Niemiec, Wielkiej Brytanii, Włoch, Hiszpanii i Francji) wyniósł 112 mln Mg [48]. W stosunku do 2012 r. import ten spadł o ponad 10 %.

6 VDKI. Preliminary report 2015. [50]

2.3. Prognoza wydobycia i cen węgla kamiennego do 2035 r.

W latach 1994 – 2003 ceny węgla energetycznego na świecie kształtowały się w przedziale 30 – 40 USD/tce⁷. Skokowy wzrost cen o 65 % w 2004 r. rozpoczął okres niestabilności, trwający do 2014 r. Rekordowo wysokie ceny węgla energetycznego odnotowano na rynku ARA w 2008 r. – 147,67 USD/tce (ryc.5.). Od 2012 r. ceny powracają do średniej z lat 2004 – 2007. Szczególnie dobrze jest to widoczne w pierwszej połowie 2015 r., gdy cena na rynku ARA oscylowała w przedziale 54 – 58 USD/tce.

Ryc.5. Ceny węgla energetycznego i ropy naftowej w latach 1994 – 2014



Źródło: BP Statistical review...2015, [6]

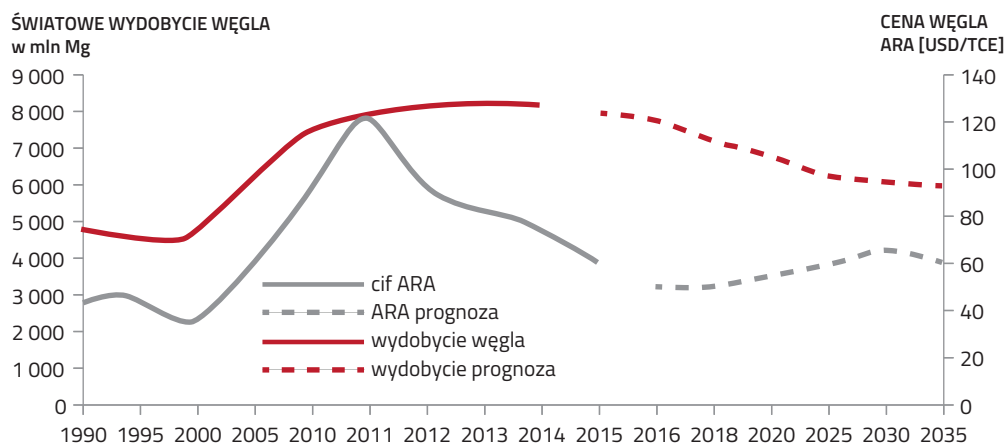
Dla wielu producentów węgla kluczowym jest pytanie czy ceny ustabilizują się w tym przedziale, czy raczej powrócą do poziomu 30 – 40 USD/tce z lat 1994 – 2003. Porównanie cen ropy naftowej i cen węgla (ryc.5) pokazuje, że są one w istotny sposób skorelowane w długoterminowe cykle, kształtowane przez 3 czynniki: podaż surowców, popyt gospodarki, i popyt spekulacyjny ze strony rynków finansowych⁸. Pierwsze dwa czynniki mają podstawowe znaczenie dla kształtowania cen w średnim terminie. Ostatni czynnik ze względu na ograniczone możliwości przechowywania surowców nie odgrywa znaczącej roli w kreowaniu światowych cen. Z dużą pewnością można stwierdzić, że dynamiczny wzrost cen ropy i węgla

⁷ tce – tona równoważna węgla o ustalonej kaloryczności 29,307 GJ (*tonne of coal equivalent*)

⁸ Hausner J., et al., *Polityka Surowcowa Polski*. Fundacja Gospodarki i Administracji Publicznej. Kraków 2015.[19]

kamiennego w latach 2004 – 2011 związany był z gwałtownie rosnącym zapotrzebowaniem szybko rozwijających się gospodarek Chin i Indii. Należy odnotować, że w gospodarce surowcowej cykle inwestycyjne dla zwiększenia podaży są znacznie dłuższe niż w przemyśle przetwórczym. W latach wzrostów cen niskokosztowi producenci węgla jak Australia, Indonezja czy Rosja rozbudowywali zdolności wydobywcze i transportowe, a ich uruchomienie zbiegło się ze spadkiem popytu, zwłaszcza w Chinach, USA i krajach UE. W efekcie nastąpił poważny spadek cen. Obserwacja cen ropy i węgla w 2014 i 2015 r. potwierdza, iż: *W odróżnieniu od ropy szybki wzrost popytu na węgiel w przyszłości jest jednak mało prawdopodobny, przede wszystkim ze względu na znaczne rezerwy efektywnościowe w energetyce i przemyśle chińskim* [19].

Ryc.6. Światowa produkcja węgla (w tym antracytu i lignitu) oraz ceny; 1990 – 2014, a także prognoza do 2035 r.



Źródło danych z lat 1990 – 2014: BP Statistical review...[6]; Prognoza - opracowanie autora

Wyraźne i zdecydowane przejawy spowolnienia gospodarki w Chinach w 2015 r., wdrażany program redukcji emisji toksycznych związków do atmosfery, oraz dynamiczny rozwój OZE (Chiny mają obecnie największą na świecie moc zainstalowaną w źródłach odnawialnych), pozwalają prognozować, iż w drugim półroczu 2015 r. cena węgla energetycznego na rynku ARA ustabilizuje się na poziomie 52 – 55 USD/tce.

W latach następnych (2016 - 2018) autor przewiduje dalszy spadek cen wskutek upłyniania dużych zapasów węgla znajdujących się obecnie na składach w Australii, Indonezji i USA, przy malejącym popycie, zwłaszcza w Chinach (ryc.6.). W raporcie Institute for Energy Economics and Financial Analysis dla Norweskiego Publicznego Funduszu Emerytalnego [56]

zaleca się wycofanie aktywów ze wszystkich inwestycji w przedsiębiorstwa węglowe gdyż: *Przemysł węglowy (na świecie) jest w stanie strukturalnej zapaści. To sektor zwijający się z niewielkim potencjałem wzrostu*⁹. Eksperti tego instytutu prognozują, iż cena węgla energetycznego na poziomie 50 USD/tce utrzyma się do 2021 r., a sektor już nie powróci do cen z okresu boomu węglowego. Największe banki takie jak Citi, JP Morgan, HSBC, Goldman Sachs, Deutsche Bank wycofują się z inwestycji w sektorze węglowym w Australii, Kolumbii i USA.

Import węgla przez Chiny nadal będzie spadał, podobnie jak krajowe wydobycie. Dane o gospodarce Chin wskazują, że w 2014 r. mimo wzrostu PKB o 7,3 %, wzrost zużycia energii nie przekroczył 3,9 %. Te dwie liczby dowodzą, iż działania władz chińskich w kierunku zmniejszenia energochłonności gospodarki zaczynają przynosić widoczne rezultaty¹⁰. Rząd Chin podjął zamierza także zdecydowane działania na rzecz poprawy jakości powietrza. Na początek postanowiono zlikwidować 4 główne elektrownie węglowe zaopatrujące w energię elektryczną aglomerację pekińską, oraz kilka elektrowni na peryferiach tego miasta. Efektem tego był odnotowany w 2014 r. spadek wydobycia i importu węgla.

Spadek importu węgla przez Chiny idzie w parze ze wzrastającym dynamicznie zapotrzebowaniem na ten surowiec ze strony Indii. Warto tu jednak zaznaczyć, że z perspektywy globalnej wzrost ten tylko w części zrekompensuje zmniejszenie importu chińskiego. Minister energetyki Indii Piyush Goyal zapowiedział gruntowną reformę sektora energii, zmierzającą do osiągnięcia do 2022 r. do 100 GW mocy zainstalowanej w fotowoltaice, 60 GW w energetyce wiatrowej, 10 GW w biomasie i 175 GW w małej hydroenergetyce. Łączne nakłady na OZE do 2022 r. przekroczą 200 mld USD. Ponad 50 mld USD zostanie przeznaczony na modernizację sieci przesyłowych i wzrost efektywności energetycznej.

Trzeci ważny eksporter węgla – Rosja, (11 % światowego handlu węglem) będzie intensyfikować eksport, gdyż wskutek dużej dewaluacji swojej waluty (o ponad 50 %) jest on wysoce opłacalny, szczególnie w kierunku Europy. A Rosja potrzebuje skompensować sobie spadki dochodów z eksportu gazu i ropy.

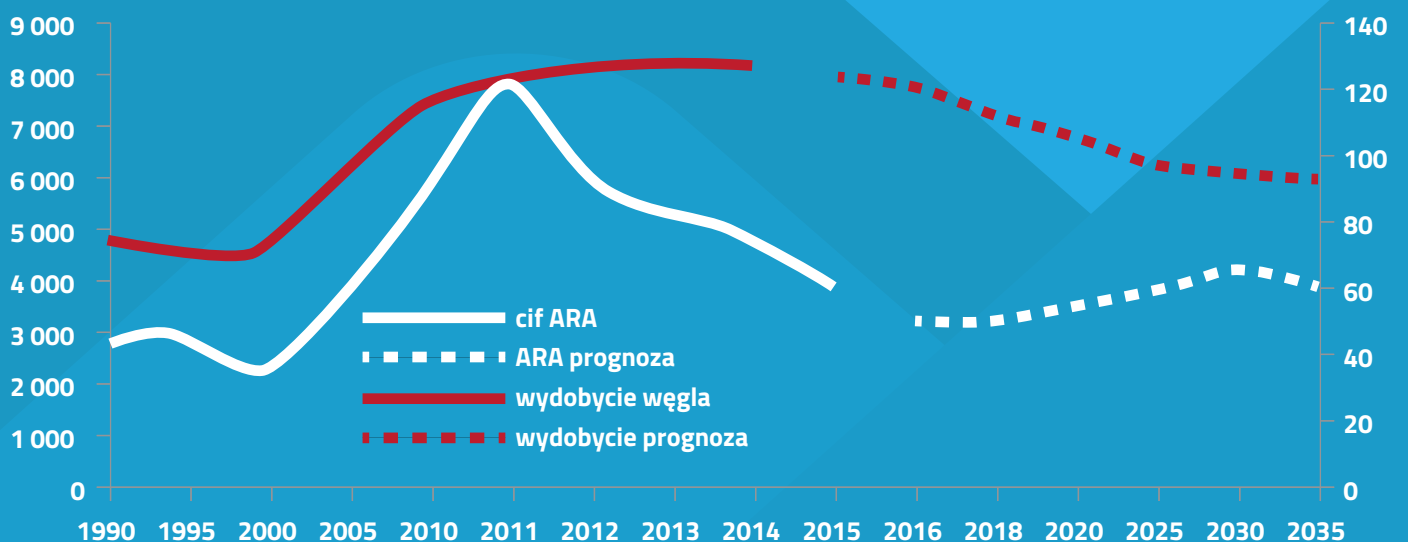
Wszystkie prognozy (MAE, BP, ExxonMobil, RWE) są zgodne, że konsumpcja energii pierwotnej do 2035 r. w krajach OECD będzie rosła w niewielkim stopniu (o około 800 mln toe), przy spadku zużycia ropy i węgla, które będą zastępowane przez gaz i odnawialne źródła energii, [63]. W tym czasie pozostałe kraje, głównie Chiny i Indie, zwiększą zużycie nośników energii pierwotnej, głównie paliw kopalnych, aż o 4,5 mld toe. Prawie 1/3 tego wzrostu przypadnie na gaz, 1/3 na ropę i węgiel, a pozostała część na paliwa niekopalne, [5].

9 Cyt. za: Institute for Energy Economics and Financial Analysis. *The case for Divesting Coal from the Norwegian Government Pension Fund Global*. 2015

10 Źródło: <http://ieefa.org/chinas-declining-coal-dependence-evident-data/>

ŚWIATOWA PRODUKCJA WĘGLA (W TYM ANTRACYTU I LIGNITU) ORAZ CENY; 1990 – 2014, A TAKŻE PROGNOZA DO 2035 R.

ŚWIATOWE WYDOBYCIE WĘGLA
w mln Mg



3 Gospodarka węglem kamiennym w Polsce

Złóża węgla kamiennego w Polsce znajdują się w trzech regionach: na Górnym Śląsku, na Lubelszczyźnie i na Dolnym Śląsku. Według stanu na koniec 2014 r. zasoby geologiczne bilansowe na Dolnym Śląsku wynoszą 423 mln Mg (z czego 188 mln Mg rozpoznane jest szczegółowo w kategorii A+B+C1). W przypadku Lubelskiego Zagłębia Węglowego udokumentowane złoża obejmują 9,5 mld Mg geologicznych zasobów bilansowych, (w tym 2,3 mld rozpoznane jest szczegółowo w kategorii A+B+C1). Zasoby geologiczne bilansowe w Górnos Śląskim Zagłębiu Węglowym wynoszą 41,9 mld Mg (z czego 18,8 mld Mg rozpoznane jest szczegółowo w kategoriach A+B+C1). Autorytatywne stwierdzenie jak dużymi zasobami węgla kamiennego dysponuje kraj jest bardzo trudne. Dla dokonania takiej oceny podstawowe znaczenie ma wiedza o wielkości zasobów kopalin energetycznych w złożach, zarówno tych rozpoznanych i udokumentowanych, jak i tych możliwych do odkrycia i zagospodarowania. Krytycznym elementem wyznaczającym granice geologiczne złoża kopaliny staje się poprawne przyjęcie granicznych wartości parametrów definiujących złoża, a więc w praktyce rozstrzygnięcie, które z zasobów kopalin mogą być uznane za możliwe do zagospodarowania i wykorzystania. Kryteria te ulegają zmianom ze względów górniczo-technologicznych, ekonomicznych, z powodu rosnących wymagań ochrony środowiska, skomplikowanej budowy geologicznej, czy wreszcie skali akceptacji dla inwestycji ze strony społeczności lokalnej. Wszystkie te czynniki sprawiają, że żadna formalna klasa rozpoznania zasobów nie pozwala na rozstrzygnięcie o opłacalności eksploatacji. Według różnych szacunków można przyjąć, że wystarczalność zasobów operatywnych dla węgla kamiennego w Polsce wynosi na koniec 2014 r. od 17,7 do 39 lat (w zależności od szacunków strat surowca, ponoszonych podczas wydobycia, które w polskich realiach geologiczno-górnicznych, są szczególnie wysokie i sięgają kilkudziesięciu procent).

Niska wydajność wydobycia w kopalniach spółek Skarbu Państwa, wysokie koszty pracy, coraz trudniejsze warunki geologiczne, a także zmniejszający się popyt Chin, narodowy program inwestycji w OZE w Indiach, znaczna nadpodaż węgla na światowych rynkach, nadwyżki węgla na rynku wewnętrznym USA, a także coraz większe problemy w pozyskaniu nowych środków na inwestycje w sektor węglowy stawiają pod znakiem zapytania pod znakiem zapytania rentowność sektora górnictwa węgla kamiennego. Zdaniem uznanych ekspertów do których przychyliła się autor niniejszej publikacji pomiędzy 2025 i 2030 r. w Polsce nastąpi gwałtowne załamanie wydobycia węgla kamiennego i ograniczenie wydobycia do poziomu 6- 11 mln Mg (w 2050 r.).

3.1. Krytycznie o bilansie zasobów kopalin

Dla oceny stanu bezpieczeństwa energetycznego kraju i ustalenia polityki energetycznej państwa podstawowe znaczenie ma wiedza o wielkości zasobów kopalin energetycznych w złożach, zarówno tych rozpoznanych i udokumentowanych, jak i możliwych do odkrycia i zagospodarowania. Wielkości zasobów węgla kamiennego podawane w Bilansie Zasobów Kopalin mogą sprawić, że bez przeprowadzenia krytycznej analizy zasobów, osoby nie będące specjalistami nabiorą przekonania o ich „niewyczerpanym bogactwie”.

Krytycznym elementem wyznaczającym granice geologiczne złoża kopaliny staje się poprawne przyjęcie granicznych wartości parametrów definiujących złoża¹¹, według których zasoby kopalin mogą być uznane za możliwe do zagospodarowania i wykorzystania w przyszłości. Wartości parametrów powinny ulegać zmianom¹² nie tylko z powodów górniczych czy ekonomicznych, ale także z powodu rosnących wymagań ochrony środowiska, skomplikowanej budowy geologicznej czy wreszcie braku akceptacji społeczności lokalnej [3]. Zasoby kopaliny, szczególnie część zaliczona do kategorii przemysłowych, w bilansie zasobów mogą się „zwiększać lub zmniejszać” mimo, iż fizycznie w złożu nie będą się dokonywać żadne zmiany. Efekt ten winien pojawiać się, gdy na rynku surowcowym następuje istotny, długoterminowy wzrost lub spadek cen, wpływający na rentowność wydobycia poszczególnych partii złoża¹³.

Jeśli poszczególne części złoża spełniają ustalone przez Ministra Środowiska graniczne wartości parametrów definiujących złoża¹⁴, zasoby geologiczne złoża są określane jako bilansowe. W przypadku węgla kamiennego są to trzy kryteria:

- maksymalna głębokość dokumentowania 1250 m;
 - minimalna miąższość węgla kamiennego w pokładzie wraz z przerostami o grubości do 30 cm – 0,6 m;
 - minimalna średnia ważona wartość opałowa węgla kamiennego w pokładzie wraz z przerostami – 15 MJ/kg.
- Pokłady lub fragmenty złoża nie spełniające granicznych wartości parametrów definiuje się jako pozabilansowe, (ryc.7).

11 Rozp.Min.Środowiska z dn.22 grudnia 2011, Dz.U. Nr 291, poz.1712

12 *Bilans perspektywicznych zasobów kopalin Polski – wg stanu na dzień 31 XII 2009*. PIG-PIB, Warszawa 2011, [3]

13 Przykładem „księgowego” przyrostu zasobów wskutek zmiany kryteriów bilansowości jest wykonane w 2011 r. na zlecenie Ministra Środowiska opracowanie „Weryfikacja zasobów węgla kamiennego w złożach zlikwidowanych kopalni wraz z przeliczeniem ich zasobów w oparciu o obowiązujące graniczne wartości parametrów definiujących złoża”. Bez jakichkolwiek dodatkowych robót geologicznych wykonano dodatki do dokumentacji geologicznych dla 38 złóż węgla kamiennego „Przyrost” geologicznych zasobów bilansowych z tego tytułu wyniósł 3 396,98 mln Mg, w tym: w Zagłębiu Górnos Śląskim – 2 947,84 mln Mg, a w Zagłębiu Lubelskim – 359,72 mln Mg. Według obowiązujących w 2011 r. kryteriów do zasobów bilansowych zaliczono zasoby węgla zakwalifikowane wcześniej, restrukturyzacji przemysłu węglowego, do zasobów pozabilansowych.

14 Rozp. Min. Środowiska z dn.22 grudnia 2011, Dz.U. Nr 291, poz.1712

Ryc.7. Polska klasyfikacja zasobów kopalin stałych



Dla długofalowego planowania szczególnie ważne są zmiany w obrębie zasobów przemysłowych. Natomiast o bezpieczeństwie wydobywania bieżącego i w perspektywie 10 lat decyduje przede wszystkim wystarczalność zasobów operatywnych złóż oraz stopień zagospodarowania tych złóż.

Zasoby przemysłowe to część zasobów bilansowych złoża w granicach projektowanego obszaru górniczego lub wydzielonej części złoża przewidzianej do zagospodarowania, które mogą być przedmiotem uzasadnionej technicznie i ekonomicznie eksploatacji, przy uwzględnieniu wymagań określonych w przepisach prawa, w tym wymagań dotyczących ochrony środowiska.

Zasoby operatywne to część zasobów przemysłowych, pomniejszonych o straty, podlegająca wydobywaniu na powierzchnię. O szczególności rozpoznania złoża informują jego kategorie dokumentowania, od najwyższej A, poprzez B, C1, C2, do najmniej dokładnej D.

Międzynarodowa Ramowa Klasyfikacja ONZ Zasobów Surowców Mineralnych i Paliw Stałych (*United Nations Framework Classification of Resources/Reserves of Solid Fuels and Mineral Commodities- UNFCR*), dzieli zasoby według trzech kryteriów¹⁵:

- atrakcyjności technicznej i ekonomicznej złoża,
- dokładności oceny warunków technicznych i ekonomicznych zagospodarowania złoża,
- stopnia geologicznego poznania złoża.

15 Bilans perspektywnych zasobów kopalin Polski – wg stanu na dzień 31 XII 2009. PIG-PIB, Warszawa 2011, [3]

Polski system klasyfikacji zasobów nie jest kompatybilny z systemem UNFCR. W naszym systemie najsłabiej wyrażony jest czynnik atrakcyjności ekonomicznej. Wprowadzenie w Polsce klasyfikacji UNFCR lub CRIRSCO (*Combined Reserves International Reporting Standards Committee*) mającej za podstawę kodeks JORC¹⁶ urealniłoby posiadane zasoby, zwłaszcza w kategorii „przemysłowe”. W myśl tej klasyfikacji, powszechnie stosowany w wielu krajach (USA, Australia, Kanada, Wielka Brytania, Niemcy) termin *resources*¹⁷ w przybliżeniu odpowiada polskiemu „geologicznym zasobom bilansowym”. Zasoby tego rodzaju nie mogą stanowić podstawy do konstruowania biznesplanu przedsięwzięcia inwestycyjnego. Natomiast *reserves*¹⁸ to część złoża, która jest podstawą przedsięwzięcia inwestycyjnego. *Reserves* w przybliżeniu odpowiadają polskiemu terminowi zasobów operatywnych węgla kamiennego, gdyż są pomniejszane o przewidywane straty w trakcie wydobycia. Wszystkie zagraniczne zestawienia zasobów, uwzględniające polskie złoża nie powielają danych z Bilansu Zasobów Kopalni, lecz dokonują ewaluacji *reserves* według własnej metodyki, np. Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR), [16].

16 Klasyfikacja CRISCO – JORC wymaga wykazania zasobów (*reserves*) możliwych do wydobycia (zbliżone do polskich zasobów operatywnych). W tym systemie klasyfikacji nie ma odpowiednika zasobów przemysłowych.

17 *Resources* - zasoby, które nie mogą być obecnie wydobywane z powodów technologicznych i/lub ekonomicznych jak też udokumentowane w stopniu niewystarczającym lecz możliwe do wydobycia w przyszłości.

18 *Reserves* - udokumentowane zasoby możliwe do ekonomicznie uzasadnionej eksploatacji przy obecnych cenach i zastosowaniu znanych technologii.

3.2. Analiza stanu zasobów węgla kamiennego w Polsce

Złoże węgla kamiennego w Polsce znajdują się w trzech regionach: na Górnym Śląsku, na Lubelszczyźnie i na Dolnym Śląsku (do 2000 r. wydobywano surowiec także w Dolnośląskim Zagłębiu Węglowym).

Dolny Śląsk. Według stanu na koniec 2014 r. zasoby geologiczne bilansowe na Dolnym Śląsku wynoszą 423 mln Mg¹⁹, z czego 188 mln Mg rozpoznane jest szczegółowo w kategorii A+B+C1. Jednakże formalna klasa rozpoznania zasobów nie rozstrzyga o opłacalności eksploatacji, szczególnie gdy w warunkach geologicznych Sudetów wydobywanie węgla musiałoby być wykonywane metodą „kiloła i łopaty”. Ponadto – jeśli zastosuje się wskaźniki wykorzystania zasobów praktycznie osiągnięte w Górnym Śląskim Zagłębiu Węglowym – to w Zagłębiu Dolnośląskim możliwe do wydobywania na powierzchni byłoby tylko nieco ponad 60 mln Mg.

Lubelszczyzna. Stan rozpoznania Lubelskiego Zagłębia Węglowego jest bardzo słaby. Przyjmuje się, że zagłębie rozciąga się na obszarze 9 100 km², a udokumentowane złoża obejmują jedynie 1 022 km². Łącznie udokumentowano 9,5 mld Mg geologicznych zasobów bilansowych, w tym 2,3 mld Mg rozpoznano szczegółowo (kategoria A+B+C1). W rejonie Łęcznej czynna jest jedyna kopalnia wydobywająca węgiel kamienny z obszaru górniczego o powierzchni 77 km². Zasoby przemysłowe tego obszaru górniczego wynoszą 318,6 mln Mg (stan na 31 XII 2014²⁰).

Górny Śląsk. Górnym Śląskim Zagłębiem Węglowym leży na Wyżynie Śląsko-Krakowskiej. Ma powierzchnię około 7 490 km²; część zagłębia o powierzchni około 1 730 km² znajduje się na terytorium Czech²¹. GZW ma kształt trójkątnej niecki wypełnionej znacznej miąższości (ponad 8 500 m) węglonośnymi skałami górnego karbonu. Około 29% powierzchni GZW to obszary zurbanizowane, 13% powierzchni zajmują lasy, położone głównie w centralnej i zachodniej części obszaru. Parki Krajobrazowe (obejmujące część dużych kompleksów leśnych) oraz obszary Natura 2000 położone są w większości poza zabudową miejską i przemysłową, głównie w południowej części zagłębia. Wydobywanie węgla na Górnym Śląsku rozpoczęto już w połowie XVII wieku. Według stanu na 31 grudnia 2014 r., na terenie GZW znajduje się 136 rozpoznanych i udokumentowanych złóż węgla kamiennego, w tym 46 złóż jest eksploatowanych przez 24 kopalnie, a 44 złoża są w stanie zaniechanej eksploatacji²². Pozostałe 46 złóż jest niezagospodarowanych. Według

19 *Bilans zasobów kopalni i wód podziemnych w Polsce...* [4].

20 tamże

21 J. Jureczka i inni, *Atlas geologiczno-złożowy polskiej i czeskiej części Górnego Śląskiego...* [22].

22 *Bilans zasobów kopalni i wód podziemnych w Polsce...* [4].

stanu na koniec 2014 r. zasoby geologiczne bilansowe w GZW wynoszą 41,9 mld Mg, z czego rozpoznano szczegółowo w złożach 19,1 mld Mg węgla kamiennego. Zasoby przemysłowe w złożach zagospodarowanych wynoszą 3,4 mld Mg.

Strukturę zasobów węgla kamiennego we wszystkich złożach udokumentowanych w Polsce przedstawiono na ryc.8. Z geologicznego punktu widzenia większość zasobów spełniających graniczne wartości parametrów definiujących złożę znajduje się w złożach niezagospodarowanych (26,9 mld Mg). Zasoby geologiczne bilansowe w złożach rozpoznanych szczegółowo w kategoriach A+B+C1 wynoszą 18,8 mld Mg, co stanowi 39,2 % udokumentowanych zasobów geologicznych bilansowych w złożach zagospodarowanych i niezagospodarowanych. W Górnośląskim Zagłębiu Węglowym 80,2% to udokumentowane geologiczne zasoby bilansowe węgla kamiennego o jakości od węgla energetycznego typu 31 do antracytu. Średnie zawartości popiołu wahają się od 11 do 17%, a siarki całkowitej od 0,59 do 2,3%²³. W całości zasobów geologicznych 3/4 stanowią węgle energetyczne, a 1/4 węgle koksujące.

Ryc.8. Struktura zasobów węgla kamiennego w udokumentowanych złożach w Polsce (stan na koniec 2014 r.)

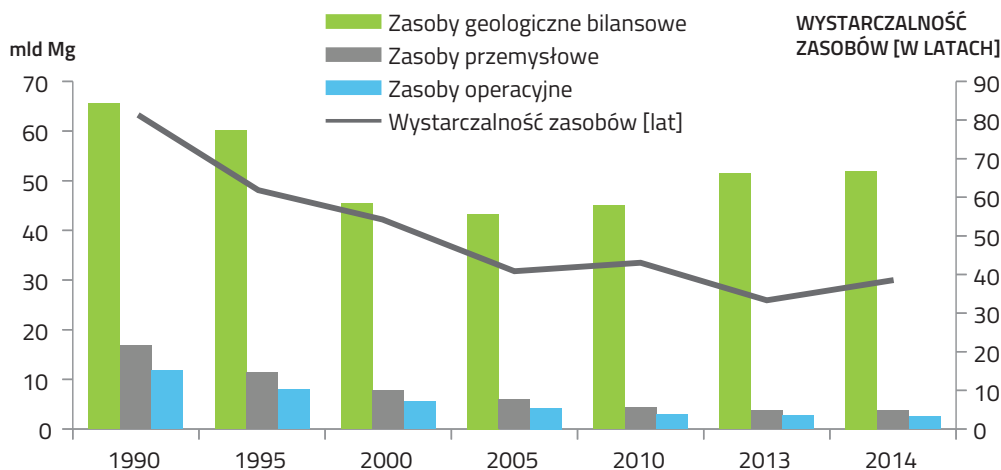


Źródło: Bilans Zasobów Kopalni PIG -PIB, [4]

23 J. Dubiński, M. Turek, *Dostępność zasobów węgla...*[13].

Jeśli przyjmiemy że o bezpieczeństwie surowcowym decyduje przede wszystkim wystarczalność zasobów operatywnych złóż oraz stopień zagospodarowania złóż to wystarczalność zasobów operatywnych dla węgla kamiennego w Polsce wynosi na koniec 2014 r. 39 lat, dla założonych strat teoretycznych na poziomie 30 % (ryc.9). Lecz jak wskazuje raport NIK [20], straty w zasobach operatywnych sięgają przeciętnie 60 %. W takim przypadku wystarczalność zasobów operatywnych w złożach zagospodarowanych wyniesie 17,7 lat. Wobec tak wysokich strat realne wydają się być prognozy przewidujące wydobycie węgla kamiennego w GZW w 2050 r. na poziomie 28 mln ton²⁴, lub nawet niższym z powodów ekonomicznych.

Ryc.9. Struktura i zmiana zasobów węgla kamiennego w Polsce w okresie 1990 – 2014



Źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem danych Bilansu Zasobów Kopalin...[4]

Jakie zatem są możliwości pozyskania nowych zasobów przemysłowych? Dobrze to ilustruje wskaźnik potencjału rezerw zasobowych złóż niezagospodarowanych²⁵.

$$\xi = a/100(1-w/100) 100 \%$$

gdzie:

ξ – wskaźnik potencjału rezerw zasobowych złóż niezagospodarowanych,

a – udział zasobów przemysłowych w zasobach bilansowych złóż zagospodarowanych,

W – udział zasobów złóż zagospodarowanych w zasobach bilansowych [%],

24 M.Wilczyński, *Zmierzch węgla ...*[68]

25 *Bilans perspektywicznych zasobów ...*[3]

Wskaźnik ten dla GZW wynosi 13,66 %. Dla przedziału 10 – 20 % określa się potencjał rezerw jako bardzo mały. Ponadto, zagospodarowanie złóż leżących poniżej 1000 m, w ocenie NIK [op.cit], jest niecelowe z powodu wysokich nakładów inwestycyjnych, wzrastającego zagrożenia metanowego, termicznego, pożarowego i zagrożenia tąpnięciami, a także niekorzystnych warunków osłabiających percepcję i koncentrację pracowników, a przez to wpływających na ich efektywność.

Obliczony wskaźnik potencjału rezerw zasobowych złóż niezagospodarowanych LZW wynosi 35,86 %. Dla przedziału 30 – 40 % określa się potencjał rezerw jako mały.

Wobec poważnych ekonomicznych problemów spółek węglowych operujących na obszarze GZW, spadającego wydobycia i niskiego potencjału zasobowego gwarantującego rentowność wydobycia, pilną potrzebą staje się opracowanie wielokryterialnej waloryzacji złóż i obszarów prognostycznych węgla kamiennego w Polsce. Analiza powinna uwzględnić aspekty geologiczno-zasobowe, planowania przestrzennego, środowiskowe, a co szczególnie istotne - ekonomiczne, ściśle powiązane z międzynarodowym rynkiem handlu węglem. Waloryzacja ta powinna stanowić podstawę dla określenia realnych zasobów ekonomicznych (*reserves*), możliwych do wydobycia w następnych dekadach, po kosztach zapewniających rentowność eksploatacji, przy zastosowaniu najefektywniejszych technologii i minimalizacji strat w środowisku.

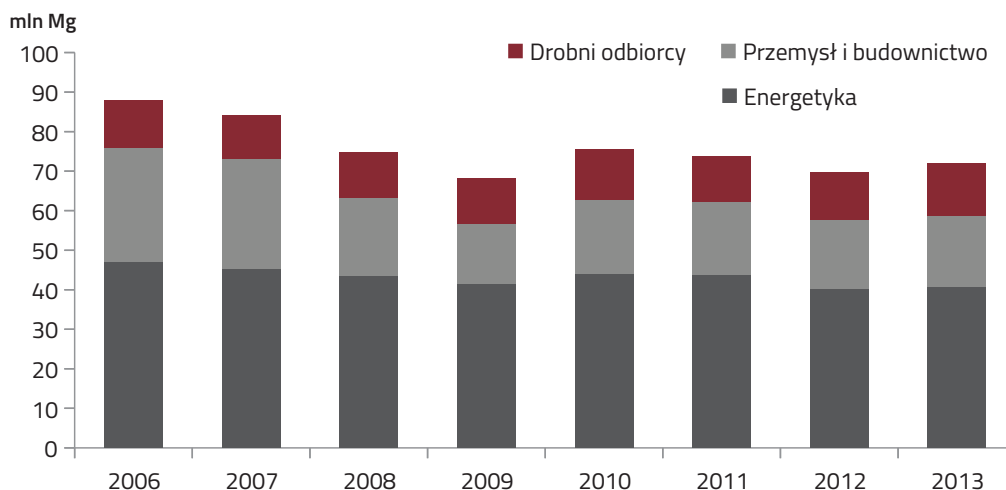
3.3. Czy węgiel kamienny w Polsce będzie podstawowym paliwem do końca XXI wieku?

W wolnorynkowej gospodarce struktura zużycia paliw uzależniona jest od wielkości zasobów złóż krajowych możliwych do wydobycia po konkurencyjnej wobec importu cenie. W tej sytuacji kluczowym zagadnieniem staje się pytanie: ile gospodarka będzie potrzebować węgla w perspektywie 30 – 40 lat. Spójrzmy zatem na te problemy z dwóch punktów widzenia:

- struktury zużycia węgla kamiennego i jej zmian,
- wystarczalności zasobów w związku z rentownością wydobycia.

Od 1990 do 2005 r. zużycie węgla w gospodarce Polski spadło ze 120 do 80 mln Mg rocznie. W latach 2006 – 2013 spadało znacznie wolniej (o 6 mln Mg w całym okresie), lecz prawie w całości spadek ten dotyczył energetyki (ryc.10). W grupie drobnych odbiorców, a zwłaszcza w gospodarstwach domowych zużycie węgla kamiennego zmienia się w niewielkim zakresie i zależy głównie od średniej temperatury sezonu jesienno-zimowego.

Ryc.10. Struktura zużycia węgla kamiennego w Polsce w latach 2006 – 2013



Źródło: GUS 2015

Chociaż w bilansie energetycznym Polski węgiel kamienny ma nadal pozycję dominującą to jego udział spadł z 63,9 % w 1990 r. do 52 % w 2013 r. W jego miejsce najbardziej wzrósł udział ropy naftowej, a dalej gazu i OZE.

W ostatniej dekadzie opublikowano wiele prac podejmujących problem wystarczalności zasobów węgla (J.Dubiński & M.Turek, [13], E.J. Sobczyk, [58], K.Probierz & B.Borówka [51], M.Nieć & M.Młynarczyk, [36]). Ocena infrastruktury technicznej istniejących kopalń, [58] wskazuje, że po 2030 r. w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym będzie działać jeszcze 12 kopalń, w których pozostanie 390 mln Mg zweryfikowanych zasobów operatywnych. Kopalnie te, przy założeniu wykorzystania maksymalnych zdolności produkcyjnych, będą w stanie wydobyć 47 mln Mg węgla rocznie. W obliczu zmniejszania się zasobów geologicznych [51] należy przyjąć, że zagospodarowane zasoby węgla, bez budowy nowych kopalń w GZW wyczerpią się między 2027 a 2045 rokiem.

Reasumując, w latach 1990–2014 wydobyto w Polsce 2 571 mln Mg węgla kamiennego, a ubytek w geologicznych zasobach bilansowych wyniósł blisko 14 mld Mg (ryc. 9). Ubytek zasobów przemysłowych w latach 1990–2014, wyniósł 13 070 mln Mg. W związku z tym dziś mamy do dyspozycji zasoby przemysłowe stanowiące zaledwie 18,8 % (wg stanu na koniec 2014 r.) geologicznych zasobów bilansowych²⁶ w złożach zagospodarowanych. To jest ta część zasobów, która objęta została planem zagospodarowania złoża i może być wydobywana metodami przemysłowymi, w sposób uzasadniony ekonomicznie.

Cytowany już raport NIK²⁷ wskazuje, iż główną przyczyną wysokich strat w eksploatowanych złożach (przeciętnie 60% zamiast 30%, jak zakładano w projektach ich zagospodarowania) jest ścianowy system eksploatacji:

Powszechność ścianowego systemu eksploatacji odzwierciedla podstawową sprzeczność polskiego górnictwa, to jest dążenie do rentownego wydobycia kosztem niedostatecznej ochrony zasobów. Zalety tego systemu (duża produkcja, wysoka wydajność i względnie bezpieczne warunki pracy) osłabiane są wadami (generowanie wysokich strat w zasobach, związane z formowaniem ściany wydobywczej o odpowiednio dużej powierzchni i kształcie geometrycznym). Pozostałości parcel po nadaniu im geometrycznego kształtu ścian wydobywczych, jako tzw. resztówki, zaliczane są do strat²⁸.

Dominujący w polskim górnictwie węglowym ścianowy system wydobycia wymaga określonych minimalnych warunków geologicznych; niewielkiego i stałego nachylenia pokładów o dużej i stałej miąższości, braku uskoków. Pola ścianowe winny mieć przynajmniej 150 – 200 m długości i 600 m wybiegu przy wysokości 2,2 – 2,5 m, co, w obliczu wzrostu wymagań odnośnie efektywności ekonomicznej kopalń węgla i związanej z tym koncentracji wydobycia oraz intensyfikacji jego wydajności oznacza konieczność rezygnacji z eksploatacji cienkich i nachylonych pokładów, a w rezultacie ograniczenie wydobycia. To m.in. ten czynnik sprawia, że efektywność wydobycia liczona w Mg na 1 pracownika na rok w najsłabszych kopalniach głębinowych USA jest blisko cztery razy wyższa (2000 Mg/os), niż średnio w kopalniach GZW (650 Mg/os).

26 Bilans zasobów kopalni w Polsce ...[4].

27 NIK Informacja...2011, [20]

28 tamże

3.4. O kosztach i skuteczności programów restrukturyzacyjnych branży węglowej

U progu niepodległości w 1989 r. górnictwo węglowe było potęgą, przynajmniej jeśli chodzi o liczbę zatrudnionych (4 157 400 osób) i wielkość wydobycia (177,4 mln Mg). Wraz z radykalną reformą gospodarki polegającą na całkowitym odejściu od systemu centralnego planowania, od 1990 r. ceny węgla związane zostały z cenami na rynku światowym. Rok 1992 górnictwo węgla kamiennego zakończyło dwutygodniowym strajkiem generalnym, który wymusił wstrzymanie reformy sektora. W latach 1990 – 1994 dotacje i subwencje ze środków publicznych dla górnictwa węgla kamiennego wyniosły 32 mld zł w cenach z 2010 r.²⁹ (była to kwota pięciokrotnie większa niż środki budżetu państwa przeznaczone w tym czasie na naukę, badania i rozwój). W okresie 1993–1995 opuściło górnictwo 44 tys. pracowników, tj. około 13% zatrudnionych. Zatrudnienie na koniec r. 1995 wyniosło 275 tys. osób, a w stanie likwidacji znalazło się 9 kopalń.

Kolejną restrukturyzację ujęto w programie rządowym *Górnictwo węgla kamiennego, polityka państwa i sektora na lata 1996-2000. Program dostosowania górnictwa węgla kamiennego do warunków gospodarki rynkowej i międzynarodowej konkurencyjności*. W programie wyznaczono następujące cele: rentowność górnictwa, redukcja kosztów wydobycia i uzyskanie racjonalnej ekonomicznej ceny węgla. Miały być osiągnięte dzięki redukcji zatrudnienia o 80 tys. osób i ograniczeniu zdolności wydobywczych o około 20 mln Mg/rok. Niestety, także i ten program nie przyniósł oczekiwanych rezultatów. Zatrudnienie zmniejszono o 30 tys. osób, a wydobycie spadło zaledwie o 2 mln Mg. W okresie 1995 – 1999 pomoc publiczna dla wydobycia węgla kamiennego wyniosła 23 mld zł [7].

Najbardziej dojrzały program (na lata 1998–2002) powstał na początku funkcjonowania rządu prof. Jerzego Buzka. Wyposażony był w odpowiednie instrumenty prawne i finansowe, a także dobrze skonstruowany pakiet osłon socjalnych. Głównymi celami były:

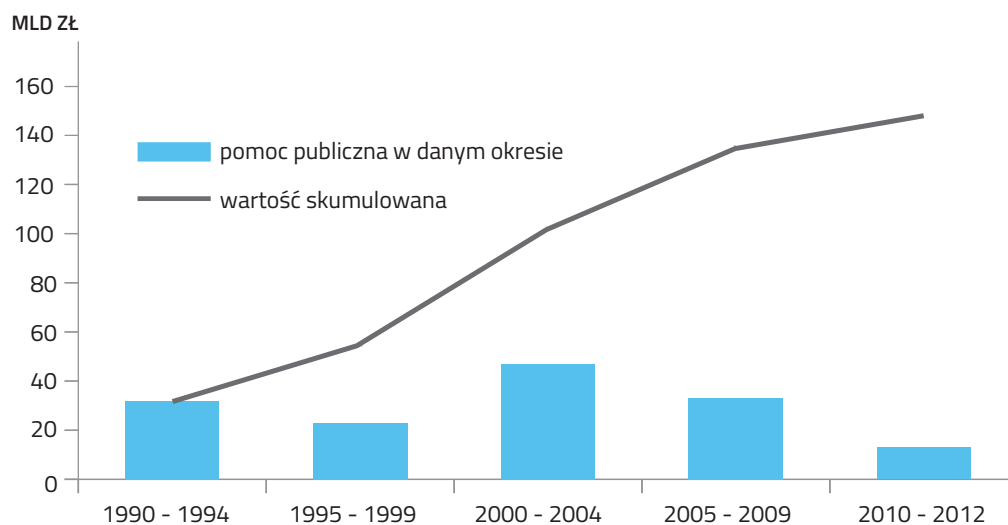
- doprowadzenie górnictwa do rentowności,
- likwidacja nadmiernych zdolności produkcyjnych o około 36 mln Mg/rok,
- zmniejszenie zatrudnienia o około 115 tys. osób na koniec 2002 r.,
- likwidacja całkowita 15 i częściowa 9 kopalń.

29 M.Bukowski, A.Śniegocki, *Ukryty rachunek za węgiel...*2014, [7]

Koszt programu oszacowano na 7 180 mln zł dotacji oraz 6 900 mln zł umorzonych zobowiązań. Do końca 2001 r. osiągnięto główne cele programu, w tym dodatni wynik netto w wysokości 180 mln zł. Jednakże, po wyborach parlamentarnych kolejny rząd tak dalece poluzował politykę wobec górnictwa, że rok 2002 przyniósł znowu wynik ujemny netto w wysokości 609 mln zł. A rok 2003 r. był rekordowy jeśli chodzi o wysokość pomocy publicznej udzielonej górnictwu węgla kamiennego. Stanowiła ona wtedy 2,4 % PKB [7].

Od momentu wstąpienia Polski do Unii Europejskiej pomoc publiczna dla przedsiębiorstw podlega ścisłej regulacji i każdorazowo wymaga notyfikacji w Komisji Europejskiej. W latach 2004–2010 na mocy rozporządzenia Rady (WE) 1407/2002 (tzw. rozporządzenie węglowe)³⁰, Komisja Europejska wydała cztery decyzje (2005, 2007, 2008, 2010) zezwalające na udzielenie pomocy publicznej górnictwu węgla kamiennego w Polsce³¹. W 2007 r. Komisja Europejska przyjęła *Sprawozdanie o stosowaniu ww. rozporządzenia węglowego*, w którym wykazano, że pomoc państwa dla przemysłu węglowego w UE wpływa na utrzymanie nierentownych przedsiębiorstw górniczych. Nowy akt prawny Rady UE (2010/787/UE) zezwała państwom na udzielanie pomocy wyłącznie na pokrycie kosztów zamykania kopalń, a termin ostatecznego zamknięcie nierentownych kopalń ustalono na 31 grudnia 2018 r.

Ryc.11. Pomoc publiczna dla górnictwa węgla kamiennego w latach 1990 – 2012 (w cenach 2010 r.)



Źródło: M.Bukowski et al. *Polski węgiel...*[8]

30 Rozporządzenie Rady (WE) nr 1407/2002 z dnia 23 lipca 2002 r. w sprawie pomocy państwa dla przemysłu węglowego (Dz. Urz. U.E. 2.8.2002).

31 Informacja dostępna na stronie UOKiK; www.uokik.gov.pl

Wszystkie reformy i restrukturyzacje sektora górnictwa węgla kamiennego od 1990 r. nie osiągnęły podstawowego celu, to jest znacznego wzrostu wydajności pracy. W latach 1990 – 2014 wydobyte węgla na jednego pracownika w spółkach z dominującym udziałem Skarbu Państwa wahała się od 550 do 650 Mg/rok. Dla porównania w spółce LW Bogdanka SA wydajność jest ponad dwukrotnie większa.

W opracowanym w Ministerstwie Gospodarki *Programie działalności górnictwa węgla kamiennego w Polsce w latach 2007-2015*, wraz ze zmianami wprowadzonymi przez Radę Ministrów w latach 2009 i 2011, stwierdza się: *brak prawidłowych relacji pomiędzy wzrostem wynagrodzeń, a wzrostem wydajności pracy. W stosowanych systemach wynagrodzeń niewielkie znaczenie ma czynnik efektywnościowy. Utrzymywanie nieprawidłowych relacji pomiędzy wzrostem wynagrodzeń a wydajnością pracy stwarza groźbę nadmiernego wzrostu kosztów produkcji, a przez to pogorszenia konkurencyjności węgla jako nośnika energii.*

Diagnoza ta jest trafna. Niestety przez kilka lat wysokich cen węgla nie zrobiono nic by sytuację zmienić. A w pierwszej połowie 2015 r. rentowność wydobycia węgla (liczona jako różnica pomiędzy ceną sprzedaży a kosztem wydobycia) wyniosła minus 14 %. Pod koniec 2014 r. zapasy węgla przy kopalniach osiągnęły 8,16 mln Mg, a zapasy elektrowni były trzykrotnie wyższe niż w r. poprzednim i przekroczyły 7,5 mln Mg. W pierwszej połowie 2015 r. Kompania Węglowa SA sprzedawała te zapasy po cenach znacznie niższych niż wyniosły koszty ich wydobycia, powodując spadki cen węgla na rynku krajowym i poważne problemy dla innych przedsiębiorców górniczych. W efekcie już od 2013 r. „największy przedsiębiorca górniczy w Europie”³² Kompania Węglowa SA wydobywa węgiel ze stratą. W pierwszym półroczu 2015 r. w całym sektorze górnictwa węglowego, (poza Bogdanką) strata³³ na wydobyciu 1 tony węgla wynosiła 14 %. Strata na sprzedaży węgla całej branży górnictwa węglowego wyniosła w 2014 r. 2 278 mln zł, zaś skumulowany stan zobowiązań sektora górnictwa węglowego na koniec 2014 r. wynosił 11,7 mld zł. W tym 693 mln zł to zobowiązania wobec budżetu państwa z tytułu podatków. Równocześnie budżet pokrywał część świadczeń emerytalnych i rentownych dla górników, wypłaty ekwiwalentów za węgiel, naprawianie szkód górniczych, etc. Łączna dotacja z budżetu wyniosła w 2014 r. 1,2 mld zł³⁴.

Reasumując, reformy górnictwa węgla kamiennego w latach 1990–2010 (poza okresem 1998–2001) okazały się dalece nieskuteczne i kosztowne dla podatników (ryc.11.). Głównej przyczyny ich niepowodzenia należy upatrywać w niekonsekwencji działań lub raczej w ciągu zaniechań kolejnych rządów, wynikającą z obaw przed strajkami górników. Wbrew faktom, wyrażane są opinie, iż górnictwo węgla kamiennego jest istotną częścią gospodarki narodowej. Otóż w latach 2005 -2013 wkład tego sektora do tworzenia Produktu Krajowego Brutto był zerowy, a w poszczególnych latach lekko ujemny [8]. Dla porównania, dział gospodarki „przetwórstwo przemysłowe” w 2013 r. bez pomocy publicznej wytworzył realną wartość dodaną o 80 % wyższą niż w 2005 r.

32 Informacja ze strony www.kwsa.pl

33 Ministerstwo Gospodarki. *Informacja o sytuacji w górnictwie węglowym w I półroczu 2015 r.*

34 Ministerstwo Gospodarki. *Informacja o sytuacji w górnictwie węglowym w IV kwartale 2014 i 2014 r.*

3.5. Ekonomiczne aspekty użytkowania węgla

Wnikliwa analiza sektora wydobycia węgla kamiennego musi uwzględniać nie tylko uwarunkowania górnicze, geologiczne, ale także brać pod uwagę trendy dotyczące zarówno podaży jak i popytu na węgiel. Dlatego dalej zostaną przedstawione szacunki dotyczące kluczowych czynników wpływających na wykorzystanie węgla w gospodarce.

Koszty bezpośrednie

Pomoc publiczna udzielana przedsiębiorstwom górniczym w latach 1990 – 2010 miała stwarzać złudzenia zarządzającym i pracownikom, że „nadejdą lepsze czasy” i dać usprawiedliwienie dla braku działań na rzecz zwiększenia wydajności i redukcji kosztów; politykom zapewniała zaś „spokój społeczny”. Programy sprowadzały się do pompowania publicznych pieniędzy na gigantyczną skalę³⁵. Wejście Polski do UE w 2004 r. i konieczność notyfikacji pomocy publicznej dość skutecznie ograniczyły rozrzutność polityków.

Sytuacja ekonomiczna branży po pierwszym półroczu 2015 r. jest dramatyczna. W tym okresie średnia cena zbytu węgla na rynku krajowym wyniosła 264,47 zł/Mg i w porównaniu do analogicznego okresu 2014 r. obniżyła się o 5,7 %, przy czym cena zbytu węgla do celów energetycznych spadła o 7,0 %³⁶. Średni jednostkowy koszt wydobycia węgla w okresie styczeń – czerwiec 2015 r. wyniósł 304,45 zł/Mg i zmniejszył się, w porównaniu do analogicznego okresu 2014r., o 6,58 zł/Mg, tj. o 2,1 %. Wynagrodzenia nadal są oderwane od wydajności pracy i stanowią aż 46,4 % kosztów działalności zakładów górniczych. Średnie wynagrodzenie brutto wyniosło 8245 zł, a średnia wydajność w ciągu 6 miesięcy 2015 roku na zatrudnionego – 351 Mg. Górnictwo węgla kamiennego w okresie styczeń – czerwiec 2015 r. poniosło stratę na sprzedaży w wysokości 1 380,2 mln zł. Zgodnie z koncepcją rządu kolejna restrukturyzacja, tym razem ograniczona do Kompanii Węglowej ma się odbyć kosztem przedsiębiorstw energetycznych, kontrolowanych przez Ministra Skarbu Państwa. Miałyby one dostarczyć co najmniej 1,5 mld zł tytułem udziałów w kapitale Nowej Kompanii Węglowej. Te środki według szacunków własnych autora wystarczyłyby na funkcjonowanie tego podmiotu przez 3 – 4 miesiące. Podtrzymywanie dalszego funkcjonowania trwale nierentownych kopalń kosztować będzie gospodarkę do 2020 r. 10–25 mld zł³⁷. Jest oczywiste, że będą musiały wzrosnąć ceny energii elektrycznej, za co zapłacą w znacznej mierze gospodarstwa domowe, ponieważ dynamika wzrostu ceny energii elektrycznej w tej grupie jest najwyższa.³⁸ Innym pomysłem rządu jest przekazanie części akcji

35 M.Bukowski, A.Śniegocki, *Ukryty rachunek za węgiel*..[7]

36 Ministerstwo Gospodarki, *Informacja o funkcjonowaniu górnictwa węgla kamiennego w I półroczu 2015 r.*

37 *Program naprawczy dla Kompanii Węglowej SA*. Ministerstwo Gospodarki, 2015.

38 Urząd Regulacji Energetyki, *Sprawozdanie*... [55].

spółek Skarbu Państwa (do 1,2 mld zł) do Towarzystwa Finansowego Silesia i zasilenie tą drogą spółek węglowych w środki finansowe na wypłatę wynagrodzeń. (Obie koncepcje mają charakter paralegalny dla ominięcia prawa UE zakazującego dotowania wydobycia węgla i ryzyko uznania ich przez KE za niedozwoloną pomoc publiczną i w momencie wydawania publikacji prace nad ich wdrożeniem zostały wstrzymane – przyp. red.).

Koszty zewnętrzne

Jak do tej pory wszystkie projekty i analizy traktujące o przyszłej polityce energetycznej prezentowane przez Ministerstwo Gospodarki³⁹ czy Kancelarię Premiera⁴⁰ całkowicie pomijają problem kosztów zewnętrznych,

Korzyści te – w postaci tzw. unikniętych kosztów zewnętrznych – są równie istotnym, choć nie do końca identyfikowalnym elementem rachunku ekonomicznego, który stanowi istotę proponowanych regulacji [ekologicznych] ⁴¹ .

W cytowanej publikacji autor podejmuje próbę odpowiedzi na pytanie, czy restrykcyjne przepisy ochrony środowiska mają uzasadnienie ekonomiczne w sektorze wytwarzania energii. Punktem wyjścia rozumowania jest analiza kosztów i korzyści (*cost-benefit analysis*).

Najogólniej ujmując celem interwencji państwa, a tym samym kryterium określającym jej zakres, jest uzyskanie takiego stanu, w którym nastąpi zrównanie krańcowych kosztów tej interwencji z krańcowymi korzyściami tejże interwencji ⁴².

Wartościowanie korzyści ekonomicznych z tytułu ochrony środowiska polega na obliczeniu unikniętych kosztów zewnętrznych powodowanych przez oddziaływanie określonego rodzaju działalności gospodarczej na wszystkie elementy ekosystemu (człowieka, infrastrukturę, budynki, etc.). Przykładem mogą być tu koszty zewnętrzne związane z emisją zanieczyszczeń. Korzyści ekonomiczne ze spadku emisji to przede wszystkim poprawa stanu zdrowia ludności, zwiększenie produkcji, wzrost wartości nieruchomości, i wreszcie, co nie jest do pominięcia, korzyści z poprawy stanu środowiska naturalnego; wzrostu liczby terenów rekreacyjnych i obszarów w stanie zbliżonym do naturalnego, także coś, co nazywa się usługami ekosystemów⁴³. Korzyści z regulacji ekologicznych dla energetyki to zmniejszenie zużycia urządzeń, paliw, wody, a także zmniejszenie opłat za emisję, składowanie odpadów i pyłów.

39 Projekty – *Polityka Energetyczna Polski do 2050 r.* [48]

40 *Optymalny miks energetyczny dla Polski do 2060 r.* [42]

41 M. Kudełko, *Internalizacja kosztów zewnętrznych...* [27].

42 Tamże.

43 Korzyści, które ludzie czerpią z ekosystemów: żywność, woda pitna, drewno, regulacja klimatu, ochrona przed naturalnymi zagrożeniami, kontrola erozji gleby, składniki farmaceutyczne czy miejsce rekreacji.

Realizacja polityki na poziomie państwa, podobnie jak na poziomie przedsiębiorstwa, wymaga określenia kosztów ekonomicznych, które w poprawnym rachunku składają się z kosztów bezpośrednich i pośrednich. Wiele ekspertyz czy opinii odnoszących się do kosztów różnych rodzajów wytwarzania energii poprzestaje na kosztach bezpośrednich. Ten sposób rozumowania i podejmowania decyzji przerzuca koszty pośrednie z przedsiębiorcy na innych uczestników rynku⁴⁴.

Od ponad 15 lat pod patronatem Komisji Europejskiej prowadzone są badania naukowe nad internalizacją kosztów zewnętrznych do analiz wykonalności i biznesplanów stanowiących podstawę podejmowania decyzji gospodarczych⁴⁵. W implementacji programów gospodarczych do polityki państwa konieczne jest stosowanie analizy kosztów i korzyści. W opinii prof. Jana Popczyka⁴⁶ prawidłowe uwzględnienie kosztów zewnętrznych jest czynnikiem decydującym o powodzeniu transformacji energetyki, od monopolu do konkurencyjnego rynku. W swojej pracy podaje on następujący przykład: koszt węgla kamiennego potrzebnego do wytworzenia 300 TWh energii dla rynku końcowego wynosi 21 mld zł, a po inkorporacji kosztów zewnętrznych 50 mld zł; koszt węgla brunatnego (40 TWh energii) analogicznie 6 i 17 mld zł; koszt gazu ziemnego (84 TWh energii) 12 i 16 mld zł⁴⁷. Przyjmując formułę internalizacji kosztów zewnętrznych do kosztów bezpośrednich wytworzenia energii, najwyższe koszty paliwa otrzymamy przy zastosowaniu węgla brunatnego (rzędu 425 zł na MWh). W rachunku dotychczas stosowanym, uwzględniającym jedynie koszty bezpośrednie, koszt wytworzenia 1 MWh wynosi 150 zł, a pozostałe 275 zł przerzucone zostają na innych uczestników rynku. W znacznej części na nieświadomych tego obywateli.

Innym ciekawym źródłem analiz kosztów zewnętrznych jest analiza sektora energetycznego w perspektywie 2020 r., opracowana przez profesora Mariusza Kudełko [27]. Zestawił on różne technologie wytwarzania energii i porównał je w celu zbudowania modelu optymalnego rozwoju, zapewniającego maksymalizację dobrobytu społecznego. Z analizy tej wynika jednoznacznie, że wybór optymalnej technologii jest rezultatem pełnego rachunku ekonomicznego, w którym suma kosztów materialnych i zewnętrznych będzie najmniejsza. Dla niniejszego raportu istotny jest wniosek końcowy:

...nowe technologie energetyczne oparte na węglu kamiennym (np. wysokowydajne kotły na parametry nadkrytyczne, układy gazowo-parowe ze zgazowaniem węgla) ze względu na wysokie koszty nie są konkurencyjne. Są wypierane przez technologie odnawialne (głównie współpalanie biomasy, elektrownie wiatrowe oraz wodne)⁴⁸.

44 M. Kudełko, *Internalizacja kosztów zewnętrznych...* [27].

45 *NEEDS – New Energy Externalities Development...* [35].

46 J. Popczyk, *Energetyka rozproszona* [49].

47 Tamże.

48 M. Kudełko, *Internalizacja kosztów zewnętrznych...* [27].

W rezultacie, jak przewiduje autor analizy, do 2020 r. rola węgla kamiennego w sektorze energetyki przemysłowej i lokalnej będzie maleć właśnie z powodu wysokich kosztów zewnętrznych. W tych sektorach wzrośnie udział gazu i biomasy. Praca opublikowana została w 2008 r. i w 2015 r. można potwierdzić trafność prognoz jej autora. Kluczowa część wniosków tej pracy dotyczy oceny kosztów społecznych (koszty bezpośrednie przedsiębiorstwa + koszty zewnętrzne) w realizacji trzech scenariuszy rozwoju energetyki;

- a) bez uwzględniania kosztów zewnętrznych,
- b) z dostosowaniem się do regulacji ekologicznych,
- c) z pełną internalizacją kosztów zewnętrznych.

Scenariusz „a” oznacza, że przedsiębiorstwa energetyczne wywodzą swoje decyzje jedynie z kosztów ponoszonych przez przedsiębiorstwo; stosowane są przy tym tradycyjne technologie wytwarzania, rzekomo „najtańsze”, wykorzystujące węgiel jako paliwo. W scenariuszu „b” – przy pełnej implementacji ograniczeń środowiskowych, koszt społeczny (suma kosztów przedsiębiorstwa i kosztów zewnętrznych) jest mniejszy od kosztów z poprzedniego scenariusza o 12,233 mld zł. Z ekonomicznego punktu widzenia najkorzystniejszy jest scenariusz „c” zapewniający pełną internalizację kosztów zewnętrznych, który – chociaż wymusza rozwój „najdroższych” technologii energetycznych – sprawia, że koszt społeczny (suma kosztów przedsiębiorstwa i kosztów zewnętrznych) jest niższy o 124,3 mld zł od kosztów scenariusza „a”(BAU, „*Business As Usual*”)⁴⁹.

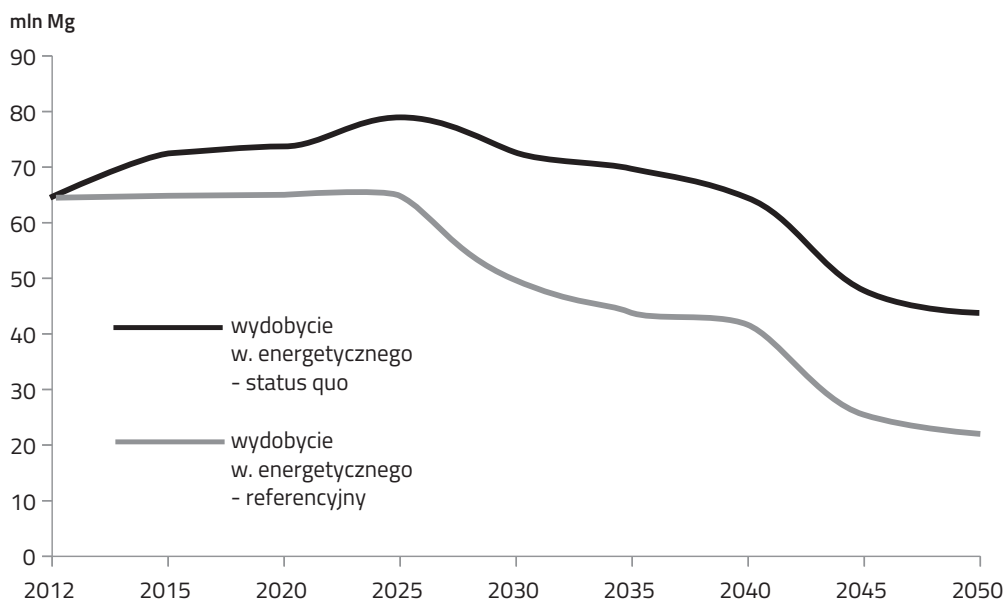
49 M. Kudelko, *Internalizacja kosztów zewnętrznych...* [27].

3.6. Przyszłość węgla w Polsce

Gwałtownie pogarszająca się kondycja ekonomiczna sektora górnictwa węgla kamiennego w Polsce w latach 20014 – 2015 powinna wywołać rzeczową dyskusję o przyszłości tej branży i jej roli w energetyce.

Bardzo interesujący raport na ten temat pod redakcją naukową prof. L. Gawlik [17] przygotował zespół Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi I Energetycznymi PAN. Syntetyczną prognozę podaży węgla według tego opracowania przedstawiono w ryc.12.

Ryc.12. Prognoza krajowej podaży węgla w latach 2015 – 2050.



Źródło:Gawlik L., et al. 2013, [17].

Prognozę opracowano według danych wyjściowych z 2012 r.. Był to ostatni „dobry” rok dla polskiego sektora węgla kamiennego, kiedy to wydobyto 71,3 mln Mg.⁵⁰ W latach następnych rozpoczyna się spadek cen światowych i spadek wydobycia w Polsce. W 2013 r. wydobyto 68,4 mln Mg, w 2014 – 65,97 mln Mg. W 2015 r. mamy najpoważniejszy kryzys branży od odzyskania niepodległości. Deficyt kapitału obrotowego (3,6 mld zł) Kompanii Węglowej SA prze-

50 Dane Bilansu Zasobów Kopalni – stan na 31 XII 2014

kroczył wartość majątku i zarząd spółki powinien, zgodnie z prawem złożyć do sądu gospodarczego wniosek o upadłość⁵¹. Dostawca węgla koksującego, giełdowa spółka JSW SA w 2011 r. notowała 2,1 mld zł dochodów, w 2012 – 800 mln zł, w 2013 – 84,4 mln zł, a w 2014 – stratę prawie 1,1 mld zł. Po pierwszym półroczu 2015 strata netto JSW wyniosła 623,5 mln zł. W tym okresie strata w całym górnictwie węglowym⁵² była dwukrotnie wyższa (1 445 mln zł) niż w pierwszej połowie 2014 r.

W 2015 roku ceny węgla energetycznego na rynku ARA oscylowały wokół 55 USD/tce. Z powodu niezwykle trudnej sytuacji finansowej oraz procesu naprawczego Kompanii Węglowej może się okazać, że w 2015 r. wydobycie w Polsce nie przekroczy 60 mln Mg. Autorzy przywołanego raportu prognozowali wydobycie w Polsce w 2015 r. na poziomie 78 mln Mg i przychyłali się do prognozy Banku Światowego według której cena australijskiego węgla energetycznego wynosić będzie 90 USD/tce. W wariantcie „status quo” (ryc. 12.) wydobycie węgla w 2050 r. wyniesie w naszym kraju 30 mln Mg, w tym węgla energetycznego 22 mln Mg. Wariant referencyjny (ryc. 12.) przewiduje odpowiednio 53 i 44 mln Mg. Gwałtowne załamanie wydobycia węgla w Polsce w wariantcie „status quo” autorzy [op.cit] przewidują pomiędzy rokiem 2025 a 2030. W wariantcie „referencyjnym” po roku 2040 spadek wydobycia węgla osiąga w 2050 r. nieco ponad 40 mln Mg.

Inną rzeczą i wielostronną analizę ekonomiczną sektora węgla kamiennego, wraz z prognozami do 2050 r. przedstawili eksperci Warszawskiego Instytutu Studiów Ekonomicznych [8]. Główne wnioski opracowania są miażdżące dla branży:

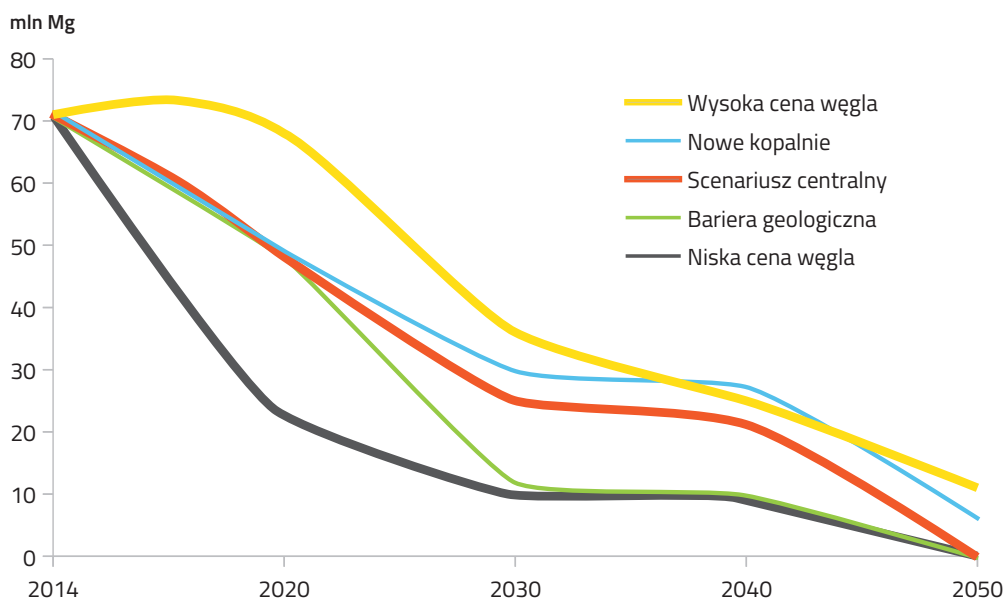
- kluczowym problemem polskiego górnictwa jest bardzo niska produktywność wydobycia i związane z nią wysokie jednostkowe koszty pracy;
- nawet udany wysiłek restrukturyzacyjny nie zapewni górnictwu funkcjonowania w niezmiennym kształcie w kolejnych dekadach;
- górnictwo węgla kamiennego w Polsce jest branżą schyłkową. Nie przyczyniło się ono do wzrostu gospodarczego kraju w ostatniej dekadzie;
- polska polityka energetyczna i przemysłowa powinna uwzględniać schyłkowy charakter górnictwa węgla kamiennego w Polsce.

51 Opinia biegłego rewidenta do Sprawozdania finansowego KW SA za 2014 rok

52 Ministerstwo Gospodarki. *Informacja o sytuacji w górnictwie węgla kamiennego w I półroczu 2015.*

W tym miejscu istotna jest prognoza podaży węgla kamiennego przeprowadzona w omawianym opracowaniu w pięciu wariantach, (ryc.13). We wszystkich przypadkach po roku 2020 następuje poważne załamanie wydobycia węgla, nawet w razie realizacji scenariusza „wysokiej ceny węgla”. W skrajnym przypadku „niskiej ceny”, gwałtowny spadek wielkości wydobycia następuje do 2020 r. We wszystkich wariantach postępuje wygaszanie wydobycia. W najbardziej „optymistycznych”: „wysoka cena” i „nowe kopalnie”, wydobycie w 2050 r. wyniesie odpowiednio 11 i 6 mln Mg.

Ryc.13. Prognoza pozyskania węgla kamiennego w Polsce – wynik analizy ekonomicznej wg M.Bukowski et al., 2015, [8].



Spośród przedstawionych powyżej prognoz wydobycia węgla autor skłania się zdecydowanie do tej opracowanej przez ekspertów WISE. W raporcie *Zmierzch węgla kamiennego w Polsce* wydanym w 2013, [68], autor zwracał uwagę na niską wydajność wydobycia w kopalniach spółek Skarbu Państwa, wysokie koszty pracy i coraz trudniejsze warunki geologiczne. Ostrzeżenia o nadchodzącym poważnym kryzysie w gronach decyzyjnych traktowano jako czarnowidztwo. Potwierdzeniem poprawności WISE jest chłodna analiza sytuacji na światowym rynku węgla przedstawiona w części 2.3 *Prognoza wydobycia i cen węgla kamiennego do 2035 r.*

Dla przypomnienia, podstawowymi czynnikami kreującymi światowy rynek węgla są:

- zmniejszający się popyt Chin (gwałtowne wyhamowanie tempa wzrostu gospodarczego, program redukcji emisji, gigantyczny program inwestycji w OZE);
- narodowy program inwestycji w OZE w Indiach – 200 mld USD do 2022 r.;
- znaczna nadpodaż węgla wskutek ogromnego wzrostu zdolności wydobywczych zwłaszcza w Indonezji i Australii a także Rosji i Kolumbii;
- nadwyżki węgla na rynku wewnętrznym USA, jako efekt rewolucji łupkowej i w rezultacie wzrost eksportu.

Z powodu powyższych okoliczności prognoza cen opracowana przez autora (ryc.6.) przewiduje utrzymanie się w latach 2016 – 2018 cen na poziomie z pierwszej połowy roku (55 – 60 USD/tce), a nawet lekki ich spadek.

Kolejnym poważnym problemem polskiego sektora węgla kamiennego jest brak możliwości pozyskania kapitału na inwestycje odtworzeniowe lub budowę kopalń – cokolwiek by nie mówili na ten temat optymiści. Raport *Institute for Energy Economics and Financial Analysis*, [56] przewiduje, iż cena węgla energetycznego na poziomie 50 USD/tce utrzyma się do 2021 r., a sektor już nie powróci do cen z okresu boomu węglowego. Największe banki wycofują się z sektora, odwrót inwestorów (w tym Norweskiego Funduszu Emerytalnego) od akcji polskich spółek węglowych notowanych na giełdzie spowodował w ciągu pierwszych 6 miesięcy 2015 r. spadek wartości o 40 %, nota bene zdrowej ekonomicznie Bogdanki. Natomiast akcje JSW SA z dominującym udziałem Skarbu Państwa straciły od lipca 2014 do lipca 2015 r. ponad 70 %.

Reasumując, skonfrontowanie stanu i zamierzeń polskiej energetyki z prognozowanymi cenami węgla na rynkach światowych, prognozami wydobycia węgla kamiennego w Polsce, ekonomiczną kondycją branży w Polsce i na świecie potwierdza wcześniejsze przewidywania autora⁵³ o rosnącej konieczności importu węgla (ryc. 14). Rozbudowa mocy w elektrowniach i elektrociepłowniach węglowych⁵⁴ z 21,2 GWe w 2015 r. do 27,5 GWe⁵⁵ w 2050, skutkować będzie szybkim wzrostem importu paliwa. Osiągnie on poziom 34,5 mln Mg rocznie w 2030 r. i 46,4 mln Mg w 2050 r, kiedy to z wysokim prawdopodobieństwem zapotrzebowanie energetyki na węgiel będzie niemal w całości pokrywane przez import, (ryc. 14.).

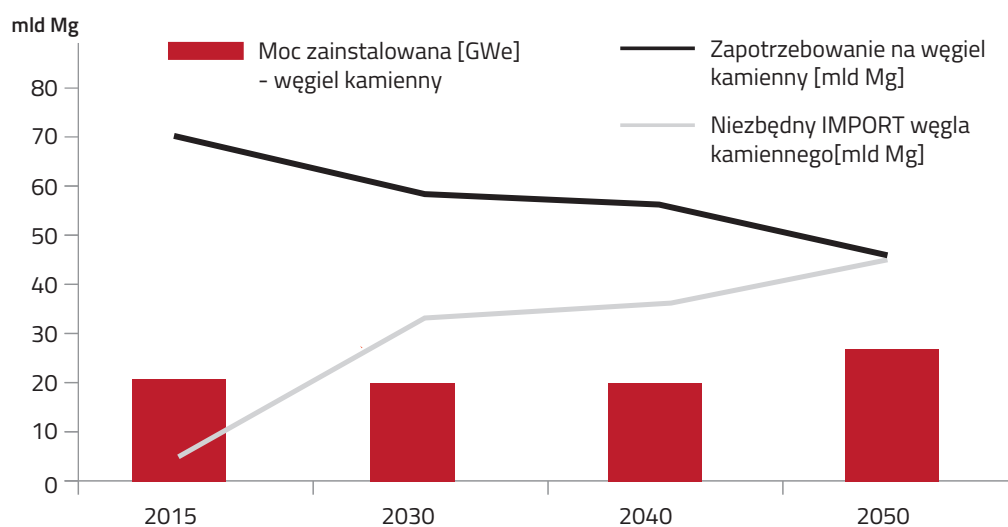
53 M.Wilczyński, *Zmierzch węgla...*[68].

54 KAPE SA, *Prognoza zapotrzebowania na paliwa i energię do 2050 r.*. Niepublikowana ekspertyza dla Ministerstwa Gospodarki, 2013

55 *Ministerstwo Gospodarki. Polityka Energetyczna Polski do 2050 r. – projekt (sierpień 2015)*, [48].

W tym kontekście powraca fundamentalne pytanie: czy powinniśmy rozbudowywać węglową energetykę wykorzystującą w przyszłości duże ilości importowanego paliwa? Czy nie byłoby korzystniej realizować „scenariusz gaz+OZE”, przedstawiony przez Ministerstwo Gospodarki w projekcie Polityki Energetycznej Polski do roku 2050 (PEP 2050), który zakłada 55-60 % udział OZE w miksie energetycznym? Wykorzystanie OZE to zwiększenie bezpieczeństwa systemu energetycznego poprzez rozproszenie źródeł oraz zwiększenie niezależności od importu paliw. Taką politykę (*Energiewende*) realizują nasi zachodni sąsiedzi. W sierpniu 2015 r. gospodarce zaaplikowany został pierwszy od 30 lat 20. stopień zasilania. Przyczyną były długotrwałe upały, susza i katastrofalnie niskie stany wody w Wiśle, oraz awaria jednego bloku 858 MW_e w Bełchatowie. Czy osoby wytyczające strategię energetyczną na następne 35 lat wyciągną poprawne wnioski z tego zdarzenia ?

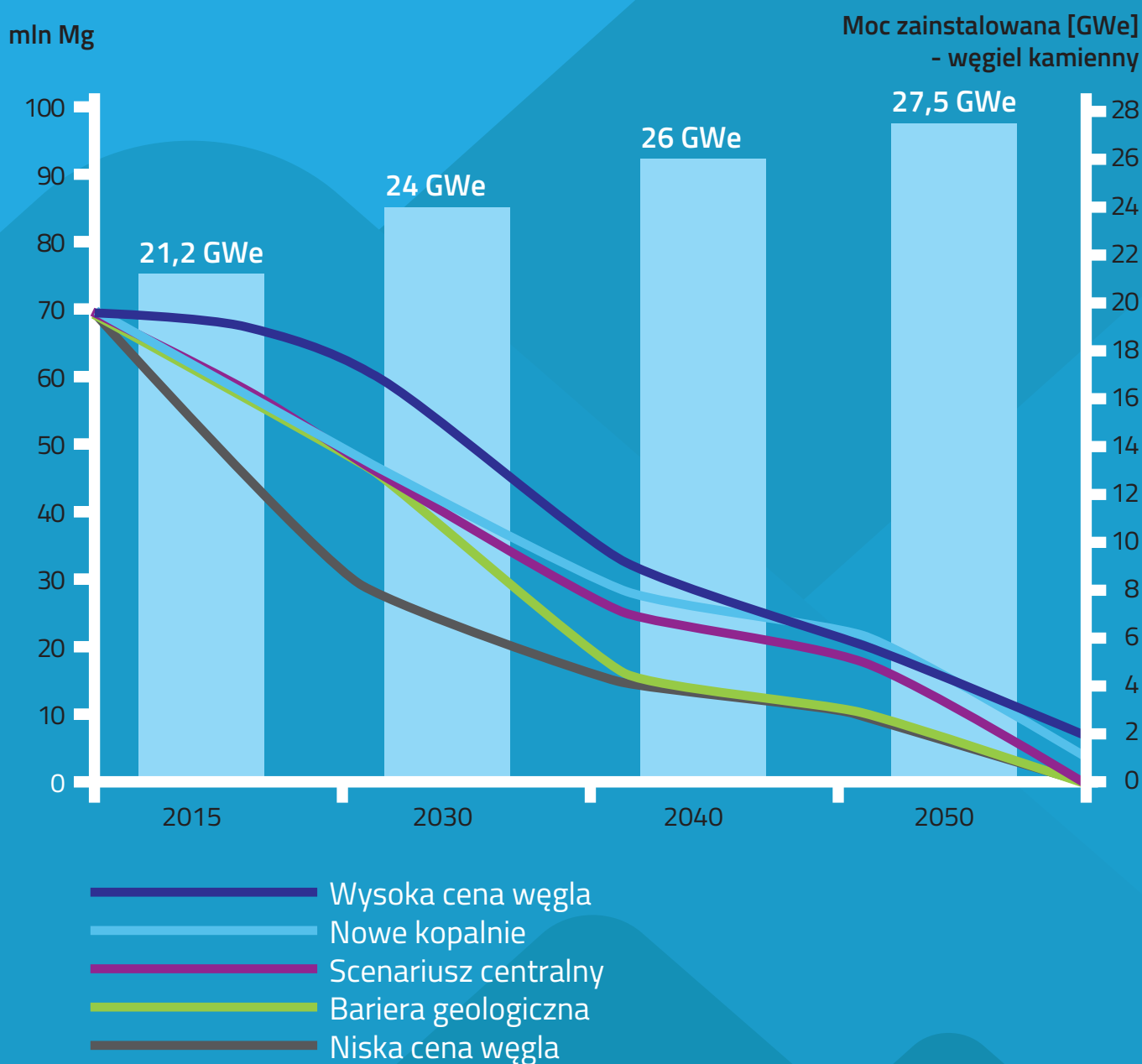
Ryc.14. Prognoza zapotrzebowania gospodarki polskiej na węgiel kamienny



Opracował autor na podstawie Prognozy KAPE SA – 2013, PEP 2050 (projekt wersja 0.6), [48].

PODAŻ I POPYT NA WĘGIEL KAMIENNY W POLSCE

Prognoza pozyskania i zapotrzebowania na węgiel kamienny w Polsce
- wynik analizy ekonomicznej wg M. Bukowski et al., 2015, [8].



Na podstawie analizy ekonomicznej wg. M. Bukowski et al., 2015
oraz "Prognoza zapotrzebowania na paliwa i energię do 2050 roku", KAPE 2013

4 Skutki wydobywania i użytkowania węgla kamiennego dla środowiska i społeczeństwa w Polsce

Wydobycie i eksploatacja węgla kamiennego niesie za sobą szereg niekorzystnych skutków dla środowiska naturalnego, zarówno w bezpośrednim otoczeniu kopalń, jak i na większych obszarach. Do negatywnych skutków wydobywania węgla należy zaliczyć: deformacje terenu i zapadliska, będące wynikiem głębinowej eksploatacji złóż; zanieczyszczenia metalami ciężkimi, pierwiastkami promieniotwórczymi i chlorkami wód powierzchniowych, następujące wskutek odwadniania górotworów; ryzyko samozapłonów na terenie zwałowisk pogórnich; odcieki wód ze zwałowisk do wód powierzchniowych i podziemnych. Bardzo ważnymi następstwami eksploatacji głębinowej złóż węgla kamiennego pozostają także emisje metanu z kopalń do atmosfery oraz emisje toksycznych gazów, pyłów, popiołów, zanieczyszczenia metalami ciężkimi, dioksynami, chlorowodorem, izotopami uranu i rtęcią, powstające w wyniku spalania węgla.

W tym rozdziale omówione zostanie oddziaływanie na środowisko i społeczeństwo w dwóch różnych zakresach: skutek działalności górniczej i skutek spalania węgla kamiennego dla pozyskania energii. Kraje UE konsekwentnie będą kontynuować ograniczanie emisji gazów cieplarnianych w kolejnej dekadzie 2020 - 2030. W październiku 2014 r. Rada Unii Europejskiej uzgodniła ramy polityki energetyczno-klimatycznej do r. 2030. W konkluzjach ustalono następujące cele:

- 40% unijny cel redukcji emisji gazów cieplarnianych do 2030 r. wobec poziomu emisji w 1990 r.;
- 27% unijny cel udziału OZE w energii zużywanej w UE w 2030 r.;
- 27% unijny orientacyjny cel poprawy efektywności energetycznej w 2030 r.

Konkluzje zawierają zapisy gwarantujące wdrożenie mechanizmów kompensujących państwom członkowskim o niskim PKB (poniżej 60 % średniej UE) wysokie koszty realizacji 40 % celu redukcji emisji gazów cieplarnianych, wyznaczonego na 2030 r. Te mechanizmy obejmują:

- darmowe uprawnienia do emisji dla sektora elektroenergetyki (282 mln uprawnień o wartości ok. 26,8 mld zł przy założeniu ceny 27 euro za uprawnienie);
- partycypację w funduszu na modernizację sektora elektroenergetyki oraz inwestycje zwiększające efektywność energetyczną w państwach członkowskich o poziomie PKB poniżej 60% średniej unijnej (Polska otrzyma 135 mln uprawnień o wartości ok. 12,8 mld zł);
- kontynuację bezpłatnego przydziału uprawnień dla sektorów przemysłowych narażonych na ryzyko ucieczki emisji z uwzględnieniem zapewnienia przystępnych cen energii oraz unikania nieoczekiwanych zysków.

19 marca 2015 r. Rada Unii Europejskiej w konkluzji posiedzenia stwierdziła: „UE jest zdecydowana zbudować unię energetyczną opartą na przyszłościowej polityce klimatycznej na podstawie przygotowanej przez Komisję ramowej strategii, która obejmuje pięć ściśle ze sobą powiązanych i wzajemnie się wzmacniających wymiarów (są to: bezpieczeństwo energetyczne, solidarność i zaufanie; w pełni zintegrowany europejski rynek energii; efektywność energetyczna przyczyniająca się do ograniczenia popytu; dekarbonizacja gospodarki; oraz badania naukowe, innowacje i konkurencyjność)”.

4.1. Oddziaływanie górnictwa węgla kamiennego na środowisko

Poniżej, w syntetycznym ujęciu nakreślony zostanie wielowymiarowy obraz skutków działalności górniczej i spalania węgla.

Szkody i odpady górnicze, emisja metanu

Wydobycie węgla kamiennego w Polsce odbywa się wyłącznie głębinowo, niekiedy poniżej 1000 m ppt. Wszelkie operacje, jak transport pracowników, materiałów, urobku, odpadów, wentylacja, dokonywane są systemem szybów i chodników. Oddziaływanie na powierzchnię i obiekty na niej (budynki, drogi, fabryki, itp.) uzależnione jest w dużym stopniu od sposobu likwidacji pustek poeksploatacyjnych. Obiekty na powierzchni powinny być chronione przez pozostawianie filarów ochronnych. Likwidacji wyrobisk powinno się dokonywać przez podsadzanie, czyli wypełnianie wyrobisk wodą z piaskiem lub popiołem z elektrowni, zmieszany z wodami kopalnianymi. Ze względu na wysokie koszty, podsadzanie jest obecnie stosowane sporadycznie. Najczęściej stosowana jest tzw. metoda na zawał. Z wyeksploatowanych przestrzeni usuwa się kombajny, obudowy mechaniczne, przenośniki, a po pewnym czasie skały nadległe zaciskają pozostawione pustki. Na powierzchni terenu powstają deformacje, które mogą mieć charakter ciągły i tworzyć rozległe niecki osiadań, lub tworzyć struktury nieciągłe w formie zapadlisk, szczelin, progów.

Deformacjami ciągłymi objęta jest praktycznie cała powierzchnia terenów górniczych. Maksymalne wartości osiadania powierzchni terenu osiągają od 0,5 m do ponad 1 metra rocznie; na ogół są to jednak mniejsze wartości – rzędu kilkunastu centymetrów rocznie. W czasie wieloletniej eksploatacji powstają na obszarach górniczych rozległe obniżenia. Powodują one często zmiany stosunków wodnych na powierzchni, podtopienia i zabagnienia terenu oraz powstawanie zalewisk. Szacuje się, że łączna powierzchnia zalewisk na obszarze Śląska wynosi 8–10 km² [69]. W rejonie Chorzowa, Bytomia, Siemianowic, Piekar Śląskich, Świętochłowic, Rudy Śląskiej, Zabrze obniżenia powierzchni terenu mogą osiągać 30 m. Za przykład niech posłużą wyniki szczegółowych badań w rejonie Knurowa [71]. Przeobrażenia całkowite powierzchni obejmują tam obszar 66,24 km². Obniżenie terenu sięgnęło w niektórych miejscach 18 m i spowodowało zmiany hydrologiczne prowadzące do powstawania zalewisk. W dzielnicy Szczygłowice zostało zalane jedno z osiedli mieszkaniowych. Wielkość obniżenia jest prostą funkcją grubości eksploatowanych pokładów. Głębokość niecki na powierzchni to średnio 75 % miąższości wybranych pokładów węgla.

Deformacje nieciągłe na powierzchni terenu pojawiają się w sposób gwałtowny połączony z wstrząsami i tąpnięciami. Są trudne do prognozowania, wyjątkowo szkodliwe i niebezpieczne. Deformacje te powodują uszkodzenia budynków, obiektów przemysłowych, szlaków komunikacyjnych itp. Szczególnie zagrożone są nimi rejony, gdzie prowadzono eksploatację z zawałem stropu wyrobiska oraz obszary płytkiej eksploatacji. Dla przykładu w Suszcu stwierdzono występowanie nieciągłych deformacji powierzchni o długościach do 350 m i progach 30 cm; szczeliny zwykle mają rozwarcie rzędu kilku do kilkunastu cm. Nowo zbudowana autostrada A 4 kilkakrotnie była deformowana poprzecznymi pęknięciami⁵⁶.

Rekultywacja i rewitalizacja terenów osiadań pogórnich stanowi poważny problem ekonomiczny i techniczny. Obecnie, ze względu na ograniczone środki finansowe, przeważają działania doraźne, polegające na wyrównywaniu powierzchni terenu, regulowaniu stosunków wodnych i odtwarzaniu gleb. Do deniwelacji terenu często wykorzystuje się odpady pogórnice, tworząc w ten sposób nieformalne składowiska, mogące niekorzystnie wpływać na chemizm wód powierzchniowych i podziemnych.

Wody podziemne – mineralizacja, zanieczyszczenia

Eksploatacja górnicza wymaga odwadniania górotworu. Dopływy wód do pojedynczych wyrobisk górniczych mogą osiągać 50 m³/min, co rodzi konieczność ich wypompowywania, najczęściej do wód powierzchniowych. W naturalnych wodach karbonu produktywnego występują substancje, które wprowadzone do wód powierzchniowych stanowią zagrożenie dla zdrowia ludzi i powodują poważne zanieczyszczenie środowiska wodnego. Na Górnym Śląsku w 2013 r. do wód powierzchniowych odprowadzono 1,328 mln Mg jonów chlorkowych i siarczanych⁵⁷. Najbardziej zmineralizowane są brzeżne, zwłaszcza wschodnie obszary zagłębia, gdzie stwierdzono wysokie zawartości uranu (2660 g/Mg skały)⁵⁸. Wieloletnie analizy mineralizacji naturalnych wód formacji węglonośnej wykazały istnienie 30 substancji (m.in. sód, potas, azot amonowy, żelazo, chlorki, siarczany, bar, bor), których zawartości przekraczają wielokrotnie, od kilkuset do tysiąca razy, najwyższe dopuszczalne wartości określone przepisami prawa dla wód pochodzących z odwadniania zakładów górniczych. Szczególnie groźne dla ludzi i środowiska są znaczne stężenia baru, ołowiu, niklu, arsenu, selenu oraz izotopów radu, uranu i toru⁵⁹. W formacji karbonu produktywnego, na głębokości 495 m stwierdzono bardzo wysoką mineralizację wód, rzędu 220–372 g/dm³ (obszar tej anomalii hydrogeologowie oceniają na 200 km²)⁶⁰.

56 M. Kruczkowski, *Analiza wpływu eksploatacji górniczej...* [26].

57 *Ochrona Środowiska 2014* [40].

58 Z. Wilk i T. Bocheńska (red), *Hydrogeologia polskich złóż...* [69].

59 T. Olkusiński, K. Stala-Szlugaj, *Występowanie pierwiastków promieniotwórczych...* [41].

60 tamże

Problem zrzutu wód kopalnianych nie ustaje mimo likwidacji większości kopalń. Wiele jest ze sobą połączona hydraulicznie i pompowanie wód musi być kontynuowane, by nie zatopić kopalni czynnych. Najpoważniejszym skutkiem zalewania zlikwidowanych kopalń jest zanieczyszczenie wód podziemnych i powierzchniowych⁶¹. Wypompowywanie wód kopalnianych powoduje:

- obniżenie głębokości zwierciadła wód podziemnych (leje depresji), wskutek czego na powierzchni następuje zanik źródeł, wysuszenie studni gospodarskich i obniżenie wydajności ujęć komunalnych,
- zmianę charakteru cieków powierzchniowych z drenujących na infiltrujące,
- zmniejszenie zasobów wód podziemnych i powierzchniowych,
- zmiany jakości wód podziemnych i wód powierzchniowych spowodowane przez zrzuty wód kopalnianych do wód powierzchniowych,
- zakłócenie bilansu wodnego (zmiany przepływu podziemnego wód, wzrost infiltracji, przemieszczanie się granic zlewni).

Odpady górnicze

Nieodłącznym elementem krajobrazu europejskich regionów górniczych są zwałowiska odpadów wydobywczych i przeróbczych. Na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego pod prowadzenie wydobywania zajętych jest 6024 ha gruntów, zaś 2331 ha (wg stanu na koniec 2013 r.⁶²) jest zdewastowanych i zdegradowanych wskutek wydobywania węgla. Na terenie województwa śląskiego znajduje się 510 mln Mg odpadów przemysłowych, z czego 76 % stanowią odpady związane z wydobywaniem węgla. Tylko w 2013 r. wskutek działalności górniczej wytworzono 29 mln Mg odpadów⁶³.

Istnienie zwałowisk pogórniczych negatywnie oddziałuje na środowisko przyrodnicze m.in. poprzez samozapłon odpadów na hałdach, powodowane obecnością węglistej substancji palnej oraz utleniającego się piryty. Równie groźnym zjawiskiem są odcieki wód ze zwałowisk do wód powierzchniowych i podziemnych. Odcieki te powstają wskutek infiltracji wód opadowych, które powodują wymywanie łatwo rozpuszczalnych związków mineralnych. Z kolei wietrzenie i utlenianie piryty wiąże się z zakwaszaniem środowiska oraz ryzykiem uruchomienia migracji metali ciężkich. W przypadku „wzgórz” o wysokościach kilkudziesięciu do stu kilkudziesięciu metrów, utworzonych z niejednorodnych materiałów zmieszanych zachodzi zjawisko ruchów masowych w postaci splayów zboczowych i osuwisk.

61 I. Pluta, *Wody kopalń Górnośląskiego Zagłębia Węglowego...* [44].

62 tamże

63 tamże

Emisja metanu z kopalń do atmosfery

W kopalniach prowadzących wydobywanie na głębokości większej niż 400 m ppt, konieczne jest odmetanowanie górotworu. Ilość metanu w mikroporach węgla może sięgać nawet 35 m³ na 1 Mg czystego węgla. Odmetanowanie w świadomości służb dozoru górniczego i zarządów spółek węglowych funkcjonuje niestety tylko jako jeden ze sposobów zwalczania zagrożeń gazowych w kopalni. Niezmiernie rzadko metan identyfikowany jest jako gaz groźny dla klimatu i warstwy ozonowej Ziemi. Dlatego też większość ujmowanego metanu jest uwalniana do atmosfery.

W 2014 r. kopalniane stacje odmetanowywania ujęły 293,4 mln m³ metanu⁶⁴, jednakże brak danych, jaka część została wykorzystana gospodarczo, a jaka wypuszczona w powietrze. *Bilans zasobów kopalni i wód podziemnych* podaje, że w 2014 r. z kopalń węgla kamiennego wyemitowano przez system wentylacji 471,17 mln m³ metanu wraz z powietrzem kopalnianym.

64 *Bilans zasobów kopalni i wód podziemnych w Polsce ...* [4].

4.2. Spalanie węgla; emisje gazów toksycznych, pyły, popioły, metale ciężkie

Węgiel kamienny nie jest jednorodną substancją chemiczną. Oprócz węgla jako głównego pierwiastka znajduje się duża liczba innych pierwiastków zawartych w związkach chemicznych, które mogą oddziaływać negatywnie na środowisko naturalne, a w konsekwencji na zdrowie ludzi. Zawartość tych substancji waha się od kilku do kilkudziesięciu gramów na tonę. W węglu kamiennym można wydzielić trzy grupy substancji:

- substancję organiczną,
- chemiczne związki nieorganiczne,
- wodę, zwykle zmineralizowaną.

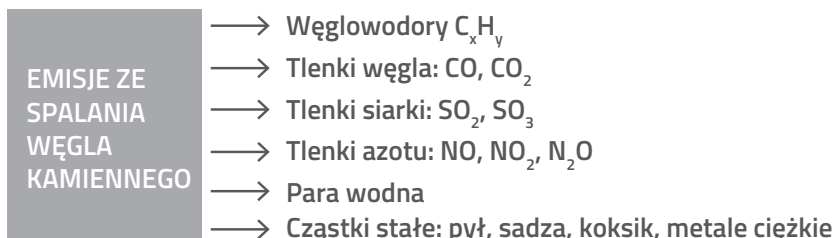
Metale ciężkie: Cu, Zn, Cd, Pb, Ni, Co w ponad 80 % są związane w formie związków nieorganicznych⁶⁵. Pierwiastki takie jak: As, Cd, Co, Cu, Hg, Mo, Sn, Se towarzyszą pirytowi i innym związkom siarki, natomiast pierwiastki takie jak Cr i F występują w materiale ilastym. Przez zastosowanie zaawansowanych metod przerobczych można by znacznie zmniejszyć zawartość pierwiastków śladowych w węglach energetycznych poddawanych spalaniu i zmniejszyć tym samym ich ilość w popiołach lotnych⁶⁶. Jednakże zakłady przerobcze w polskim sektorze górnictwa węglowego najczęściej dokonują jedynie sortowania węgla, usuwania skały płonnej, i rzadziej odsiarczania poprzez usuwanie pirytu.

Ze względu na sposób zachowania się w procesie spalania, przyjęło się umownie dzielić składniki tworzące węgiel na substancję palną oraz balast. Do balastu zalicza się wilgoć i części mineralne. Z tych ostatnich powstaje pył i popiół. Substancja palna węgla składa się z węglowodorów oraz związków organicznych, w których skład wchodzi także siarka, tlen i azot. Nieznaczny udział w substancji palnej mają także niektóre siarczki nieorganiczne. Spośród pierwiastków budujących węgiel kamienny za palne uważa się tylko węgiel, wodór, siarkę. Tak więc produktami pełnego utlenienia pierwiastków palnych powinny być tlenki: CO, CO₂, H₂O i SO₂, ewentualnie SO₃ (ryc. 15.). W spalinach kotłowych powstają też tlenki azotu NO_x [30].

65 L. Kurczabiński, *Ekologiczno-ekonomiczne aspekty spalania węgla...* [29].

66 J. Dubiński, M. Turek, H. Aleksa, *Węgiel kamienny dla energetyki...* [14].

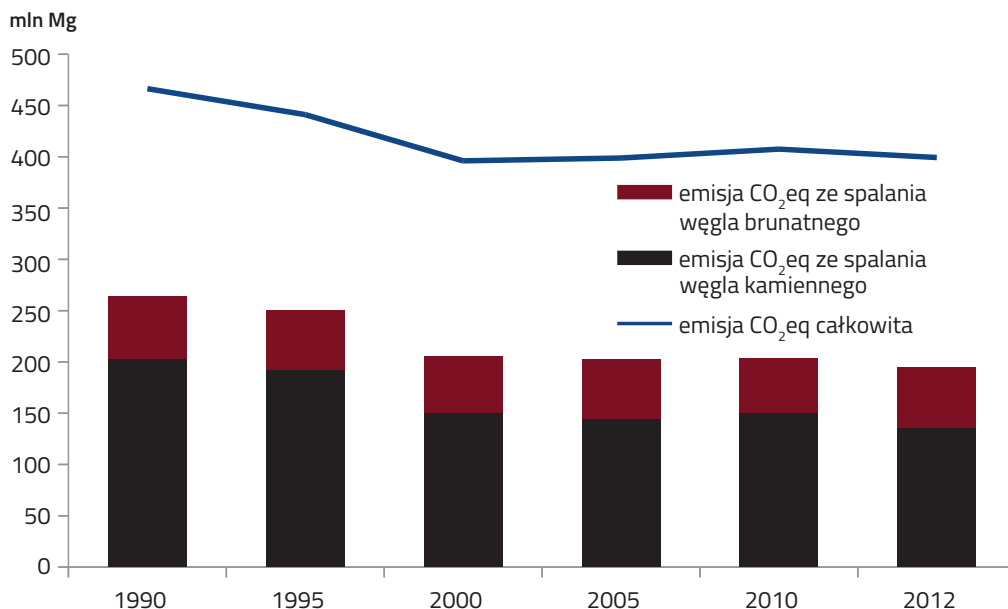
Ryc.15. Produkty spalania węgla kamiennego.



Zestawienie wg pracy U. Lorenz, Skutki spalania węgla kamiennego... [30]

Emisja gazów cieplarnianych w Polsce na początku lat 90. zmniejszała się dość szybko (ryc.16.), przede wszystkim w związku z transformacją gospodarki i likwidacją bądź modernizacją przemysłu energochłonnego. Całkowita emisja gazów cieplarnianych wyrażona w ekwiwalencie CO₂ od 1990 do 2012 r. zmniejszyła się⁶⁷ o 67,1 mln Mg/rok. Emisja CO₂ ze spalania węgla kamiennego zmniejszyła się o 66,5 mln Mg/rok, a zatem redukcja emisji gazów cieplarnianych prawie w 100 % związana jest ze zmniejszeniem zużycia węgla kamiennego na przestrzeni 25 lat⁶⁸.

Ryc.16. Emisja dwutlenku węgla ze spalania węgla kamiennego i brunatnego w latach 1990 – 2012



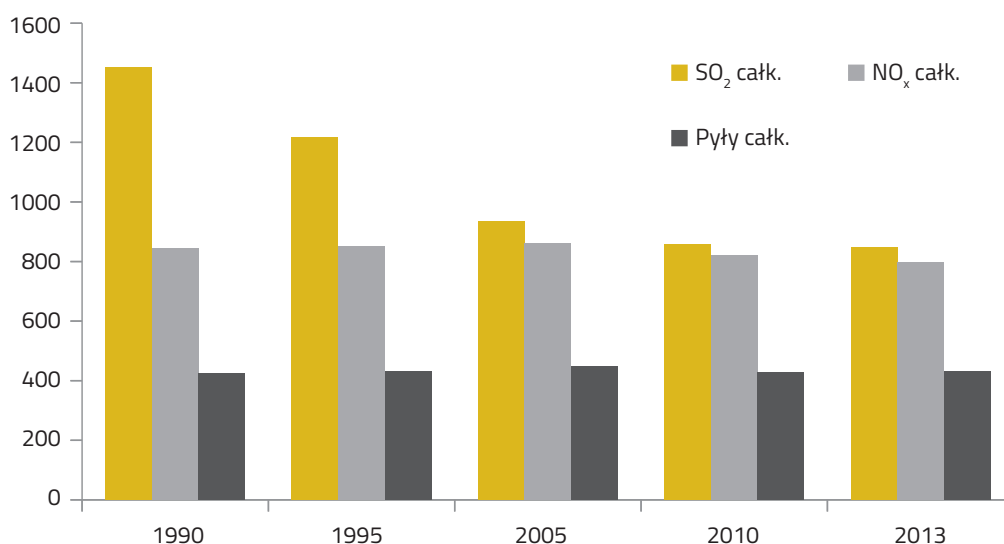
Opracowanie własne z wykorzystaniem danych raportu KOBIZE [40]

67 Krajowy raport inwentaryzacyjny 2014. IOŚ-PIB KOBIZE [25]

68 GUS. Ochrona środowiska 2014. [40]

Węgiel kamienny wykorzystywany w energetyce i ciepłownictwie jest zwykle niskiej jakości. Wartość opałowa paliwa dostarczanego do elektrowni wynosi średnio 21,6 GJ/Mg, przy zapo-
pieleniu rzędu 21 % i więcej. Zawartość siarki całkowitej kształtuje się w granicach 0,8–1,2 %.
Znacząca, nieco ponad 41 %, redukcja emisji dwutlenku siarki (SO_2) od 2000 r. do 2013 r. (ryc.17.)
osiągnięta została dzięki niemal powszechnemu zastosowaniu w elektrowniach i elektrocie-
płowniach zawodowych instalacji mokrego odsiarczania. W tym też czasie w kilku nowych
blokach (Jaworzno, Turów, Bełchatów, Pątnów IV) zastosowano kotły fluidalne na parametry
nadkrytyczne, umożliwiające redukcję emisji SO_2 bez konieczności budowy odrębnych instalacji.
W 2013 r. blisko 60 % emisji tego toksycznego gazu było efektem spalania węgla kamiennego,
17,6 % pochodziło ze spalania węgla brunatnego, a 14,4 % ze spalania węgla kamiennego
w gospodarstwach domowych, (Tab.1)⁶⁹. Niestety, emisja tlenków azotu i pyłów pozostaje na
niezmienionym poziomie od 2000 r. (Ryc. 15.), i waha się w przedziale 800 – 860 tys. Mg dla NO_x
oraz 426- 449 tys. Mg dla pyłów.

Ryc.17. Emisja głównych zanieczyszczeń powietrza w Polsce [w tys. Mg]



Zestawiono według raportów KOBIZE [45,46].

69 Obliczenia autora na podstawie raportu KOBIZE [40]

Tab.1.Struktura emisji głównych gazów toksycznych ze spalania węgla kamiennego w Polsce [w tys. Mg]

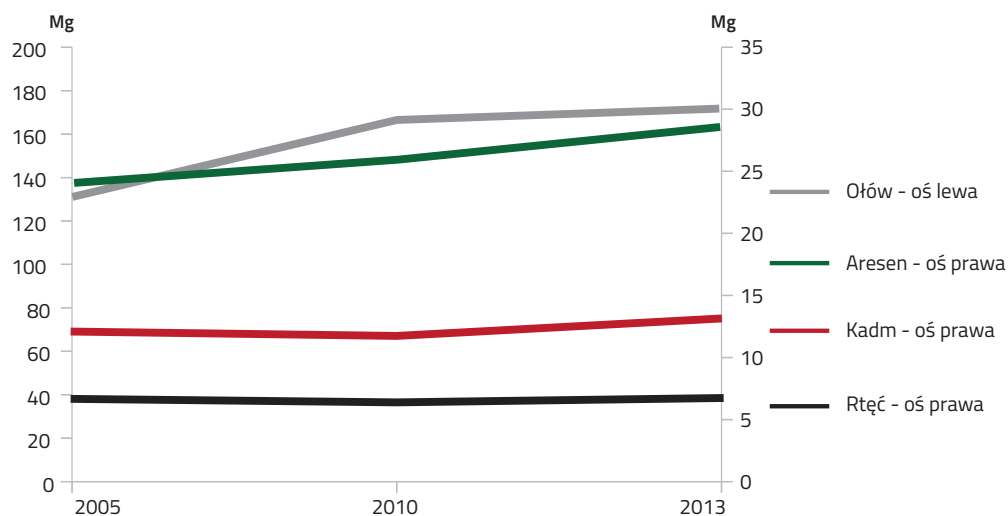
| ŹRÓDŁO | | SO ₂ | | NO _x | | PYŁY (TSP) | |
|------------------------------|--|-----------------|-------|-----------------|-------|------------|-------|
| | | 2010 | 2013 | 2010 | 2013 | 2010 | 2013 |
| OGÓŁEM ZE WSZYSTKICH ŹRÓDEŁ | | 973,6 | 846,8 | 866,8 | 798,2 | 445,3 | 407,4 |
| ZE SPALANIA WĘGLA KAMIENNEGO | Elektrownie i elektrociepłownie zawodowe, ciepłownie | 576,1 | 493,9 | 295,0 | 259,6 | 14,3 | 12,6 |
| | Przemysł | 81,0 | 84,8 | 42,0 | 31,2 | 18,3 | 25,2 |
| | Gospodarstwa domowe | 127,0 | 121,7 | 44,1 | 43,4 | 64,2 | 0,0 |

Zestawiono według raportów KOBIZE [45,46]

W systemie monitoringu i opłat za korzystanie ze środowiska znaczenia nabiera zawartość pierwiastków śladowych: As, Ba, B, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Hg, Pb, Zn, Mo, Se, które podczas procesu spalania dostają się do jego produktów i wywierają szczególnie negatywny wpływ na zdrowie ludzi i środowisko naturalne.

W 2014 r. w energetyce zawodowej i ciepłownictwie spalono łącznie ponad 57 mln Mg węgla energetycznego, co przy średnim zapopieleniu rzędu 21 % oznacza powstanie blisko 12 mln Mg stałych odpadów ze spalania - popiołów, żużli itp. Do tej ogromnej liczby dochodzi blisko 2 mln Mg rozproszonych odpadów ze spalania 8,9 mln Mg węgla w gospodarstwach domowych. Zarówno te odpady, jak i emitowane przy spalaniu gazy i lotne pyły zawierają substancje toksyczne, między innymi tlenki siarki i azotu, chlor, fluor, pary rtęci i metale ciężkie, (ryc.18.).

Ryc. 18. Emisja metali ciężkich jako produktów spalania węgla kamiennego w Polsce



Opracowane na podstawie raportów KOBIZE [45,46]

W niniejszej pracy autor zwraca szczególną uwagę na silnie toksyczne związki lub substancje będące produktami spalania węgla kamiennego, gdyż w powszechnie dostępnych publikacjach omawia się prawie wyłącznie emisje tlenków siarki, azotu, węgla, pyłów. W powszechnej świadomości nie są obecne dioksyny, chlorowodór, izotopy uranu i związki rtęci. Bardzo szkodliwy dla ludzi i środowiska naturalnego jest także chlor w spalinach. Zawartość tego pierwiastka w węglu jest zróżnicowana i zmienia się w szerokim zakresie 0,05–0,4%. Chlor w procesie spalania ulatnia się w postaci chlorowodoru, silnie higroskopijnego gazu, który wchłaniając parę wodną z powietrza przekształca się natychmiast w powietrzu w kwas solny, powodujący u ludzi przewlekłe nieżyty dróg oddechowych i pokarmowych, alergie i podrażnienia skóry. W procesie spalania węgla gazowy chlor jest także podstawowym składnikiem silnie trujących dioksyn⁷⁰. Emisja dioksyn i furanów w 2013 r. wzrosła w porównaniu z emisją z roku 2012 o około 7,3 %. Źródłem 40 proc. tych trucizn są gospodarstwa domowe, spalające węgiel kamienny i nierzadko odpady⁷¹.

W 2013 r. (tab. 2.) w porównaniu z rokiem 2010 nastąpiło istotne zmniejszenie emisji kadmu i rtęci, lecz w odnotowano wzrost emisji arsenu i ołowiu.

⁷⁰ Tamże

⁷¹ *Poland's Informative Inventory Report* [46].

Tab.2. Emisja głównych metali ciężkich jako produktów spalania węgla kamiennego w Polsce [Mg]

| ŹRÓDŁO | | RTEĆ | | KADM | | ARSEN | | OŁÓW | |
|------------------------------|--|------|------|------|------|-------|------|-------|-------|
| | | 2010 | 2013 | 2010 | 2013 | 2010 | 2013 | 2010 | 2013 |
| OGÓŁEM ZE WSZYSTKICH ŹRÓDEŁ | | 14,8 | 10,4 | 44,3 | 15,3 | 44,5 | 44,8 | 524,2 | 561,2 |
| ZE SPALANIA WĘGLA KAMIENNEGO | Elektrownie i elektrociepłownie zawodowe, ciepłownie | 1,6 | 1,4 | 0,1 | 0,1 | 1,5 | 1,3 | 8,6 | 9,8 |
| | Przemysł | 0,4 | 0,5 | 3,5 | 4,9 | 2,2 | 3,1 | 22,3 | 30,6 |
| | Gospodarstwa domowe | 1,1 | 1,1 | 1,5 | 1,5 | 9,7 | 9,5 | 130,9 | 128,8 |

Opracowano na podstawie raportów KOBIZE [45,46]

Tabela 2 dobitnie pokazuje, jak silny jest związek emisji metali ciężkich ze spalaniem węgla. W 2013 r. z tego źródła pochodziło 28,8 % emisji związków rtęci, 42,2 % kadmu, blisko 30 % ołowiu i 30,8 % arsenu. Po dodaniu emisji ze spalania węgla brunatnego (tab.7.) okazuje się, że oba te rodzaje węgla są dominującym źródłem emisji metali ciężkich. Tu warto nadmienić, że spalanie węgla brunatnego powoduje blisko trzykrotnie większą emisję szczególnie szkodliwych związków rtęci niż spalanie węgla kamiennego. Z badań wynika, że średnia zawartość rtęci w węglu kamiennym waha się od 50 do 150 ppb, a w węglu brunatnym – od 120 do 370 ppb⁷². W postaci emisji do środowiska przedostaje się od 40 % do 90 % zawartej w węglu rtęci. Ograniczenie tej emisji wymaga instalowania nowoczesnych instalacji odpylających i oczyszczających, spełniających wymagania najlepszych dostępnych technik (BAT). Do tej pory nie przeprowadza się w Polsce regularnych badań węgla pod kątem zawartości rtęci. Każdy miligram tego pierwiastka stanowi ogromne zagrożenie dla centralnego układu nerwowego człowieka. Wyjątkowo szkodliwe jest zwłaszcza spalanie węgla w gospodarstwach domowych. Z tabeli 2 jednoznacznie wynika, że w stosunku do elektrowni zawodowych domowe paleniska emitują 5–krotnie więcej rtęci, 36–krotnie więcej związków arsenu, 40–krotnie więcej związków ołowiu na tą samą ilość spalonego węgla.

Stałe odpady powstałe w trakcie spalania charakteryzują się podwyższoną – w stosunku do materiału wejściowego – zawartością naturalnych izotopów promieniotwórczych⁷³.

72 K. Wojnar, J. Wisz, *Rtęć w polskiej energetyce* [72]. Materiały do tego opracowania autorki przygotowały w laboratorium Zakładów Pomiarowo-Badawczych Energetyki „Energopomiar” na nowoczesnej aparaturze produkcji japońskiej; pomiarów dokonywały na próbkach węgla i w elektrowniach na pyłach i popiołach

73 B. Michalik, *Naturalna promieniotwórczość w węglu kamiennym...* [33].

W trakcie spalania węgiel jako pierwiastek praktycznie całkowicie ulega utlenianiu do postaci gazowej, a większość zanieczyszczeń, w tym wszystkie izotopy promieniotwórcze pozostają w stałych produktach spalania. W popiołach lotnych pochodzących ze spalania węgla kamiennych bez odsiarczania spalin stwierdzono występowanie podwyższonych zawartości uranu i toru. W praktyce wszystkie te dane obrazują fikcję wszelkich koncepcji promujących tzw. czyste technologie węglowe.

Energetyka węglowa byłaby w pełni czysta gdyby nie oddziaływała na środowisko. Taki stan jest niemożliwy do osiągnięcia. Możliwe jest dążenie do minimalizacji oddziaływania... Czysta energetyka węglowa powinna charakteryzować się ponadto wdrażaniem następujących praktyk:

- usunięcia rtęci i arsenu,
- usuwania chloru i fluoru,
- usuwania radionuklidów
- pełnej proekologicznej utylizacji popiołów, żużli, i ścieków, a także CO₂,
- likwidacji powierzchniowych składowisk odpadów,
- ograniczenia emisji drobnych pyłów < 10 MP,
- ograniczenia emisji aerozoli,
- ograniczenia zapotrzebowania wody z zewnątrz,
- ograniczenia strat przesyłu energii,
- ograniczenia ingerencji w krajobraz naturalny,
- wykorzystania ciepła odpadowego.

Czysta energetyka powinna również zmierzać do rozwiązania szczególnie trudnych problemów, takich jak:

- emisje CO₂,
- oddziaływanie powierzchniowych składowisk kamienia kopalnianego,
- utylizacja odpadów z kopalnianej przeróbki urobku węglowego,
- rekompensata za trwałe niszczenie środowiska.

4.3. Wpływ zanieczyszczeń „węglowych” środowiska na stan zdrowia ludzi

Środowisko naturalne i środowisko przekształcone w różnym stopniu, stanowią razem jeden z głównych czynników warunkujących zdrowie człowieka. W grupie *środowisko fizyczne* na nasze zdrowie istotnie oddziałują cztery czynniki:

- chemiczne: kadm, ołów, arsen, rtęć, radionuklidy i tlenki węgla, siarki, azotu, chlorki, siarczany itp;
- fizyczne: hałas, mikroklimat, promieniowanie elektromagnetyczne, oświetlenie;
- biologiczne: pasożyty, wirusy, bakterie, grzyby;
- sytuacje nadzwyczajne: wstrząsy, katastrofy, awarie.

Jak wykazano w rozdziale 4.2., w tabeli 1, spalanie węgla kamiennego jest dominującym źródłem zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego. Ze spalania tego paliwa w 2013 r. pochodziło blisko 100 % całkowitej rocznej emisji dwutlenku siarki, 60 % tlenków azotu i 26 % emisji pyłów w Polsce. Także emisja metali ciężkich w znacznym stopniu (tab. 2) pochodzi ze spalania węgla kamiennego.

Kraje UE już teraz muszą stosować przepisy dyrektywy 2010/75/EU z dnia 24 listopada 2010 r. w sprawie emisji przemysłowych, która kompleksowo obejmuje problemy emisji wszystkich szkodliwych dla zdrowia substancji do powietrza, wód i gleb. W ramach tej dyrektywy państwa członkowskie będą musiały wzmocnić kontrolę emisji metali ciężkich, w tym także rtęci, szczególnie groźnej dla zdrowia człowieka. Niestety, w dorocznym raporcie PIOŚ o jakości powietrza brak jest jakiegokolwiek informacji o emisjach rtęci w Polsce. Rtęć nie ulega biodegradacji i bardzo długo utrzymuje się w środowisku, gromadząc się w łańcuchach troficznych i w znacznych stężeniach przedostając się do organizmu ludzkiego, toteż obniżenie poziomu rtęci w środowisku oraz zmniejszenie narażenia ludzi na kontakt z tym szkodliwym dla zdrowia pierwiastkiem jest koniecznym i pilnym działaniem. Koszty zdrowotne zanieczyszczenia rtęcią dla scenariusza zwiększonej kontroli emisji zostały oszacowane na 2,3 mld złotych⁷⁴. Natomiast całkowite koszty zanieczyszczenia rtęcią środowiska przyjęto jako czterokrotnie wyższe od kosztów zdrowotnych. Oszacowano je na 3,7 - 9 mld złotych rocznie. Wyniki analizy kosztów i korzyści pokazują, że korzyści dla życia i zdrowia człowieka z wdrożenia scenariusza wzmożonej kontroli emisji w Polsce przewyższyłyby koszty w całym okresie 2005-2020. W okresie po 2015 r. korzyści wynikające z redukcji emisji metali ciężkich i drobnego pyłu wynoszą 27,8 mld zł rocznie przy piętnastokrotnie niższych kosztach⁷⁵.

74 D. Panasiuk et al., *Analiza kosztów i korzyści...* [43]

75 Tamże.

Wymienione substancje to główne czynniki zanieczyszczające atmosferę. A przecież zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego odgrywa istotną rolę w etiologii chorób układu krążenia oraz występowaniu wysokiej zapadalności na te choroby. Uwidacznia się to w regionach o szczególnie wysokich stężeniach zanieczyszczeń, np. w województwie małopolskim i śląskim. Czynniki środowiskowe odgrywają także niechlubną rolę w etiologii nowotworów, zwłaszcza nowotworów sutka u kobiet⁷⁶. Występowanie chorób alergicznych i astmy u dzieci jest wyższe w rejonach o wysokim stopniu zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego. Badania populacyjne, dotyczące występowania astmy i chorób alergicznych u dzieci w województwie śląskim, prowadzone przez Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego w Sosnowcu, wykazały *istotny statystycznie związek pomiędzy poziomem stężeń zanieczyszczeń pyłowych i gazowych powietrza oraz występowaniem objawów spastycznych oraz astmy u dzieci*⁷⁷.

Kluczowym problemem w zakresie jakości powietrza jest narażenie mieszkańców zwłaszcza dużych aglomeracji na przekraczające normy stężenia pyłów. Według danych państwowego monitoringu powietrza z 2013 r., poważnym problemem w Polsce jest przekraczanie dopuszczalnych stężeń dobowych pyłów PM₁₀, aż w 36 z 46 wyznaczonych stref monitoringu. Tylko w woj. zachodniopomorskim, warmińsko-mazurskim, podlaskim, oraz w Trójmieście, i Zielonej Górze dopuszczalne stężenia dobowe nie zostały przekroczone. Główną przyczyną występowania przekroczeń dopuszczalnych poziomów pyłu PM₁₀ była emisja pyłu z indywidualnego ogrzewania budynków⁷⁸.

Szczególny niepokój, z uwagi na poważne skutki dla zdrowia ludzi powinny budzić wysokie stężenia frakcji pyłu PM_{2,5} (tj. pyłu o średnicy ziaren mniejszej niż 2,5 µm), który składa się z cząstek pochodzących zarówno z emisji pierwotnej, jak i z cząstek wtórnego aerozolu, powstającego w atmosferze w procesach z udziałem zanieczyszczeń gazowych (dwutlenku siarki, dwutlenku azotu, amoniaku, lotnych związków organicznych i trwałych związków organicznych). Cząstki stałe o niewielkich rozmiarach znajdujące się w atmosferze wnikają do układu oddechowego i krwionośnego ludzi, przyczyniając się do chorób płuc, układu krwionośnego, a także niektórych odmian nowotworów. Co szczególnie istotne w przypadku emisji PM_{2,5}, nie ma progu, poniżej którego nie stwierdza się negatywnego oddziaływania. Na obszarach o wysokich stężeniach pyłu PM_{2,5} stwierdzono znacznie zwiększoną zapadalność na astmę oskrzelową⁷⁹. Astma oskrzelowa z patofizjologicznego punktu widzenia jest przewlekłą chorobą zapalną; często prowadzi do chorób układu krążenia i niewydolności serca⁸⁰. Ocenia się, że nadmierna ekspozycja na emisję PM_{2,5} w Polsce powoduje średnie skrócenie życia o 6 lat⁸¹. Wskaźnik średniego narażenia na ekspozycję PM_{2,5}, czyli AEI (*Average Exposure Indicator*) w r. 2013 dla Polski wynosił 26 µg/m³. Z krajów członkowskich UE jedynie w Bułgarii był on wyższy. Polska znalazła się w grupie 7 państw, w których prze-

76 Tamże.

77 *Prognoza oddziaływania na środowisko...*[52].

78 *Ocena jakości powietrza...*[38].

79 *Prognoza oddziaływania na środowisko...*[52].

80 *Narodowy Program Zdrowia na lata 2007–2015...*[34].

81 A. Jagusiewicz, *Wyzwania wynikające z projektu dyrektywy w sprawie jakości powietrza...*[21].

kroczonego poziomu $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – określany jako pułap, który winien być osiągnięty do r. 2015 zgodnie z dyrektywą CAFE⁸².

Aby określić stopień zagrożenia zdrowia ludzi, stosuje się indeks jakości powietrza AQI (*Air Quality Index*) zdefiniowany przez Amerykańską Agencję Ochrony Środowiska dla stężeń dobowych pyłu $\text{PM}_{2,5}$. W 2013 r. w 5 województwach: kujawsko-pomorskim, lubelskim, lubuskim, warmińsko-mazurskim i zachodniopomorskim, wszystkie strefy zostały zakwalifikowane do klasy A indeksu, co oznacza, że dopuszczalny średnioroczny poziom stężeń nie został w nich przekroczony. Pozostały obszar kraju znalazł się w klasie C – przekroczeń dopuszczalnych stężeń.

Główną przyczyną takiej kwalifikacji były wyniki oceny dotyczącej pyłu PM_{10} i B(a)P (benzo(a)pirenu). Spośród 46 stref w kraju, do klasy C ze względu na benzo(a)piren w 2013 r. zaliczono 42. Ze względu na pył PM_{10} w klasie C znalazło się 36 stref. 24 strefy zaliczono do klasy C dla pyłu $\text{PM}_{2,5}$. Szczególny niepokój musi budzić poziom stężeń rakotwórczego benzo(a)pirenu, który w naszym kraju był w 2011 r. pięciokrotnie wyższy niż poziom dopuszczalny w UE⁸³. Wśród 91 krajów ujętych w bazie danych WHO⁸⁴, zawierającej informacje na temat zanieczyszczenia powietrza w 1100 miastach na świecie, Polska znajduje się na 56 pozycji najbardziej zanieczyszczonych państw świata pyłem zawieszonym PM_{10} i na 14 pozycji wśród 40 krajów europejskich objętych monitoringiem. Ponadto, wśród 362 miast europejskich ujętych w tej bazie danych, 15 polskich miast znajduje się w pierwszej setce miast najbardziej zanieczyszczonych pyłem PM_{10} . A największe w Europie stężenie pyłu $\text{PM}_{2,5}$ występowało w Zabrzu i w Krakowie.

82 *Stan środowiska w województwie śląskim...* [60].

83 *NIK Ochrona powietrza...*[39]

84 *Urban outdoor air pollution database*, WHO Department of Public Health and Environment, 2011, (http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/OAP_database.xls).

5 Gospodarka węglem brunatnym na świecie

Udokumentowane zasoby ekonomiczne (reserves) węgla brunatnego na Ziemi wynoszą 280 mld Mg, przede wszystkim w Rosji (90,7 mld Mg), Australii (44,2 mld Mg), Niemczech (40,3 mld Mg) i USA (30,6 mld Mg). Światowe wydobycie tego surowca energetycznego osiągnęło swoje apogeum w 1989 r. (1 250 mln Mg), by potem kolejno spadać przez całe lata dziewięćdziesiąte XX wieku (do poziomu 923,3 mln Mg w 1999 r.), i ponownie rosnać przez następne kilkanaście lat (do 1 056 mln Mg w 2013 r.). Największe europejskie złoża węgla brunatnego znajdują się w Niemczech, Polsce, Turcji, Grecji i w Czechach. Największym producentem węgla brunatnego, zarówno na świecie jak i w Europie pozostają Niemcy. Elektrownie wykorzystujące węgiel brunatny mają moc 20 769 MW_e, co stanowi nieco ponad 14 % mocy systemu elektroenergetycznego Niemiec.

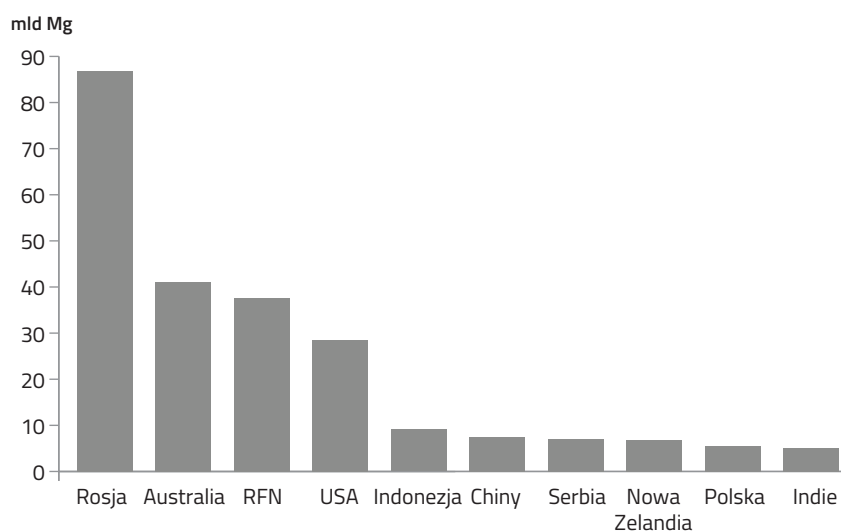
Węgiel brunatny jest słabiej uwęgloną odmianą węgla kamiennego, o zdecydowanie mniejszej wartości opałowej, najczęściej w przedziale 6,3 – 17,5 GJ/Mg. Zawartość siarki może osiągać 3 % a popielność 40 %. Zazwyczaj wyróżnia się dwie podstawowe odmiany węgla brunatnego⁸⁵:

- twardy węgiel subbitumiczny (*subbituminous coal*) o wartości kalorycznej 17,5 – 23,9 GJ/Mg,
- miękki węgiel – lignit (*lignite* lub *brown coal*) o wartości kalorycznej < 17,5 GJ/Mg.

Węgiel brunatny jest produktem procesu uwęglenia przebiegającego w okresie 15 – 190 mln lat. Miękkie węgle brunatne występujące w Polsce powstały w okresie 12 – 32 mln lat w warunkach niezbyt dużego ciśnienia (średnio pod przykryciem 30 – 300 m nadkładu) i nieznacznie tylko podwyższonej temperatury⁸⁶.

Udokumentowane zasoby ekonomiczne węgla brunatnego na Ziemi wynoszą 280 mld Mg, [16]. Według stanu na koniec 2013 r. największe zasoby węgla brunatnego [op.cit], znajdują się w Rosji - 90,7 mld Mg (32,4 % zasobów światowych), a potem kolejno w Australii – 44,2 mld Mg, Niemczech – 40,3 mld Mg i w USA – 30,6 mld Mg, (ryc. 19). Łączne zasoby opłacalne do wydobycia (*reserves*) w tych czterech krajach stanowią 73,5 % zasobów światowych.

Ryc. 19. Światowe zasoby ekonomiczne (*reserves*) węgla brunatnego – stan na koniec 2013 r.



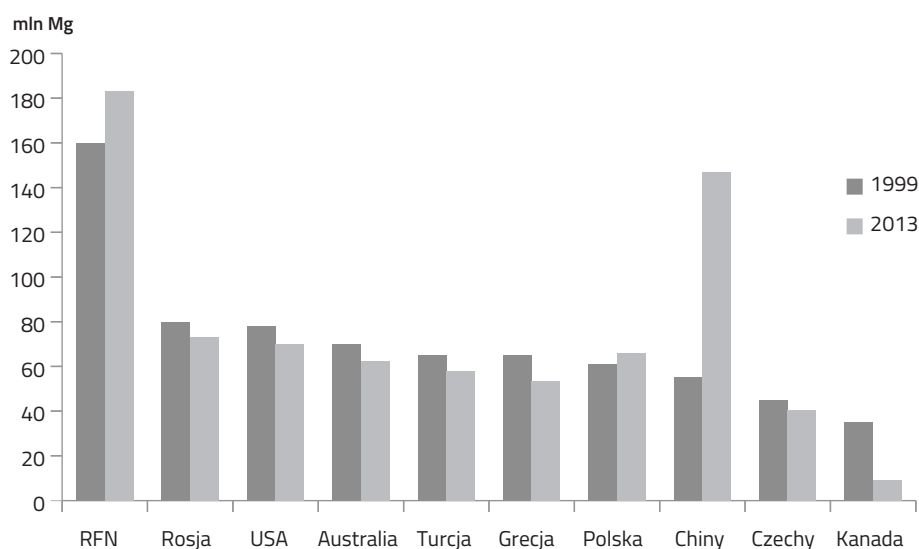
Źródło: BGR. Energy study 2014, *reserves, resources...*[16]

85 World Coal Institute. *The coal resource. A comprehensive overview of coal* www.worldcoal.org

86 Kasiński J.R., *Węgiel brunatny – czy w przyszłości podstawa bezpieczeństwa energetycznego Państwa?* Materiały Konferencji Bezpieczeństwo energetyczne kraju – czy poradzimy sobie sami? Geoportal www.pgi.gov.pl

Światowe wydobycie tego surowca energetycznego osiągnęło swoje apogeum na poziomie 1 250 mln Mg w 1989 r. W latach 1990 – 1999 zaznacza się silny trend spadkowy głównie spowodowany drastycznym ograniczeniem wydobycia w Niemczech, Czechach, Rosji, Rumunii i w mniejszym stopniu w Polsce. W 1999 r. światowe wydobycie osiągnęło minimum na poziomie 923,3 mln Mg, by w 2013 r. zwiększyć się do 1 056 mln Mg. W tym czasie wydobycie wzrosło w Chinach – o 92 mln Mg, w Niemczech – o 20 mln Mg i w Polsce – o 5,2 mln Mg. Wszystkie pozostałe kraje z grona 10 największych światowych producentów ograniczyły wydobycie, (ryc.20). Trzeba też odnotować, iż w Niemczech jeszcze w 1994 r. wydobycie węgla brunatnego wynosiło 207 mln Mg, do 1999 spadło o 36 mln Mg, by w kolejnych latach wzrastać do poziomu 187 mln Mg [16].

Ryc.20. Najwięksi producenci węgla brunatnego na świecie



Źródło: BGR. Energy study 2014, reserves, resources...[16]

Ogromne zasoby węgla brunatnego w Rosji znajdują się w głównych basenach węglowych Zachodniej Syberii. Węgiel brunatny jest także wydobywany w zagłębiu Donieckim, zagłębiu Peczory (Republika Komi) oraz w rejonie Irkucka.

W Australii prawie całość (97 %) krajowych zasobów węgla brunatnego znajduje się w dolinie Latrobe w stanie Wiktorja. Zasoby węgla brunatnego w USA koncentrują się w stanie Północna Dakota, gdzie funkcjonuje 5 kopalń odkrywkowych i na południu, w Teksasie i Alabamie. W południowym basenie węglowym czynnych jest 11 lokalizacji wydobycia.

Największe europejskie złoża węgla brunatnego znajdują się w Niemczech, Polsce, Turcji, Grecji i w Czechach. Wszystkie zawierają węgiel brunatny miękki. Największym producentem w Europie i na świecie są Niemcy (ryc.20.). Węgiel wydobywany jest w trzech zagłębiach: Reń-

skim (55 % wydobycia krajowego), Łużyckim (33 %), i Środkowoniemieckim (17 %). Ich zasoby ekonomiczne (*reserves*) wynoszą 40,3 mld Mg. Elektrownie wykorzystujące węgiel brunatny mają moc 20 769 MW_e co stanowi nieco ponad 14 % mocy systemu energoelektrycznego Niemiec.

Węgiel brunatny jest jedynym znaczącym surowcem energetycznym, jaki posiada Grecja. Zasoby (*reserves*) wynoszą 2,9 mld Mg, a zasoby geologiczne (*resources*) 3,5 mld Mg. Najważniejsze złoża znajdują się na północy, jak też na półwyspie Peloponez. Wydobytany węgiel jest niskokaloryczny (3,7 – 9,6 MJ/Mg), o znacznej popielności, lecz niskiej zawartości siarki (0,5 – 1,0 %). Łączna moc elektrowni zasilanych węglem brunatnym wynosi 5 300 MW_e co stanowi blisko 40 % zainstalowanej mocy wszystkich elektrowni w Grecji.

Złoża węgla brunatnego w Turcji są bardzo rozproszone - znajdują się aż w 37 miejscach. Zasoby ekonomiczne (*reserves*) to nieco ponad 2 mld Mg, a zasoby geologiczne to 11,6 mld Mg. Moc elektrowni opalanych tym węglem wynosi 6500 MW_e, co stanowi 1/5 mocy elektroenergetyki kraju.

Główne złoża węgla brunatnego w Czechach (*reserves* - 2,6 mld Mg) znajdują się Północnoczeskim zagłębiu u podnóża Gór Krušcwoych. Zagłębie to rozciąga się na przestrzeni 1 400 km² a pokłady o grubości 15 – 30 m zalegają do głębokości 400 m. Największe wydobycie (16 mln Mg/rok) osiągają dwie kopalnie odkrywkowe w rejonie Čsa i Vrřany. Kolejne dwie kopalnie w pobliżu Chomutov i Kadaň wydobywają 15 mln Mg rocznie. Trzecim obszarem wydobycia w regionie Północnoczeskim jest zagłębie Bilina. Wydobywa się tam ponad 9 mln Mg rocznie. Moc zainstalowana elektrowni opalanych węglem brunatnym wynosi 10 648 MW_e.

W Rumunii węgiel brunatny znajduje się w dwóch zagłębiach: Ploesti i Oltenia. Zasoby (*reserves*) wynoszą niespełna 0,28 mld Mg, a zasoby geologiczne (*resources*) to 9,6 mld Mg. W Rumunii funkcjonują 3 kompleksy górniczo-energetyczne eksploatujące węgiel brunatny. Moc zainstalowana w elektrowniach na węgiel brunatny wynosi 13 300 MW_e.

Także w sąsiedniej Bułgarii znajdują się złoża węgla brunatnego mające znaczenie dla energetyki kraju. Łączne zasoby (*reserves*) wynoszą 2,2 mld Mg. Większość wydobycia prowadzi się w kopalniach odkrywkowych, lecz funkcjonują także wyrobiska podziemne. Moc zainstalowana elektrowni wykorzystujących węgiel brunatny jako paliwo wynosi 3 370 MW_e wobec 11 395 MW_e mocy we wszystkich elektrowniach.

6 Gospodarka węglem brunatnym w Polsce

Całkowite geologiczne zasoby bilansowe węgla brunatnego w Polsce zgrupowane w 90 złożach, według stanu na koniec 2014 r. wynoszą 23,5 mld Mg. Zagospodarowane jest 9 złóż z zasobami przemysłowymi 1,482 mld Mg. Wydobycie węgla brunatnego w Polsce w 2014 r. wyniosło 64 mln Mg. Na przestrzeni ostatnich 20 lat wydobycie węgla brunatnego znacząco spadło - z 72 mln Mg w 1989 r. do 57 mln Mg w 2007 r., by później znów zacząć rosnąć, zwłaszcza po uruchomieniu nowego bloku 858 MW_e w elektrowni Bełchatów. Kolejne scenariusze rozwoju gospodarczego Polski, formułowane w ostatnich dekadach, przewidywały wydobycie węgla brunatnego na poziomie około 65 mln Mg rocznie w 2030 r. Dokument Polityka energetyczna Polski do 2030 r., przyjęty w 2009 r., zweryfikował te założenia, prognozując wydobycie węgla brunatnego w 2020 r. o ponad 8 mln Mg niższe niż w 2010 r., a w 2030 r. będzie to poniżej 60 mln Mg. Prognozy częściowe, służące jako materiał wyjściowy dla opracowywanej właśnie Polityki Energetycznej Polski do roku 2050 przewidują stopniowy regres mocy zainstalowanej w elektrowniach opalanych węglem brunatnym z 8350 MW_e obecnie do 1372 MW_e w 2050 r., a także wyczerpanie zasobów w większości czynnych kopalń już do 2040 r. Wyjątkiem pozostaną tylko dwie odkrywki: Turów i Szczerców, w których możliwe będzie roczne wydobycie rzędu 20 – 30 mln Mg. W tej sytuacji Polska staje przed alternatywą: stopniowa rezygnacja z energetyki opartej na węglu brunatnym lub budowa nowych kopalni odkrywkowych. Wieloaspektowa analiza geologiczna, ekonomiczna, środowiskowa i społeczna złóż nieudostępionych wykazuje, że do zagospodarowania nadaje się zaledwie 5 złóż głównych z 41 potencjalnie rozważanych lokalizacji. Łączne geologiczne zasoby bilansowe w tych złożach wynoszą 3,08 mld Mg, przeliczone na poziom zasobów do wydobycia, po odliczeniu strat eksploatacyjnych (w praktyce 28 %) „kurczą się” do 2,2 mld Mg. Biorąc pod uwagę całkowite koszty budowy i funkcjonowanie elektrowni na węgiel brunatny wielkość zasobów stawia pod znakiem zapytania rentowność takich projektów inwestycyjnych.

W granicach Polski najstarszym rejonem wydobycia węgla brunatnego jest obszar Niecki Żyrowskiej, położony w górnym biegu Nysy Łużyckiej na pograniczu Polski, Niemiec i Czech. Już w XVII stuleciu miejscowa ludność zwróciła uwagę na pożary brunatnych wychodni skał, a w 1740 r. podjęto tam wydobycie, które trwa do dnia dzisiejszego. Do końca XIX wieku istniało w tym rejonie ponad 100 niewielkich kopalń podziemnych. W 1905 r. powstała pierwsza duża kopalnia odkrywkowa pod nazwą „Herkules” (dziś „Turów”).

Pod koniec lat sześćdziesiątych ubiegłego stulecia w Polsce rozpoczęto budowę wielkich elektrowni „Adamów”, „Pątnów” i „Turów”. Równolegle zostają udostępnione wielkoskalowe odkrywki: „Adamów”, „Konin”, „Turów”. W 1977 r. rozpoczęto na ziemi łódzkiej budowę kopalni odkrywkowej „Bełchatów”. W latach osiemdziesiątych była to największa na świecie kopalnia odkrywkowa. Od 1981 r. kopalnia ta zaopatruje w węgiel brunatny największą polską elektrownię, której moc dziś wynosi 5342 MW. Oprócz wymienionych odkrywkowych kopalni funkcjonuje na Ziemi Lubuskiej jedna niewielka kopalnia podziemna „Sieniawa”.

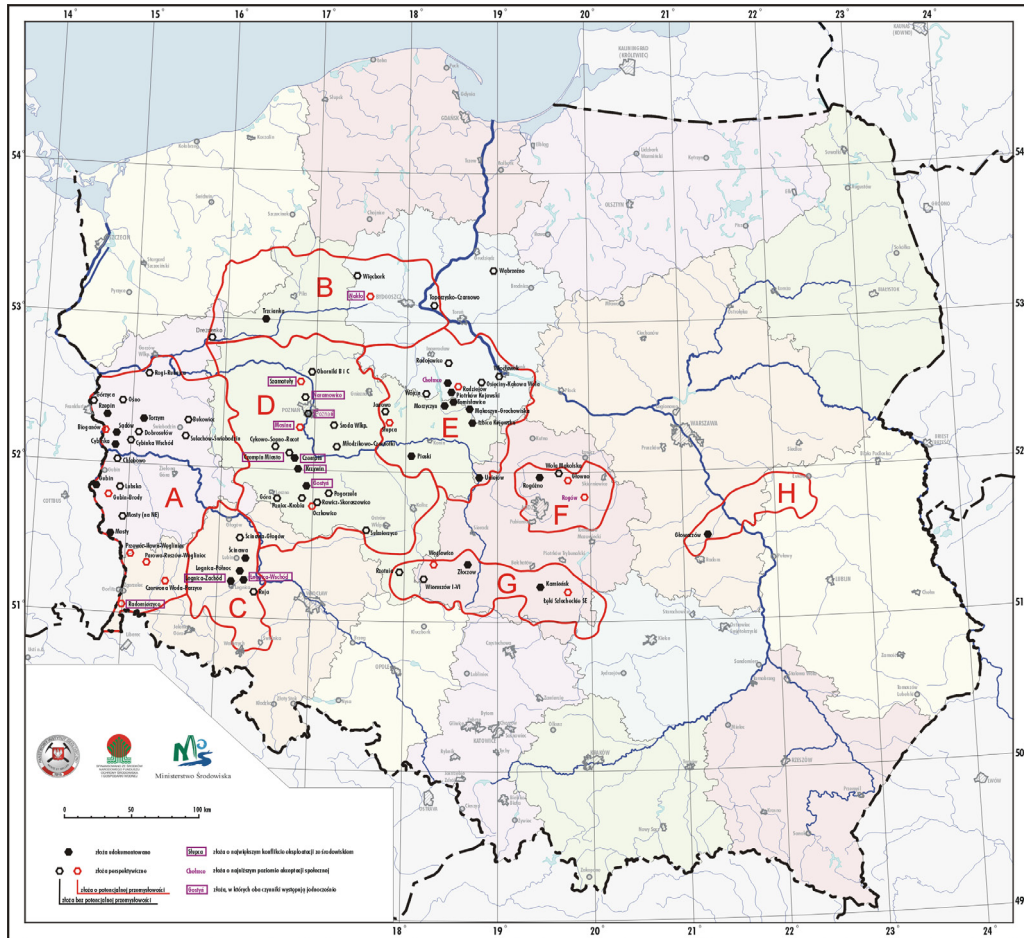
6.1. Analiza stanu zasobów węgla brunatnego z podziałem na główne regiony wydobywcze

W Polsce dominują złoża miękkiego węgla brunatnego typu ksylitowo – ziemistego o niskiej wartości opałowej 7 – 11 GJ/Mg. Zatem według powyższej klasyfikacji są to lignity. Ponadto, nasze złoża cechują się zróżnicowanym składem substancji organicznych i mineralnych, i sporą zmiennością zawartości siarki – od 0,2 do 1,2 %. Charakterystyczna jest także duża zawartość wody w eksploatowanych pokładach węgla, przekraczająca 50 % objętości, oraz popielność rzędu 6 – 12 %, [23].

Całkowite geologiczne zasoby bilansowe węgla brunatnego w Polsce zgrupowane w 90 złożach, według stanu na koniec 2014 r. wynoszą 23,5 mld Mg. Udostępniono 9 złóż z zasobami przemysłowymi 1,482 mld Mg (ryc.21.). Zgodnie z zasadami określonymi prawem⁸⁷ geologiczne zasoby bilansowe złóż węgla brunatnego dokumentowane są do maksymalnej głębokości spągu złoża wynoszącej 350 m, przy minimalnej miąższości węgla brunatnego w pokładzie – 3 m oraz maksymalnym stosunku grubości nadkładu do miąższości złoża równym 12:1. Węgiel brunatny powinien charakteryzować się minimalną średnią ważoną wartością opałową w pokładzie (wraz z przerostami) równą 6,5 MJ/kg (przy wilgotności 50 %).

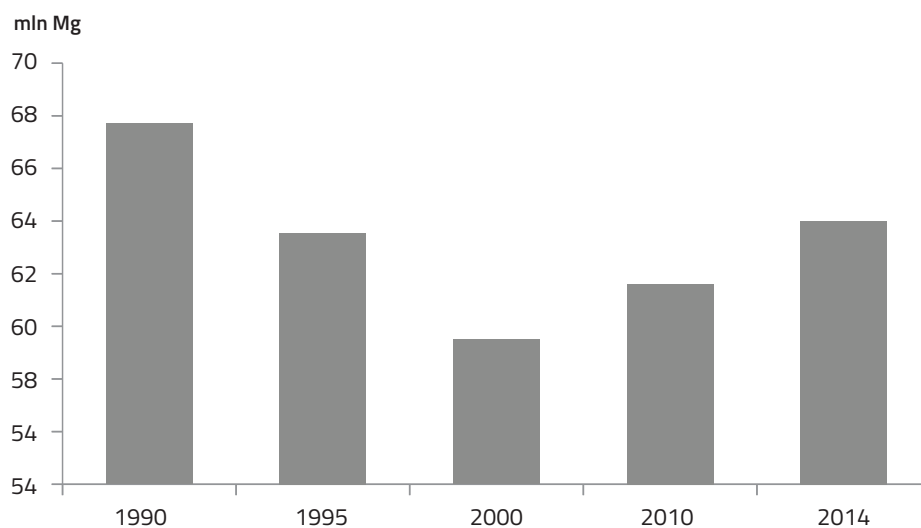
87 Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie dokumentacji geologicznej złoża z dnia 22 grudnia 2011 r., Dz.U. 291, poz.1712

Ryc.21. Złóża węgla brunatnego w Polsce



Wydobycie węgla brunatnego w Polsce w 2014 r. wyniosło 64 mln Mg. Dwie trzecie wydobycia kopalnia Bełchatów. Węgiel prawie w całości zostaje zużyty w sąsiednich elektrowniach. Na przestrzeni ostatnich 20 lat wydobycie węgla brunatnego znacząco spadło - z 72 mln Mg w 1989 r. do 57 mln Mg w 2007 r. (ryc.22.), by znów wzrastać, zwłaszcza po uruchomieniu nowego bloku 858 MW_e w elektrowni Bełchatów.

Ryc.22. Wydobycie węgla brunatnego w Polsce w latach 1990 - 2014.



Źródło: Bilans Zasobów Kopalin – stan na 31 XII 2014. PIG-PIB,[4]

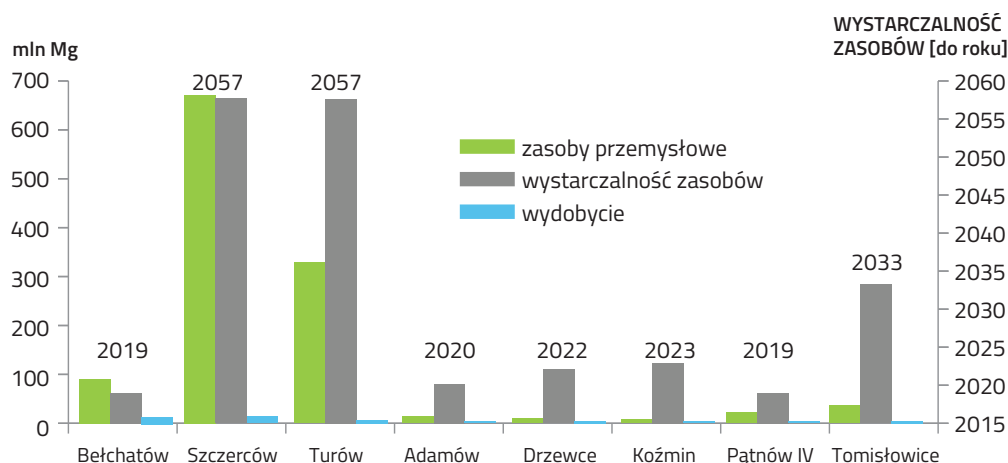
Wszystkie scenariusze rozwoju gospodarczego Polski, formułowane przez kolejne rządy, przewidywały wydobycie węgla brunatnego na poziomie około 65 mln Mg rocznie w 2030 r. Polityka energetyczna Polski (PEP) do 2030 r. przyjęta przez rząd w listopadzie 2009, uwzględniająca regulacje UE w zakresie pakietu energetyczno-klimatycznego zrewidowała dotychczasowe założenia w zakresie zapotrzebowania na paliwa. W tym dokumencie prognozuje się, że wydobycie węgla brunatnego w 2020 r. będzie o ponad 8 mln Mg niższe niż w 2010 r. Co dalej? *„ze względu na stopniowe wyczerpywanie się zasobów węgla brunatnego w obecnie eksploatowanych złożach, planowane jest w horyzoncie do 2030 r. przygotowanie i rozpoczęcie eksploatacji nowych złóż. Z tego względu konieczne jest zabezpieczenie dostępu do zasobów strategicznych węgla, m.in. poprzez ochronę obszarów ich występowania przed dalszą zabudową infrastrukturalną nie związaną z energetyką i ujęcie ich w koncepcji zagospodarowania przestrzennego kraju, miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego oraz długookresowej strategii rozwoju⁸⁸.*

Wobec przyjętych przez Radę UE w październiku 2014 r. celów polityki energetyczno-klimatycznej do 2030 r., a zwłaszcza 40 % redukcji emisji gazów cieplarnianych (szczegółowe omówienie w rozdz.4), powyższe założenia PEP 2030 wydają się być nierealistyczne. Projekt PEP 2050 przedstawiony przez Ministerstwo Gospodarki do publicznej dyskusji w sierpniu 2015 r. w scenariuszu „zrównoważonym” przewiduje budowę nowych kopalń (prawdopodobnie węgla brunatnego?). Sprawia zatem wrażenie, jakby został sporządzony co najmniej rok wcześniej, gdyż nie uwzględnia postanowień Rady UE z jesieni 2014 r. Cel 40 % redukcji emisji

88 Polityka Energetyczna Polski do 2030 r. Uchwała Rady Ministrów 2009, [47]

CO₂ w 2030 r. wobec poziomu z 1990 r. oznacza dla Polski zmniejszenie emisji o 186 mln Mg rocznie. Jednocześnie spadek rocznego wydobycia węgla brunatnego wskutek wyczerpywania się złóż (ryc.23.) zmniejszy emisję CO₂ o zaledwie 14 mln Mg.

Ryc.23. Wydobycie węgla brunatnego w 2014 r. w poszczególnych odkrywkach, zasoby przemysłowe oraz wystarczalność.

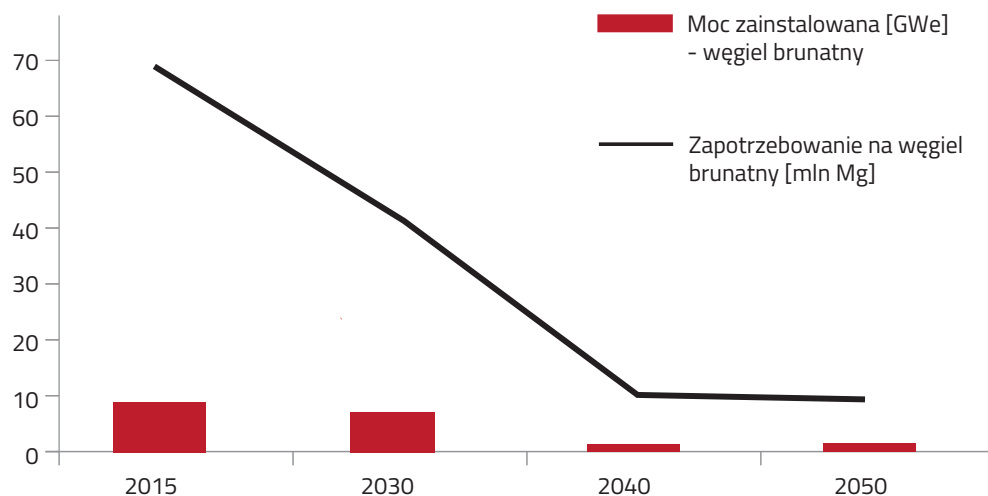


Opracował autor na podstawie danych Bilansu Zasobów Kopalni – stan na 31 XII 2014, PIG-PIB, [4]

Kopalnia Bełchatów, to w rzeczywistości dwie odkrywki: Bełchatów, Szczerców. Wcześniej wybrano złożę w odkrywce Kamieńsk. Odkrywka Bełchatów mimo posiadania sporych jeszcze zasobów przemysłowych (ryc.23.), z powodu ogromnego wydobycia ma wystarczalność ograniczoną do 2019 r.. Kopalnia odkrywkowa Szczerców zakończy wydobycie w 2057 r. Dla zaopatrzenia w węgiel elektrowni Bełchatów po 2033 r., planowane jest udostępnienie złoża Złoczew położonego 60 km od elektrowni. Przed 2030 rokiem wyczerpią się także zasoby w odkrywkach Adamów, Drzewce, Koźmin, Pątnów IV. Jednakże zmodernizowane elektrownie, takie jak Pątnów dalej potrzebować będą paliwa.

Prognoza Krajowej Agencji Poszanowania Energii [53] sporządzona jako materiał wyjściowy dla PEP 2050 pokazuje stopniowy regres mocy zainstalowanej w elektrowniach opalanych węglem brunatnym (ryc.24), z 8350 MW_e obecnie do 1372 MW_e w 2050 r. Główne powody to wyeksploatowanie bloków wybudowanych w latach 2000 – 2010. Większość czynnych obecnie kopalń w 2040 r. wyczerpie zasoby (ryc.23). Pozostaną tylko dwie odkrywki: Turów i Szczerców, w których możliwe będzie roczne wydobycie rzędu 20 – 30 mln Mg. Czy zatem gospodarka potrzebuje budowy nowych gigantycznych kompleksów górniczo – energetycznych Gubin – Brody i Legnica?

Ryc.24. Prognoza zapotrzebowania energetyki na węgiel brunatny.



Opracował autor na podstawie Prognozy KAPE SA – 2013, PEP 2050 (projekt wersja 0.6), [53]

Hurraoptymistyczne prognozy niektórych ekspertów głoszą, że posiadamy zasoby węgla brunatnego na 300 lat wytwarzania energii. Ten dalece uproszczony obraz uzyskuje się dzieląc geologiczne zasoby bilansowe (szerzej opisano problem klasyfikacji zasobów w rozdz. 3.1.) przez wielkość aktualnego rocznego wydobycia, bez uwzględnienia kryteriów ekonomicznych, środowiskowych i społecznych, o stratach eksploatacyjnych nie wspominając.

W dalszych rozważaniach o realnych zasobach węgla brunatnego kluczową jest pionierska praca z zakresu waloryzacji złóż węgla brunatnego⁸⁹. Autorzy, M.Piwocki i J.Kasiński, przez dziesiątki lat pracy naukowej w PIG-PIB zajmowali się złożami węgla brunatnego. W wieloaspektowej analizie ekonomicznej uwzględnili kryteria ilościowe jak: wielkości zasobów, głębokość spągu złoża, miąższość nadkładu. W grupie podstawowych kryteriów jakościowych uwzględniono chemiczno-technologiczne własności węgla: popielność, wartość opałową, zawartość siarki, zawartość alkaliów ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$), wilgotność naturalną, warunki hydrogeologiczne i geologiczno-inżynierskie oraz wiele innych cech dodatkowych. Prowadzone badania i praktyka wykazały, że podstawowym składnikiem kosztów eksploatacji jest koszt zdejmowania nadkładu, osiągający 75 % kosztów wydobycia. Z tego też powodu granicznym kryterium przemysłowości złoża jest wartość kubaturowego współczynnika nadkładu 1:12.

W dyskusji wyników analizy ekonomicznej autorzy stwierdzają: *..można uznać za udowodnione, że w warunkach gospodarki rynkowej podstawowym kryterium waloryzacji jest kryterium*

89 Kasiński J.R., Piwocki M., Mazurek S. *Waloryzacja i ranking złóż węgla...*[23]

opłacalności wydobycia. I dalej: ...kryterium to może posłużyć do eliminacji znacznej grupy złóż węgla brunatnego, na pozór istotnej zarówno pod względem liczebności jak i pod względem reprezentowanych zasobów węgla. Powyższe konstatacje wydają się oczywiste, lecz w ministerstwach nadzorujących górnictwo węgla kamiennego nadal nie są przyjmowane do wiadomości (patrz scenariusz węglowy projektu PEP 2050).

Autorzy w wyniku analizy ekonomicznej ustalili ranking 41 złóż głównych. W kolejnym kroku dokonali waloryzacji sozologicznej, której podstawą oceny były macierze przyczynowo – skutkowe wpływu inwestycji na środowisko. W efekcie szczególnie duży konflikt ze środowiskiem wykazało 25 % złóż potencjalnie możliwych do zagospodarowania. Są to złoża w systemie rowów wielkopolskich: rów Nakło–Więcbork, niecka bersdorfsko–radomierzycka, oraz kompleks złóż legnickich. Niektóre powinny być wykluczone ze względu na lokalizację pod miastami, np. Czempin Miasto, Naramowice, Słupca, lub na obszarze Wielkopolskiego Parku Narodowego (złożo Mosina). Inne ze względu na ochronę gruntów rolnych o wysokiej klasie bonitacji jak np. Czempin, Gostyń, Krzywiń. Z powodu poważnego konfliktu ze środowiskiem wyłączone z rozważań o przyszłej eksploatacji, zdaniem autorów winny być złoża: Nakło, Szamotuły, Radomierzyce, Legnica Wschód i Legnica Zachód.

W rezultacie spośród 41 złóż spełniających kryteria ekonomiczne w sumie co najmniej 12 należało odrzucić z powodu *niezwykle wysokiego poziomu konfliktu potencjalnej eksploatacji ze środowiskiem*, [op.cit.]. Także 16 innych lokalizacji złóż jest w poważnym konflikcie ze środowiskiem i były analizowane w kolejnym kroku warunkowo.

W waloryzacji socjalnej wyznaczono 3 grupy czynników:

- a) działające na rzecz rozwoju wydobycia, (wysoki poziom bezrobocia, obecność przemysłu wydobywczego, plany zagospodarowania przestrzennego);
- b) mogące oddziaływać pozytywnie lub negatywnie na górnictwo, (poziom zamożności gminy, wskaźnik uprzemysłowienia);
- c) działające przeciwko rozwojowi wydobycia węgla brunatnego, (gęstość zaludnienia, atrakcyjność dla turystyki i rekreacji, specjalny charakter produkcji rolnej).

Ponadto, oceniano poziom akceptacji społecznej dla planowanych inwestycji. Po waloryzacji socjalnej autorzy wyeliminowali kolejnych 6 złóż, słusznie zastrzegając jednak zmienność opinii społecznej w kwestii budowy kopalni odkrywkowej i elektrowni na danym terenie. Przykładem mogą być społeczności gmin Gubin i Brody, które w 2006 r. wyrażały (zdaniem autorów) bezwarunkową aprobatę, a w 2013 r. 70 % mieszkańców w referendum było przeciwnych inwestycji. Reasumując, po przeprowadzeniu waloryzacji ekonomicznej, środowiskowej i społecznej perspektywiczne pozostały 24 złoża, spełniające w przybliżeniu kryteria omówionej powyżej analizy (tab.3.).

Tab.3. Złóża węgla brunatnego najkorzystniejsze pod względem złożowym do przyszłej eksploatacji

| Lp | Nazwa złoża | Zasoby bilansowe [mln Mg] | Lp | Nazwa złoża | Zasoby bilansowe [mln Mg] |
|----|-----------------------------|---------------------------|----|---------------------------------|---------------------------|
| 1 | Gubin | 1050,8 | 13 | Piotrków Kujawski ⁹⁰ | 22,5 |
| 2 | Rogóżno | 772,8 | 14 | Węglewice | 50,4 |
| 3 | Gubin - Brody ⁹¹ | 1934,3 | 15 | Parowa - Ruszów - Węgliniec | 36,1 |
| 4 | Złoczew | 485,6 | 16 | Uniejów | 40 |
| 5 | Trzcianka | 610,2 | 17 | Toporzysko - Czamowo | 29,3 |
| 6 | Piaski | 103,6 | 18 | Torzym ⁹² | 1005,5 |
| 7 | Głowaczów | 76,3 | 19 | Bieganów | 38,9 |
| 8 | Czerwona Woda - Parzyce | 42,4 | 20 | Mąkoszyn - Grochowiska | 48,8 |
| 9 | Łąki Szlacheckie SE | 49,8 | 21 | Morzyczyn | 26,1 |
| 10 | Mosty | 381,1 | 22 | Radziejów | 52,4 |
| 11 | Wąbrzeźno | 34,6 | 23 | Przewóz - Iłowa - Węgliniec | 22,9 |
| 12 | Tomisławice | 54,9 | 24 | Głowno | 37,4 |

Źródło: J.R.Kasiński, S.Mazurek, M.Piwocki, [23]

Łączne zasoby bilansowe w tych złożach wynoszą 5 241,2 mln Mg, a przeliczone na poziom zasobów ekonomicznych do zagospodarowania (*reserves*) wyniosą 3,7 mld Mg. Jednakże większość z tych złóż ma lokalne znaczenie gospodarcze. Jedynie Mosty, Trzcianka, Złoczew⁹³, Rogóżno i Gubin o łącznych zasobach bilansowych 2,6 mld Mg mogą być traktowane jako perspektywiczne. Po odliczeniu strat eksploatacyjnych (w praktyce 28 %) możliwe jest energetyczne wykorzystanie 1,87 mld Mg. Pełna ocena możliwości zagospodarowania byłaby możliwa po dokładniejszym rozpoznaniu geologicznym. Pewność oceny wartości złoża jest bardzo niska [23], szczególnie w przypadku węgla brunatnego, którego parametry złożowe jak i jakościowe są bardzo zmienne. Obecny stan rozpoznania ilustruje ryc.25. Zgodnie z międzynarodowymi standardami np. UNFCR złoża rozpoznane wstępnie w kategorii C2 i D odpowiadają etapowi badań geologicznych (*geological study*), co nie daje podstaw do wyznaczania zasobów do zagospodarowania (*reserves*).

W Polsce geologiczne zasoby bilansowe rozpoznane wstępnie stanowią 3/4 całości udokumentowanych zasobów węgla brunatnego. Zasoby w złożach rozpoznanych wstępnie nie

90 Autorzy J.R.Kasiński et al. [23] postulują skreślenie tego złoża.

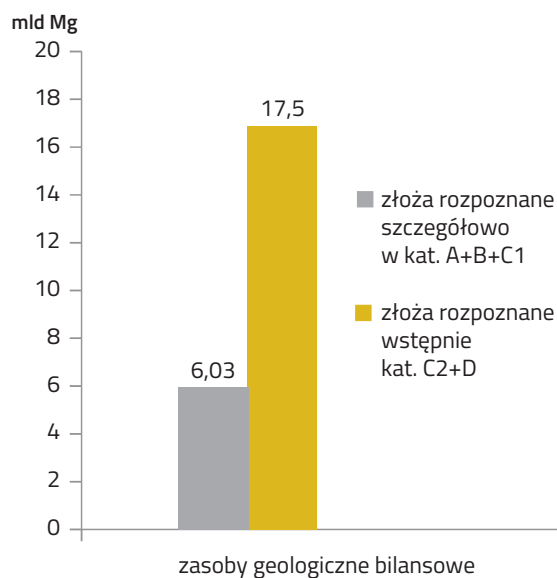
91 W przypadku tego złoża obecnie brak jest akceptacji społecznej dla budowy odkrywki i elektrowni.

92 Złoże z powodu dużej miąższości nadkładu (160 m) nieopłacalne do wydobycia, J.R.Kasiński et al. [23]

93 Złoże przewidziane jako rezerwowe dla elektrowni Bełchatów

mogą być traktowane jako dające podstawę do wysuwania wniosków o wielkości posiadanych paliw kopalnych, co rzutować może na kształt polityki energetycznej Państwa na dziesiątki lat.

Ryc.25. Szczegółowość rozpoznania złóż niezagospodarowanych według zasobów geologicznych bilansowych – stan na koniec 2014 r..



Źródło: Bilans Zasobów Kopalin, PIG-PIB, 2015, [4]

6.2. Aspekty ekonomiczne wydobycia i spalania węgla brunatnego w Polsce.

Złóża węgla brunatnego cechują się bardzo dużą zmiennością właściwie wszystkich podstawowych parametrów geologicznych i chemiczno–technologicznych. W tabeli 4 zestawiono parametry złóż wytypowane jako perspektywiczne (rozdz.6.1.).

Tab.4. Podstawowe parametry geologiczne i jakościowe niektórych niezagospodarowanych złóż węgla brunatnego w Polsce

| Lp | Nazwa złoża (R – rozpoznane szczegółowo, P – rozpoznane wstępnie) | Zasoby bilansowe koniec 2014 r. [mln Mg] | Miąższość węgla [m] | Głębokość spągu złoża [m ppt] | Grubość nadkładu [m] | Wartość opałowa [kcal/kg] | Popielność [%] | Średnia zawartość siarki [%] | Wartość złoża wg J.R.Kasiński et al.,[23], 2006 [mln zł] |
|----|---|--|---------------------|-------------------------------|----------------------|---------------------------|----------------|------------------------------|--|
| 1 | Gubin (R) | 1577,5 | 10,9 | 83,7 | 72,8 | 2240 | 12,86 | 1,42 | 31701 |
| 2 | Rogóżno (P) | 419,1 | 18,7 | 104,5 | 85,8 | 2241 | 24,54 | 3,79 | 16997 |
| 3 | Złoczew (R) | 611,9 | 51,4 | 266,6 | 215,2 | 1968 | 21,29 | 2,14 | 7357 |
| 4 | Trzcianka (R) | 300,1 | 4,2 | 45,9 | 41,7 | 2004 | 23,07 | 1,84 | 2411 |
| 5 | Mosty (P) | 175,4 | 9,1 | 82,7 | 73,6 | 2219 | 17,19 | 1,63 | 1134 |
| 6 | Torzym (P) ⁹⁴ | 843,9 | 21,4 | 180,8 | 159,4 | 2270 | 16,8 | 1,81 | 314 |

Źródło: Bilans Zasobów Kopalni, PIG-PIB [4], Kasiński J.R. et al.,Waloryzacja i ranking...[23]

O ekonomicznej wartości złoża decydują zasoby, miąższość pokładów, ale przede wszystkim grubość nadkładu koniecznego do zdjęcia przed eksploatacją pokładów węglowych [10]. Dobrym przykładem jest złożo Torzym (tab.2), którego wartość jest niewielka (314 mln zł) mimo znacznych zasobów, gdyż udostępnienie złoża wymaga zdjęcia blisko 160 m nadkładu. Dla przypomnienia, podstawowym składnikiem kosztów eksploatacji złoża jest koszt zdejmowania nadkładu stanowiący 75 % całości kosztów [23]. Dodatkowo głębokość odkrywki poważnie wpływa na koszty odwodnienia. A trzeba pamiętać, że zwykle w złożach węgla brunatnego woda wypełnia 50 % objętości węgla. Koszty odwodnienia złoża w fazie przygotowania do zagospodarowania i w czasie eksploatacji stanowią 20 - 30 % całości kosztów udostępnienia złoża, [op.cit]. Koszty wydobycia kopaliny ze złoża obliczone na podstawie

94 Złożo Torzym autor umieścił w tabeli dla porównania iż mimo dużych zasobów bilansowych, wartość złoża jest niewielka z powodu wysokich kosztów zdejmowania nadkładu (160 m miąższości).

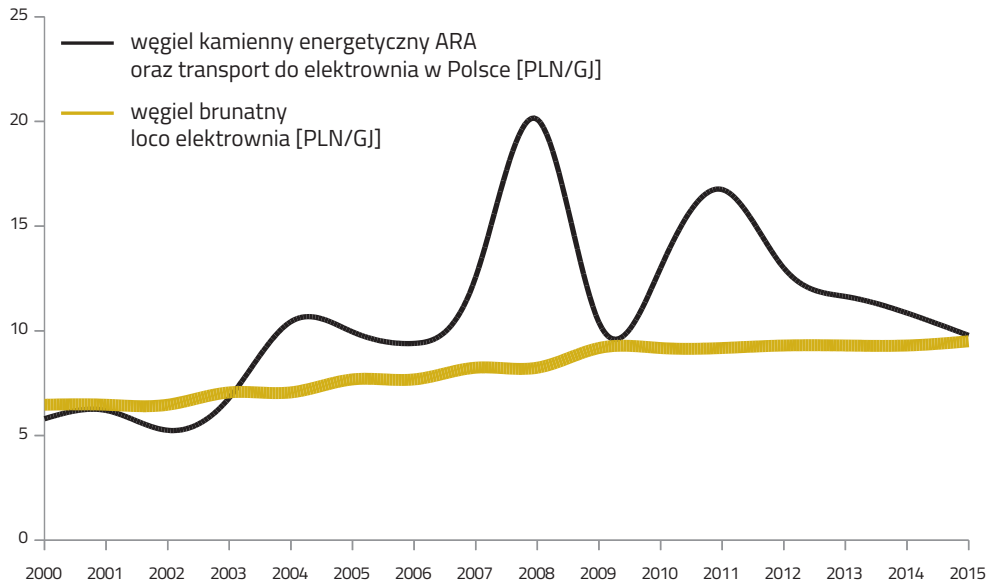
danych z lat 2006 – 2008 z wszystkich kopalń węgla brunatnego zawierają się w przedziale 55 – 60 zł/Mg, [10].

Węgiel brunatny nie jest towarem rynkowym jako, że blisko 100 % jest dostarczane do pobliskiej elektrowni, a cena sprzedaży to zasadniczo forma rozliczenia podmiotów wewnątrz grupy energetycznej. Nie oznacza to jej dowolnego kształtowania, bowiem energia elektryczna jako produkt końcowy jest towarem na konkurencyjnym rynku, a w kosztach produkcji w elektrowniach opalanych węglem brunatnym jak i kamiennym, koszt paliwa stanowi około 50%. W uproszczeniu cena sprzedaży to koszt wydobycia plus marża, jednak nie wyższa niż 10 %.

W kontekście cen sprzedaży węgla brunatnego i otwarcia rynku odbiorców energii elektrycznej należy zauważyć dwa interesujące fakty: spadek cen energii i szybko rosnącą produkcję z OZE. W 2013 r. średnia cena sprzedaży energii elektrycznej na rynku konkurencyjnym wyniosła 181,55 zł/MWh, natomiast w 2014 r. spadła do 163,58 zł/MWh. W 2014 r. produkcja energii z węgla brunatnego była mniejsza o 4,82 % niż w roku poprzednim. Z kolei bardzo dynamicznie rośnie produkcja z OZE, głównie z siłowni wiatrowych - o 23,38 %, oraz z gazu - o blisko 4 %, [55].

Dość często w poważnych opracowaniach naukowych można przeczytać, iż koszt wytworzenia energii elektrycznej z węgla brunatnego jest niższy o 50 % niż z węgla kamiennego. Otóż jest to prawda pod warunkiem, że cena węgla energetycznego na rynku światowym przekracza 85 USD/tce, (ryc.26). A na przestrzeni ostatnich 40 lat taka sytuacja zdarzyła się jedynie w latach 2007 – 2013. W latach 2014 – 2015 cena węgla energetycznego spadła do poziomu 50 – 60 USD/tce. Autor przewiduje (rozd.3.6) utrzymanie się cen na niskim poziomie. To oznacza, że koszt węgla brunatnego potrzebnego do wytworzenia energii będzie zbliżony, lub nieco wyższy od kosztów węgla kamiennego importowanego z ARA wraz z transportem. A zatem granicą „konkurencyjności” węgla brunatnego jest cena węgla kamiennego na rynku ARA 53 USD/tce plus koszty transportu do elektrowni w centrum Polski (ryc.26.). We wrześniu 2015 r. 1 GJ energii z węgla brunatnego (przy średniej cenie 80 zł/Mg) kosztował 9,4 zł i był nieco wyższy od ceny 1 GJ energii z węgla kamiennego przy cenie ARA 52 -54 USD/tce plus transport do Polski.

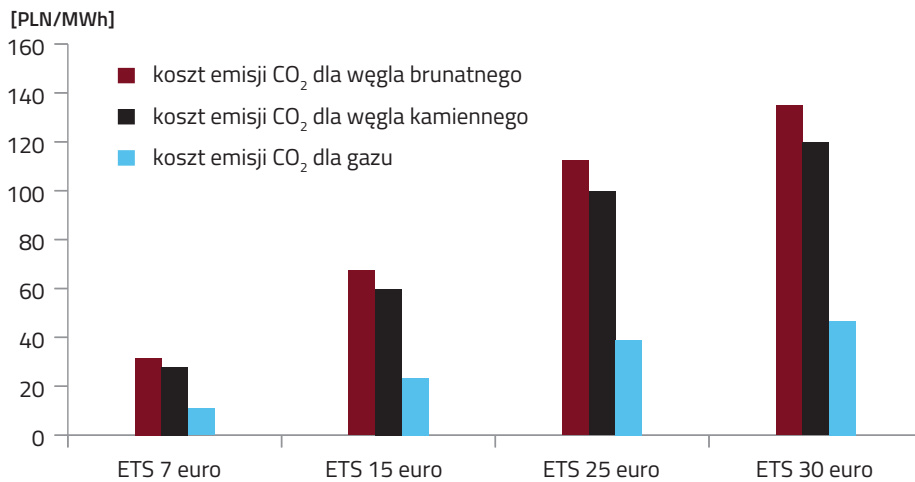
Ryc.26. „Konkurencyjność” węgla brunatnego względem węgla kamiennego energetycznego



Opracowanie autora z wykorzystaniem danych BP Statistical...[6], Czopek K., Trzaskuś – Żak B., Koszty i ceny węgla brunatnego...[10]

I wreszcie jest jeszcze jeden problem – emisja CO₂ ze spalania węgla brunatnego jest o co najmniej 13 % wyższa (109,76 kg/GJ) niż ze spalania węgla kamiennego (95 kg/GJ). Wzrost cen uprawnień do emisji w systemie ETS oznacza problemy dla energetyki wykorzystującej oba rodzaje węgla, (ryc.27).

Ryc.27. Projekcja kosztu emisji CO₂ dla elektrowni węglowych i gazowych przy różnych cenach uprawnień emisyjnych w systemie ETS.



Źródło: obliczenia własne autora.

Ceny uprawnień powyżej 10 euro powodują konieczność obniżenia technicznych kosztów wytwarzania energii elektrycznej z węgla brunatnego o co najmniej 20 % dla utrzymania atrakcyjności na konkurencyjnym rynku.

W porównaniach kosztów wytwarzania energii elektrycznej w różnych technologiach pomijany jest koszt zewnętrzny wydobycia i spalania węgla brunatnego. Metodyka analizy kosztów i korzyści została w ogólnym zarysie przedstawiona w rozdz.3.5. W odniesieniu do użytkowania węgla brunatnego brak jest metodyki szacowania kosztów zewnętrznych związanych z budową i eksploatacją kopalń. Niekompletny jest także szacunek kosztów związanych z procesem energetycznego spalania, [28]. Jednakże oszacowane koszty zewnętrzne dla emitowanych zanieczyszczeń gazowych [op.cit.], mimo braku kalkulacji kosztów takich negatywnych skutków jak składowanie odpadów czy zanieczyszczenia wód podziemnych, ujawnia problem dla ewentualnej budowy elektrowni wykorzystujących złoża węgla brunatnego Gubin czy Legnica. Kolejny raz zauważmy, iż koszty zewnętrzne nie są uwzględniane w rachunku ekonomicznym wytwórców energii, lecz będą ponoszone przez innych uczestników rynku. Zwłaszcza przez społeczeństwo, gdyż w strukturze tych kosztów dominują koszty. Mniejsza część dotyczy zniszczeń materiałowych, spadku plonów i utraty bioróżnorodności. Funkcjonowanie technologii tradycyjnej o mocy 4600 MW bez instalacji CCS, spełniającej standardy emisyjne obowiązujące po 2015 r., lecz tylko w granicach norm, generuje koszty zewnętrzne na poziomie około 5 mld zł/rok. *Funkcjonowanie tej samej technologii, jednak przy zachowaniu ostrzejszych standardów emisyjnych (dane za projektem NEEDS⁹⁵ dla typowej technologii referencyjnej) oznacza koszty rzędu 3.8 mld zł/rok. Technologia oxy-fuel pozwala zminimalizować niekorzystny wpływ zanieczyszczeń gazowych do poziomu 0.7 mld zł/rok. [28].* W okresie funkcjonowania (40 lat) jednej planowanej (Gubin) lub dwóch elektrowni (Gubin, Legnica), każda o mocy 4600 MW_e koszty zewnętrzne tylko w odniesieniu do emisji wyniosą od 28 – 200 mld zł. Zastąpienie tych elektrowni źródłami OZE jest możliwe, co pokazuje przykład *Energiewende* w Niemczech, gdzie źródła fotowoltaiczne i wiatrowe produkują już rocznie więcej energii niż Polska zużywa.

95 NEEDS [35]

7 Skutki wydobywania i spalania węgla brunatnego dla środowiska i społeczeństwa w Polsce

W Polsce węgiel brunatny wydobywa się i energetycznie wykorzystuje w 3 obszarach: Centralnym (Bełchatów), Wielkopolskim (Pątnów, Adamów, Konin), i Dolnośląskim (Turów). W ciągu 60 lat działalności kopalń wydobyto około 2 740 mln Mg węgla, zdejmując łącznie ponad 10,45 mld m³ nadkładu i dokonując nieodwracanych zmian w całym ekosystemie, a także strukturze społecznej obszarów sąsiadujących z odkrywkami. Analizując wpływ gospodarki węgla brunatnego na środowisko i społeczeństwo nie można zapominać o negatywnych skutkach spalania tego surowca. Generuje on znaczące ilości gazów toksycznych; dwutlenku siarki, tlenków azotu, i pyłów, a także dwutlenku węgla, tj. najważniejszego gazu cieplarnianego.

7.1. Oddziaływanie wydobycia węgla brunatnego na środowisko

W Polsce węgiel brunatny wydobywa się i energetycznie wykorzystuje w 3 obszarach: Centralnym (Bełchatów), Wielkopolskim (Pątnów, Adamów, Konin), i Dolnośląskim (Turów) (ryc.21.). Dla uzmysłowienia skali tej działalności trzeba zestawić ilości wydobytego węgla, zdjętego i przemieszczonego nadkładu oraz wypompowanej wody (tab.5). W ciągu 60 lat działalności kopalń wydobyto około 2 740 mln Mg węgla, zdejmując łącznie ponad 10,45 mld m³ nadkładu. Wydobycie 1 mln Mg węgla brunatnego powoduje zajęcie od 6 do 8 hektarów terenów. W wyniku odwadniania złoża, w otoczeniu kopalni powstaje lej depresyjny, który oprócz przesuszenia gleby i obniżenia się zwierciadła wód podziemnych powoduje jeszcze inne niekorzystne zjawiska [66]. Ich efektem są deformacje, które m.in. mogą wywołać uszkodzenia budowli i infrastruktury technicznej, jak również mogą być przyczyną wystąpienia osuwisk skarp odkrywkowe.

Tab.5. Ilość wydobytego węgla, zdjętego nadkładu i wypompowanej wody w polskich kopalniach od początku działalności do końca 2014 r..

| Kopalnia | Węgiel [mln Mg] | Nadkład [mln m ³] | Ilość wody wypompowanej [mln m ³] | Średni wskaźnik zawodnienia [m ³ /Mg] |
|-------------------------|-----------------|-------------------------------|---|--|
| Adamów – Konin – Pątnów | 795 | 4.380 | 11.925 | 16,36 |
| Bełchatów | 1.040 | 4.050 | 9.060 | 8,71 |
| Turów | 905 | 2.02 | 950 | 1,05 |
| Łącznie | 2.740 | 10.450 | 21.935 | |

Źródło: A.Tajduś, Z.Kasztelewicz,[62], uaktualnione przez autora.

Skala działalności wokół kopalń odkrywkowych jest ogromna. Pola eksploatacyjne Bełchatów i Szczerców to obszar 44 km², nie licząc dróg dojazdowych i terenów zaplecza technicznego. Ten gigantyczny dół ma głębokość 280 m poniżej naturalnej powierzchni terenu. O skali ingerencji w środowisko świadczy ilość wydobytej i przemieszczonej masy ziemi – ponad 5 mld m³.

Zwałowisko zewnętrzne kopalni Bełchatów o objętości 1,35 mld m³ uformowano w górę (Kamieńsk) o wysokości 195 m powyżej powierzchni terenu, tworząc najwyższe wniesienie w Polsce Środkowej. Jeśli dodamy do tego konieczne odwadnianie zdejmowanego nadkładu i samego złoża, które wymaga pompowania rocznie około 270 mln m³ wód podziemnych, to zrozumiałe się staje dlaczego tego rodzaju obiekty są zagrożeniem dla praktycznie wszyst-

kich komponentów środowiska naturalnego. Przekształcenie środowiska naturalnego na tak dużym obszarze ma charakter trwały, a rekultywacja nie jest w stanie przywrócić stanu pierwotnego.

Konflikty pomiędzy środowiskiem a górnictwem odkrywkowym oraz skutki wykorzystania dla celów energetycznych węgla brunatnego, należy rozpatrywać zarówno w zakresie negatywnego oddziaływania na środowisko naturalne jak i niekorzystnych efektów dla stosunków społecznych, gospodarczych i przestrzennych.

Działalność kopalni odkrywkowych w trakcie wydobywania nadkładu i węgla, a także w fazie rekultywacji pociąga za sobą szereg konsekwencji dla środowiska. Przekształcenia powierzchni ziemi są nieodwracalne, dochodzi do szkód górniczych, takich jak tąpnięcia i osuwiska. Działaniu kopalni towarzyszy hałas. Odkrywka powoduje zakłócenia warstw wodonośnych i zubożenie wód podziemnych, powstawanie lejów depresyjnych, a w konsekwencji zmianę sieci wód powierzchniowych, zanikanie cieków i zbiorników wodnych, terenów podmokłych itp. Przenikanie wód kopalnianych, zrzuty wody z odwadniania wyrobiska, ługowanie popiołów są źródłami zanieczyszczeń wód podziemnych i powierzchniowych. Natomiast samo spalanie węgla brunatnego w elektrowni jest źródłem emisji gazów cieplarnianych w wielkości mającej znaczenie na zmiany klimatu w skali globalnej⁹⁶.

Negatywne oddziaływanie na biosferę sięga nawet daleko poza bezpośrednie sąsiedztwo. Efektami są m.in. utrata naturalnej szaty roślinnej, a w konsekwencji utrata siedlisk różnych zwierząt występujących pierwotnie na danym terenie, a w niektórych przypadkach na terenach sąsiadujących z obszarem działalności górniczej⁹⁷. Dochodzi do zubożenia bioróżnorodności zarówno na poziomie gatunków jak i ekosystemów, likwidacji bądź utrudnienia funkcjonowania korytarzy ekologicznych, obniżenia bądź utraty przyrodniczych walorów rekreacyjnych i turystycznych na dużych obszarach.

Niedocenianą konsekwencją działalności kompleksów wydobywczo-energetycznych są głębokie zmiany w strukturze użytkowania i strukturze społecznej obszaru. Już same plany tworzenia nowych kompleksów oznaczają poważne zmiany dla gospodarki rejonu na wiele lat przed rozpoczęciem inwestycji. Dotyczy to zwłaszcza możliwości likwidacji wiosek i osiedli na obszarach eksploatacji górniczej lub w ich bezpośrednim sąsiedztwie oraz wysiedleń mieszkańców, co powoduje niszczenie więzi społecznych i lokalnych społeczności. Budowa kompleksu oznacza także likwidację infrastruktury, konieczności tworzenia nowych korytarzy dla dróg czy linii przesyłowych, czego konsekwencje mogą mieć charakter ponadlokalny.

Kompleks górniczo-energetyczny Bełchatów położony w środku Polski jest szczególnie dobrym przykładem dla opisu destrukcyjnego oddziaływania na wszystkie komponenty środowiska. Zjawiskiem „trudnym do zrozumienia” dla osób postronnych, są wstrząsy sejsmiczne

96 Wg raportu WWF pt. *Dirty Thirty* [11], w 2013 r. wśród trzydziestu elektrowni europejskich emitujących największe ilości CO₂ do atmosfery znajdują się cztery polskie elektrownie: Bełchatów – 1 miejsce z emisją 37 mln Mg, Koźminec – miejsce 16, Turów – miejsce 19, Rybnik – 25 miejsce w niechlubnym rankingu.

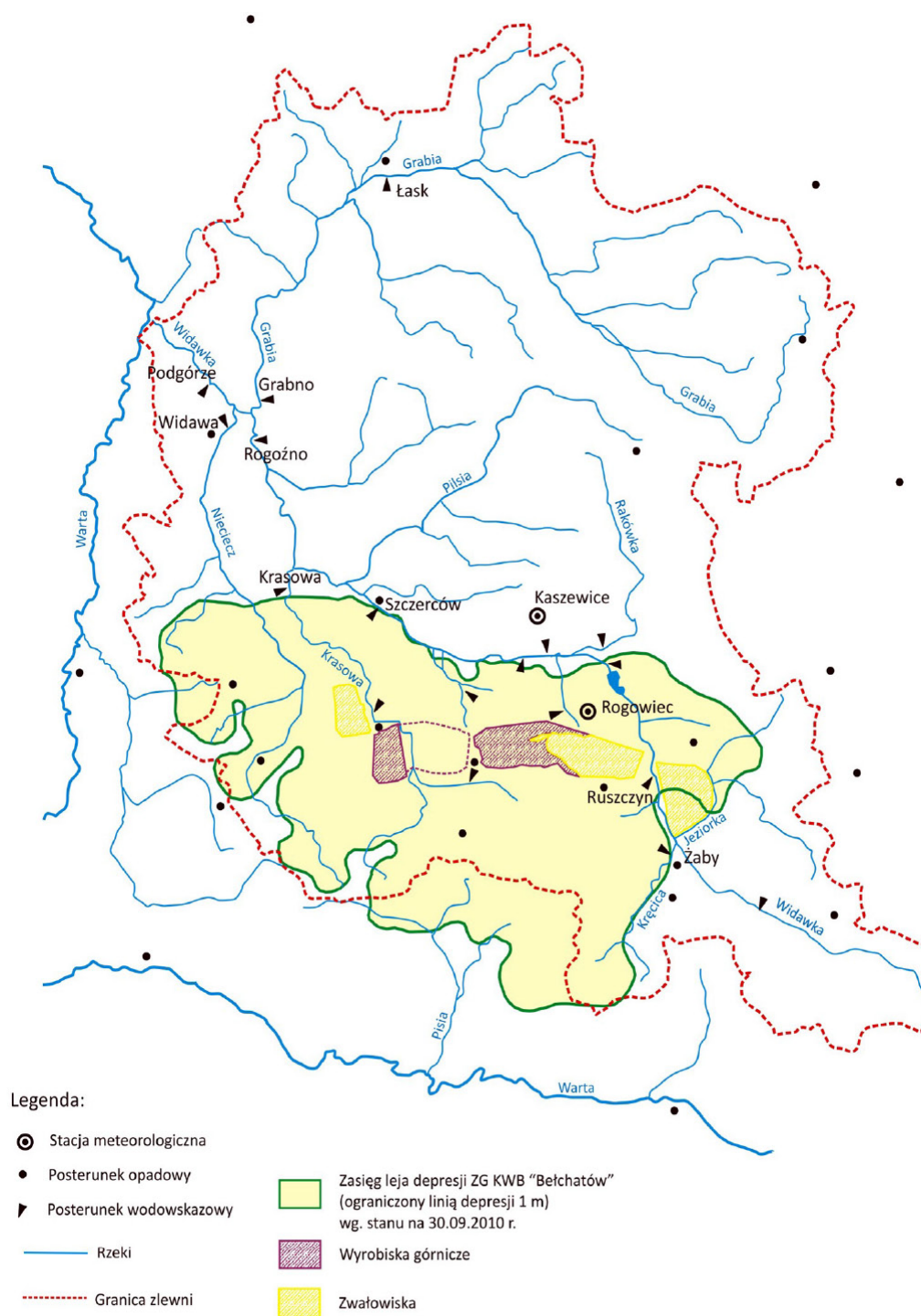
97 Należy zwrócić uwagę, że nawet najbardziej starannie prowadzona rekultywacja przyrodnicza- np. w kierunku „leśnym”, nie przywraca dotychczasowego stanu środowiska, ale tworzy w sposób sztuczny nowy, zubożony interwencją człowieka układ przyrodniczy.

w okolicach Bełchatowa i Pajęczna powtarzające się co kilka lat, a spowodowane przez przemieszczanie setek milionów Mg ziemi. Pierwsze ruchy tektoniczne wystąpiły w 1980 r. czyli w początkowej fazie zdejmowania nadkładu w odkrywce „Bełchatów”, ostatnie notowano 30 listopada 2014 r.⁹⁸ Średnia siła wstrząsów na przestrzeni 30 lat wynosiła od 4 do 4,9 stopnia w skali Richtera. Skutki tych antropogenicznych wstrząsów to uszkodzone budynki, drogi (rysy, pęknięcia), straty w infrastrukturze liniowej (gazociągi, wodociągi, kanalizacja). Przykładowo, po „trzęsieniu” ze stycznia 2010 r. stwierdzono pęknięcia i risy w pięciu budynkach użyteczności publicznej, m.in. gimnazjum, szkole podstawowej, gminnym ośrodku zdrowia i Urzędzie Gminy, oraz w 27 innych budynkach mieszkalnych i gospodarczych. Jeśli do tego dodamy osiadanie i powstawanie osuwisk na przedpolu i zboczach odkrywki i zwałowiska zewnętrznego (deformacje geomechaniczne), to obraz masowych ruchów spowodowany działalnością człowieka będzie pełny.

Kompleks Bełchatów wskutek konieczności ciągłego odwadniania złoża węgla ma stały wpływ na zlewnię rzeki Widawki i rzekę Wartę. Zasięg leja depresyjnego, czyli obniżanie się zwierciadła pierwszego poziomu wód podziemnych w latach 1976 – 2004 wynosił 438 km² [65], ale od 1992 r., w związku z uruchomieniem odkrywki „Szczerców” przyrost zasięgu leja jest znacznie szybszy i w 2010 r. obejmuje już obszar (Ryc.28) o powierzchni 722 km² [66].

98 Dziennik Łódzki: *W Bełchatowie i okolicznych miejscowościach w niedzielę (30 listopada) późnym popołudniem wystąpiło trzęsienie ziemi. Gwałtowne wstrząsy skorupy ziemskiej odczuwalne były w Bełchatowie, Kleszczowie, Rzęśni, Ruścu a nawet w Pajęcznie.*
<http://www.dzienniklodzki.pl/arttykul/3666420,trzesienie-ziemi-w-belchatowie-ponad-4-stopnie-w-skali-richtera,id,t.html>

Ryc.28. Zasięg oddziaływania odwodnienia kopalni „Bełchatów” na tle zlewni rzeki Widawki



Źródło: Wachowiak G., et.al. *Ocena zmian odpływu w zlewni ...*[66]

Kompleks Bełchatów jest źródłem szeregu czynników, które w istotny sposób wpływają na obniżenie przepływów wód we wszystkich rzekach zasięgu leja depresyjnego [66]. Kompensacja skutków odwadniania dla gospodarki komunalnej na tym obszarze wymagała wybudowania wodociągów o długości 2 tys. km, obsługujących ponad 18 tys. osób. Wskutek przesuszenia gleb, w 123 wsiach konieczne są dopłaty dla gospodarstw rolnych, kompensujące obniżenie plonów.

W regionie wielkopolskim wydobycie węgla brunatnego pod koniec 2014 r. prowadzone było w odkrywkach: Adamów, Pątnów IV, Drzewce, Tomisławice, (ryc.23). Zakończyły działalność odkrywki Morzysław, Niesłusz, Kazimierz N, Kazimierz S, Gosławice, Józwin, Lubstów, Bogdałów. Wydobycie węgla w regionie wyniosło w 2014 r. łącznie 10,7 mln Mg. Dla wydobycia takiej ilości węgla zdejmuje się rocznie około 40–45 mln m³ nadkładu i pompuje około 100 mln m³ wody. Zasięg leja depresji obejmuje około 100 km² w poziomie nadwęglowym i około 450 km² w poziomie podwęglowym [67]. Dopływy do systemów odwadniających poszczególne kopalnie wahają się od 20 do 80 m³/min. Łączne dopływy wód w okresie maksymalnych odwodnień do kopalni w rejonie Konina osiągają 130–150 m³/min, a w rejonie Turka 120–170 m³/min, [op.cit.].

Do największych problemów funkcjonowania zespołu elektrowni Pątnów-Adamów-Konin (PAK) należy zaliczyć fakt, że dwie elektrownie; Pątnów I i Konin pracują w otwartym obiegu wody, wykorzystując w systemie chłodzenia jeziora o łącznej powierzchni 12 km². W bezpośrednim sąsiedztwie kopalni odkrywkowych znajduje się Powidzki Park Krajobrazowy i rezerwat krajobrazowy Nadgoplański Park Tysiąclecia. W tym obszarze leży też kilka obszarów chronionego krajobrazu i rezerwatów, oraz trzy obszary sieci Natura 2000 [54]. Plany budowy nowych kopalń odkrywkowych stwarzają poważne zagrożenie dla wyjątkowych walorów przyrodniczych i rekreacyjnych tych terenów.

Pojawiają się coraz poważniejsze sprzeczności społeczne, czego przykładem były liczne i zorganizowane protesty przeciwko uruchomieniu eksploatacji odkrywki „Tomisławice”, która według opinii samorządowców (np. Związku Gmin Zlewni Jeziora Gopło w Kruszwicy⁹⁹), organizacji ekologicznych oraz części przyrodników, może doprowadzić do pogorszenia stanu wód w regionie oraz poważnie zagrozić jezioru Gopło. Głównym zarzutem jest możliwość skażenia jeziora silnie żelazionymi wodami, pompowanymi z odkrywki „Tomisławice” [32]. Przeciwnicy inwestycji twierdzą, że zagrożonych jest ok. 1800 ha obszarów czynnych przyrodniczo, w tym 200 ha zaliczonych do obszarów Natura 2000. Przesuszenie grozi lasom i mokradłom, zagrożona jest egzystencja licznych gatunków, zwłaszcza ptactwa wodno-błotnego. Zniszczonych ma być 400 gospodarstw rolnych, a ok. 500 osób z 12 wsi zostanie trwale wysiedlonych. Zagrożone mogą być też tereny o wybitnym znaczeniu dla historii Polski [18].

99 Związek Gmin Zlewni Jeziora Gopło zamówił w styczniu 2010 u specjalistów z Uniwersytetu Adama Mickiewicza (zespół pod kierunkiem prof. Lubomira Burchrda) „Ocena habitatowa w zakresie przewidywanego oddziaływania projektowanej odkrywki węgla brunatnego „Tomisławice” na obszary Natura 2000...”

Na Dolnym Śląsku w niecce żytawskiej działa kopalnia oraz elektrownia Turów. Złoże węgla brunatnego jest tu eksploatowane od 1904 r. W 2014 r. kopalnia wydobyla 7,7 mln Mg węgla i prawdopodobnie zasobów wystarczy do 2057 r. (ryc.23). Elektrownia, mimo głębokiej modernizacji w ostatnich 20 latach, według raportu WWF [11] jest (biorąc pod uwagę relację ilości produkowanej energii do emitowanego dwutlenku węgla) jednym z największych źródeł gazów cieplarnianych (9,9 mln Mg/rok CO₂) w Polsce i 19. w Europie. Kopalnia Turów, podobnie jak inne kopalnie odkrywkowe węgla brunatnego w trakcie swej ponad stuletniej działalności doprowadziła do głębokich przekształceń na obszarze tzw. worka żytawskiego. Kopalnia to 28 km² wyrobiska o maksymalnej głębokości 250 m. Zwałowisko zewnętrzne liczy ponad 2100 ha, z czego 1900 ha zostało zrehabilitowane i zalesione. Obecnie nadkład jest deponowany wyłącznie wewnątrz wyrobiska. Nadkład i złoże węgla brunatnego odwadniane są przy pomocy setek studni [57], a głębokość drenażu sięga 200 m ppt. Praktycznie cała wypompowywana woda zrzucana jest do rzeki Miedzianki. W latach 90-tych istniało realne zagrożenie zalania kopalni Turów przez wody Nisy Łużyckiej. Katastrofie zapobiegło odizolowanie kopalni od rzeki wodoszczelnym ekranem izolacyjnym. Dopływy wody do kopalni są zmienne i wynoszą od 18 do 47 m³/min [op.cit.]. Przesuwanie eksploatacji na południe będzie skutkować zwiększeniem dopływów wody, gdyż rośnie tam udział utworów przepuszczalnych w warstwach węglonośnych.

7.2. Skutki spalania węgla brunatnego

Głównym produktem spalania węgla brunatnego, przynajmniej jeśli chodzi o masę jest dwutlenek węgla, (ryc. 16.). Największym źródłem tego gazu cieplarnianego w Europie jest elektrownia w Bełchatowie z emisją 30 – 34 mln Mg w 2014 r.¹⁰⁰. Rekordową emisję CO₂ z polskich elektrowni na węgiel brunatny, wynosząca 69 mln Mg zanotowano w 1988 r.

Jeszcze pięć lat temu można było mieć nadzieję, że emisja znacząco spadnie z powodu wyłączenia starych jednostek o sumarycznej mocy 600 MW w Turowie oraz powstania nowoczesnych bloków o wysokiej sprawności na parametry nadkrytyczne. Chodzi o nowe bloki 858 MW_e w elektrowni Bełchatów (który dodatkowo miał mieć instalację CCS) oraz 474 MW_e w elektrowni Pątnów II. W kotłach na parametry nadkrytyczne wzrost sprawności o 10 % skutkuje obniżeniem emisji CO₂ o 25 %, taka jednostka przy sprawności 46 % powinna emitować co najwyżej 80 kg CO₂ na 1 GJ wyprodukowanej energii, [24,59].

Wszystkie te okoliczności miały obniżyć roczną emisję CO₂ o co najmniej 5 - 10 mln Mg. W 2008 r. średni wskaźnik emisyjności CO₂ wszystkich elektrowni na węgiel brunatny wynosił 107,2 kg/GJ¹⁰¹. Tymczasem w 2012 r., już po zrealizowaniu wymienionych wyżej programów inwestycyjnych, wskaźnik emisyjności wzrósł do 109,76 kg CO₂/GJ (poziom prawie identyczny jak w 1990 r.)¹⁰², co przy zwiększonym zużyciu węgla brunatnego spowodowało wzrost emisji o 6 mln Mg wobec 2010 r.

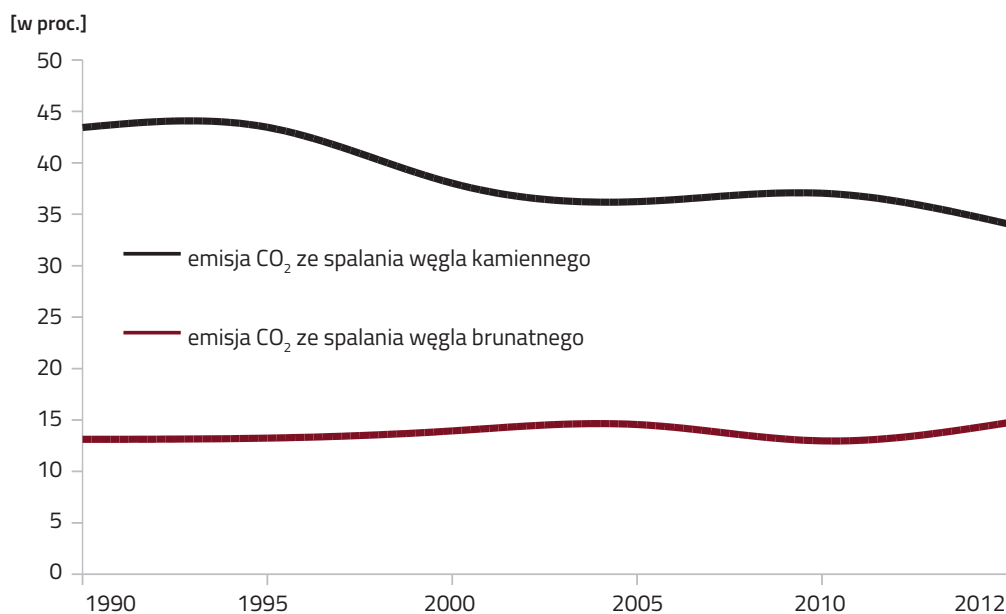
Udział emisji CO₂ ze spalania węgla brunatnego w stosunku do całkowitej emisji gazów cieplarnianych wyrażonej w CO₂ równoważnym (ryc.29.) pomiędzy 2010 i 2012 wzrósł do 15 %. Autor nie podejmuje się wyjaśnienia przyczyn nieosiągnięcia zakładanych parametrów emisji CO₂ w elektrowniach spalających węgiel brunatny. A projektowany CCS w bloku 858 MW w Bełchatowie pozostał przedmiotem naukowych analiz.

100 Obliczenia autora. W literaturze przedmiotu istnieje rozbieżność co do wskaźnika emisji CO₂ ze spalania węgla brunatnego na MWh; 107 – 122 kg/GJ. W momencie publikacji brak jeszcze oficjalnych danych KOBIZE dla okresu po 2012 r.

101 *Krajowa Inwentaryzacja gazów cieplarnianych*...[25]

102 tamże

Ryc.29. Udział emisji dwutlenku węgla w całkowitej emisji gazów cieplarniowych ze spalania węgla kamiennego i brunatnego w Polsce



opracowanie autora z wykorzystaniem *Krajowego raportu inwentaryzacyjnego...IOŚ-PIB KOBIZE* [25]

Spalanie węgla brunatnego generuje znaczące ilości gazów toksycznych (tab.6.), dwutlenku siarki, tlenków azotu, i pyłów. Udział dwutlenku siarki i tlenków azotu w całkowitej emisji tych gazów w Polsce w 2013 r. wynosi odpowiednio: 17,5 % i 18,3 %. Wartości te są relatywnie małe w porównaniu z udziałem węgla brunatnego w produkcji energii, która wyniósł 34,6 %. Z kolei emisja dwutlenku siarki i tlenków azotu ze spalania węgla kamiennego stanowiła w 2013 r. odpowiednio 82 % i 41,8 %, wobec 51,2 % udziału w wytworzonej energii elektrycznej. Relatywnie niską emisję tych dwóch gazów toksycznych przy spalaniu węgla brunatnego można wyjaśnić dobrym stanem technicznym kotłów w elektrowniach.

Tab.6. Emisja głównych gazów toksycznych ze spalania węgla brunatnego w Polsce [tys. Mg]

| ŹRÓDŁO | | SO ₂ | | NO _x | | PYŁY (TSP) | |
|-------------------------------------|--|-----------------|-------|-----------------|-------|------------|-------|
| | | 2010 | 2013 | 2010 | 2013 | 2010 | 2013 |
| OGÓŁEM ZE WSZYSTKICH ŹRÓDEŁ | | 973,6 | 846,8 | 866,8 | 798,2 | 445,3 | 407,4 |
| ZE SPALANIA WĘGLA BRUNATNEGO | Elektrownie i elektrociepłownie zawodowe, ciepłownie | 358 | 147,5 | 128,9 | 145,6 | 5 | 5,7 |
| | Przemysł | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Gospodarstwa domowe | 1,3 | 1 | 0,6 | 0,7 | 0,5 | 0,5 |

Opracowano na podstawie raportów KOBIZE [45,46]

W przypadku emisji metali ciężkich ze spalania węgla brunatnego, dominuje rtęć i jej związki, (tab.7). Inne metale ciężkie emitowane są w niewielkich ilościach.

Tab.7. Emisja głównych metali ciężkich jako produktów spalania węgla brunatnego w Polsce.

| ŹRÓDŁO | | RTĘĆ | | KADM | | ARSEN | | OŁÓW | |
|-------------------------------------|--|------|------|------|------|-------|------|-------|-------|
| | | 2010 | 2013 | 2010 | 2013 | 2010 | 2013 | 2010 | 2013 |
| OGÓŁEM ZE WSZYSTKICH ŹRÓDEŁ | | 14,8 | 10,4 | 44,3 | 15,3 | 44,5 | 44,8 | 524,2 | 561,2 |
| ZE SPALANIA WĘGLA KAMIENNEGO | Elektrownie i elektrociepłownie zawodowe, ciepłownie | 3,3 | 3,7 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 1,8 | 2,1 |
| | Przemysł | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Gospodarstwa domowe | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 1,8 | 1,8 |

Opracowano na podstawie raportów KOBIZE [45,46]

Podsumujmy zatem omówione powyżej rozmiary oddziaływania eksploatacji złóż węgla brunatnego i jego energetycznego użytkowania.

- Omawiane istniejące kompleksy górniczo–energetyczne stanowią bez wątpienia poważne zagrożenia dla środowiska naturalnego. Poza dyskusją jest znaczący udział elektrowni opalanych węglem brunatnym w emisjach gazów cieplarnianych, przy czym największe z nich są postrzegane jako obiekty szczególnie uciążliwe w skali kontynentu. Eksploatacja węgla brunatnego doprowadziła do znacznych, często nieodwracalnych przekształceń w strukturze przestrzeni przyrodniczej i zmian w stosunkach wodnych regionów wydobywania.
- Podkreślić należy, że pod względem działań na rzecz ochrony środowiska, dostrzec należy duży postęp zarówno w elektrowniach jak i przy zabezpieczeniu przed skutkami eksploatacji węgla metodami odkrywkowymi. Można tu wymienić wzrost efektywności energetycznej istniejących zakładów, ograniczenie emisji pyłów i szeregu gazów, działania na rzecz utrzymania prawidłowych stosunków wodnych i zaopatrzenia w wodę, wzorową nieraz rekultywację po zakończeniu robót górniczych.
- Rozbudowa istniejących obiektów (Bełchatów, Konin) powoduje konflikty w zakresie ochrony wód, jak i w postaci zagrożenia obszarów chronionej przyrody. Przebudowy w niektórych przypadkach wymagać będzie struktura przestrzenna i gospodarcza otoczenia.
- Zamiar budowy kompleksu legnickiego lub Gubin – Brody oznaczać może skrajnie negatywne konsekwencje dla środowiska, struktury przestrzennej regionu oraz stosunków społecznych na skalę dotychczas niespotykaną w naszym kraju. Wzbudza też olbrzymi opór społeczny. Dlatego decyzję inwestycyjną muszą poprzedzać szczególne analizy kosztów gospodarczych i społecznych z tym związanych.

7.3. Problemy społeczne wokół nowych inwestycji oraz planowanych rozbudowach istniejących obiektów w okręgach górniczo – energetycznych

Plany uruchomienia nowych kopalń węgla brunatnego („Tomisławice”, „Gubin – Brody”, Legnica) napotykać na rosnący opór społeczny. Skutki środowiskowe będą widoczne gołym okiem. Przykładowo, udostępnienie złoża Legnica wymagać będzie likwidacji szeregu cieków wodnych oraz przełożenia koryt rzek Kaczawy i Czarnej Wody. Przekształceniu, w wyniku powstania rozległego leja depresyjnego ulegną wody podziemne. W granicach inwestycji zagrożonych jest ok. 10 tys. ha lasów (z czego większość ulegnie zniszczeniu). W zasięgu oddziaływania tego złoża znajduje się szereg rezerwatów, użytków ekologicznych, obszarów chronionego krajobrazu a także elementów sieci Natura 2000. Likwidacji może ulec 20 wsi, kilka dalszych zostanie zlikwidowanych częściowo (szacuje się, że zlikwidować trzeba będzie ok. 1400 budynków mieszkalnych i ponad 2000 gospodarczych). Łącznie przesiedlenia mogą objąć ok. 20 tys. ludzi. Przekształceniu ulegnie infrastruktura techniczna (w tym linie kolejowe i drogi krajowe). Spadnie atrakcyjność turystyczna obszaru [31]. Inwestycja ta wzbudza emocje, o czym świadczą liczne doniesienia w mediach i wypowiedzi na forach internetowych. Wyrazem tej niechęci wobec planowanej inwestycji jest akcja społeczna „Stop Odkrywce” [61], protesty, manifestacje, interpelacje poselskie. Jak się wydaje uzyskanie konsensusu w tej sprawie będzie bardzo trudne. W referendach w gminach: Lubin, Kunice, Miłkowie, Ruja, Ścinawa i Prochowice (dolnośląskie), a także Gubin i Brody w Lubuskiem od 70 do 90 % głosujących sprzeciwiło się budowie elektrowni i odkrywki. Głos społeczności lokalnych jest jednak wyraźnie lekceważony, co znajduje wyraz w projekcie PEP 2050 (sierpień 2015 r.): *Z punktu widzenia utrzymania wysokiego poziomu bezpieczeństwa energetycznego kraju, rząd uznaje za celowe zapewnienie warunków umożliwiających eksploatację złóż węgla brunatnego m.in. w złożach w okolicach Legnicy i Gubina.*

Dynamicznie działa Ogólnopolska Koalicja „Rozwój Tak – Odkrywki Nie”, w której są przedstawiciele gmin z województw: dolnośląskiego, lubuskiego, wielkopolskiego, a także organizacje pozarządowe i obywatele. Koalicja przeprowadziła cały szereg akcji protestacyjnych, doprowadziła też do 8 prawnie wiążących referendów gminnych.

Działania „antywęglowe” prowadzi także Greenpeace [18]. Są one częścią ogólnoświatowej kampanii „Quit Coal” – „Odejdźmy od węgla”. Organizacja przeprowadziła rozbudowany protest przeciwko budowie odkrywki „Tomisławice”, wraz z mieszkańcami protestowała też przeciwko nowelizacji ustawy Prawo geologiczne i górnicze jako ułatwiającej lokalizację nowych kopalni węgla w Polsce.

W sprawie przeciwdziałania nadmiernej ekspansji węgla aktywnie działa również Polski Klub Ekologiczny. Starania podejmowane przez PKE koncentrują się głównie na prawnych możliwościach – składaniu wniosków, opinii, petycji do odpowiednich organów i instytucji, przygotowywaniu i upowszechnianiu swoich stanowisk, zleconych ekspertyz. Najaktywniej działają okręgi i koła z obszarów, na których temat przemysłu węgla brunatnego jest wciąż aktualny i żywy.

Partia Zieloni 2004 przy współpracy z prof. dr hab. Ludwikiem Tomiałowiczem i wspomaganą konsultacjami prof. dr hab. Anny Marzec z Instytutu Karbochemii PAN w Gliwicach przygotowała stanowisko przeciwko eksploatacji złoża węgla brunatnego w pobliżu Legnicy. W stanowisku zaznaczono, że budowa odkrywki oznacza diametralne zmiany w ekologii obszaru – utrata żyznych gleb, części lasów, naturalnych jezior i kilku rezerwatów przyrody, a także konieczność przesiedlenia kilkudziesięciu tysięcy mieszkańców.

Problematyką przemysłu węgla brunatnego zajmuje się również Stowarzyszenie Ochrony Środowiska Naturalnego "Przyjezierze". Powstało ono w celu podejmowania działań na rzecz ochrony Jeziora Ostrowskiego i Pojezierza Gnieźnieńskiego znajdujących się w obszarze oddziaływania Kopalni Węgla Brunatnego "Konin". Jeziora na tym obszarze ulegają systematycznej degradacji – poziom wody w ciągu ostatnich kilku lat opadł w nich już o ponad 2 m. Stowarzyszenie aktywnie uczestniczy w protestach przeciwko lokowaniu nowych kopalń węgla brunatnego m.in. w Lubinie.

Do protestów przeciwko eksploatacji nowych złóż węgla brunatnego dołączają się wciąż nowe organizacje i stowarzyszenia m.in. Łódzkie Obywatelskie Forum Ekologiczne, czy Centrum Zrównoważonego Rozwoju – NGOs z Łodzi, którego celem statutowymi jest wszechstronny, harmonijny rozwój społeczno – gospodarczy nie naruszający środowiska naturalnego.

Również inne organizacje miały liczne uwagi do ustawy Prawo Geologiczne i Górnicze obawiając się, że daje ona zbyt duże możliwości ekspansji przemysłu węgla praktycznie bez kontroli samorządów i wbrew opinii mieszkańców (m.in. Forum Organizacji Pozarządowych na Rzecz Obrony Praw i Własności Narodu). Jak widać, w działaniach „antywęglowych” oprócz wiodącej roli ekologicznych organizacji pozarządowych, akcje tego typu prowadzą również organizacje i stowarzyszenia społeczne czy samorządowe.



Podsumowanie

Burzliwe uprzemysłowienie, które dokonało się zwłaszcza w XIX wieku i pierwszej połowie XX wieku możliwe było dzięki wykorzystaniu węgla kamiennego do wytwarzania pary a później energii elektrycznej. W drugiej dekadzie XXI wieku wiele faktów wskazuje na zmierzch epoki węgla. Zasobność złóż węgla w różnych częściach świata nie może być argumentem za kontynuowaniem "epoki węglowej". Przecież epoka kamienia (paleolit I neolit) nie skończyła się dlatego, że zabrakło kamienia. Człowiek doskonalił technologie i swoje narzędzia i dochodził do kolejnych epok; brązu, żelaza etc. Współcześnie, w ciągu życia jednego pokolenia dokonał się gigantyczny skok technologiczny i cywilizacyjny; od suwaka logarytmicznego do lotów kosmicznych, superkomputerów, nowych wcześniej nie znanych materiałów. Także w świadomości ludzi dokonują się zmiany w myśleniu o otaczającym nas środowisku i naszym w nim miejscu. Coraz częściej dostrzegamy relacje naszego zdrowia, poczucia komfortu ze stanem środowiska. Coraz więcej ludzi nie godzi się na dewastację zasobów środowiska, z którym współistniejemy. Grupy ludzi, naukowcy potrafią wyjść poza myślenie "tu i teraz" i ostrzegać przed tym co nas czeka za 20 – 30 lat. Przykładem tego jest działanie dla ochrony klimatu. Spalanie węgla kamiennego I brunatnego w tej cywilizacyjnej transformacji się nie mieści.

Pod koniec XX wieku i na początku XXI wieku w Chinach i Indiach dokonywał się niezwykle skok przemysłowy mający rozległy wpływ na całą gospodarkę światową. Gigantyczny wzrost konsumpcji energii możliwy był poprzez rosnące w postępie geometrycznym zużycie węgla kamiennego i brunatnego. W ciągu jednej dekady (2004–2014) zużycie węgla w Chinach wzrosło dwukrotnie. Kraj stał się największym producentem (ponad 51 % globalnego wydobycia) ale i największym importerem węgla na świecie. Na skutki dla środowiska nie trzeba było długo czekać. W wielkich aglomeracjach chińskich zanieczyszczenie powietrza dawno przekroczyło wszelkie krytyczne poziomy. Gwałtownie rosnąca konsumpcja energii powodowała skokowy wzrost cen surowców energetycznych na rynku globalnym w latach 2003 – 2013. Wysokie ceny surowców zachęciły producentów do inwestycji w przemysł wydobywczy i infrastrukturę transportową, co spowodowało wzrost podaży węgla i spadek cen. I te wysokie ceny już nie powrócą, jak nie powróci wysoki popyt na węgiel.

Chińska industrializacja tak znacząco wpływająca na ceny surowców na początku XXI wieku zaczyna ostro wyhamowywać w 2015 r.. Dla światowego handlu węglem kamiennym zasadnicze znaczenie mają następujące fakty:

- Chiny w krótkim czasie stały się światowym liderem w instalacjach OZE,
- Indie rozpoczęły realizację Narodowego Programu OZE – 200 mld USD do 2022 r.,
- Chiny realizują program zwiększenia efektywności energetycznej i program redukcji zanieczyszczeń powietrza,
- W USA i UE w ramach ochrony klimatu postępuje dekarbonizacja gospodarek, w wyniku czego spada zużycie węgla.

Górnictwo węgla kamiennego, zwłaszcza głębinowe jest branżą schyłkową, [8,56]. Wskutek dobrze rozwiniętego wydobycia węgla kamiennego ze złóż płytko leżących (Australia, Indonezja, Kolumbia, Afryka Południowa, Rosja), cena węgla energetycznego w przedziale 45 – 55 USD/tce utrzyma się przez następną dekadę, a sektor już nie powróci do cen z okresu boomu węglowego. Polska jako kraj średniej wielkości musi dostosowywać swoją strategię do trendów regionalnych (UE) i globalnych. Nasze głębokie kopalnie (800 – 1100 m ppt) nie będą mogły konkurować cenowo z węglem z wymienionych powyżej krajów, a jakiegokolwiek formy ograniczenia importu grożą Polsce poważnymi reperkusjami ze strony Światowej Organizacji Handlu (WTO). Obniżenie kosztów wydobycia w istniejących kopalniach GZW z obecnych 300 zł/Mg do 200 zł/Mg w aktualnym stanie finansowym górnictwa jest całkowitą mrzonką. Krótki okres światowej koniunktury węglowej został całkowicie zmarnowany. A w tym czasie należało dokonać głębokiej restrukturyzacji sektora górnictwa węglowego z koncentracją inwestycji na najkorzystniejszych dla wydobycia złóżach. Równocześnie, dla realizacji doktryny bezpieczeństwa energetycznego należało kilka lat temu rozpocząć proces strukturalnych zmian w naszej energetyce zmierzający do dekoncentracji wytwarzania, i zwiększania udziału odnawialnych źródeł energii w miksie energetycznym, przy zwiększaniu udziału gazu jako

paliwa ubezpieczającego. Rozbudowa mocy zainstalowanych w elektrowniach i elektrociepłowniach węglowych, przy zapaści finansowej i technicznej górnictwa węglowego, skutkować będzie szybkim wzrostem importu węgla do ponad 34 mln Mg/rok w okresie do 2030 r., a w 2050 r. będzie konieczne sprowadzenie co najmniej 46 mln Mg. W tym kontekście powraca fundamentalne pytanie: czy powinniśmy rozbudowywać węglową energetykę wykorzystującą w przyszłości duże ilości importowanego paliwa?

Hurraoptymistyczne plany wykorzystania „ogromnych” zasobów węgla kamiennego I brunatnego nie znajdują pokrycia w rzeczywistości (rozdz.3.1.). Stosowany w Polsce system klasyfikacji złóż wprowadzony ponad 60 lat temu, w innej rzeczywistości polityczno-gospodarczej, na potrzeby centralnego planowania całkowicie nie przystaje do wolnorynkowej, otwartej gospodarki. Zastosowanie powszechnie stosowanego międzynarodowego systemu klasyfikacji urealniłoby informacje o zasobach możliwych do wydobycia po kosztach zapewniających rentowność (*reserves*). Taką waloryzację wykonano dla złóż węgla brunatnego, [23] i zasobów ekonomicznych (*reserves*) okazuje się być wielokrotnie mniej (tab.4.) niż chcieliby widzieć entuzjaści „setek lat” wydobycia. Pełnej waloryzacji zasobów złóż węgla kamiennego z uwzględnieniem międzynarodowych standardów nie przeprowadzono, ale wiele przedstawionych i analizowanych faktów w rozdz.3.6. *Przyszłość węgla w Polsce* wskazuje, że wygaszenie wydobycia nastąpi przed 2050 rokiem.

Węgiel brunatny jako „paliwo krajowe”, nie nadające się do obrotu międzynarodowego, stanowi obecnie dość ważną część (1/3) miks energetycznego Polski. Jednakże po 2033 r. pozostaną dwie kopalnie odkrywkowe (Turów I Szczerców) z ośmiu czynnych w 2015 r.. Plany budowy nowego kompleksu górniczo-energetycznego na złożu Gubin - Brody wydają się być niezbyt realne. Prognoza KAPE [53] wskazuje, że moc zainstalowana w elektrowniach wykorzystujących węgiel brunatnych w roku 2040 wyniesie kilkakrotnie mniej niż obecnie tj. 1780 MW_e, a w 2050 – 1370 MW_e. Dla takiej mocy konieczne jest dostarczenie 10 - 12 mln Mg węgla brunatnego co mogą zapewnić dwie kopalnie funkcjonujące jeszcze do tego czasu. Czy wobec niskiej konkurencyjności ekonomicznej węgla brunatnego (ryc.26.), ogromnej skali dewastacji prawie wszystkich komponentów środowiska w obszarach wydobycia, zanieczyszczenia powietrza na znacznym obszarze Polski wskutek spalania tego paliwa, przy sprzeciwie lokalnych społeczności, nie jest bardziej uzasadnione rozważenie stopniowego, rozłożonego na 30 – 40 lat „wygaszania” tej branży, zamiast budowy za dziesiątki miliardów nowych kopalń i wielkich elektrowni?

Jeśli w najbliższych latach w strategii energetycznej dla Polski zostaną uwzględnione powyższe realia, założenia polityki energetyczno-klimatycznej UE i przyszłe globalne uzgodnienia w sprawie redukcji emisji gazów cieplarnianych to oczywisty staje się wybór scenariusza „Gaz+OZE”, pobieźnie zaprezentowanego w projekcie PEP 2050 z sierpnia 2015 r. W tym scenariuszu zakłada się 55-60 % udział OZE w miksie energetycznym do 2050 r.. Wykorzystanie OZE to zwiększenie bezpieczeństwa systemu energetycznego poprzez rozproszenie źródeł małej mocy, oraz ograniczenie importu paliw. W 2014 r. w Niemczech tylko siłownie

wiatrowe i ogniwa fotowoltaiczne wytworzyły ponad 170 TWh energii elektrycznej. To więcej niż zużyto w tym czasie w Polsce (156 TWh). Gaz ziemny, zwłaszcza wykorzystywany do skojarzonego wytwarzania energii (ciepło i energia elektryczna) w lokalnych źródłach małej mocy byłby zabezpieczeniem stabilności systemu dostaw energii, radykalnym obniżeniem zanieczyszczeń powietrza i emisji gazów cieplarnianych. Poprzez bliskość źródła i odbiorcy możliwe byłoby obniżenie strat w przesyłce. Ktoś zapyta: lecz gaz importujemy? Owszem, Polska nie posiada zasobów wydobywalnych gazów umożliwiających pełne pokrycie zapotrzebowania teraz i w przyszłości. Ale bezpieczeństwo dostaw polega na dywersyfikacji ich kierunków, a nie wyłącznie dostaw krajowych. Warto w tym miejscu przypomnieć, że sprowadzamy ponad 90 % potrzebnej ropy naftowej lecz pełne bezpieczeństwo dostaw zapewniają nam ropociągi i zdolności przeładunkowe (50 % większe niż potrzeby kraju) Portu Północnego. Gaz ziemny jest paliwem o ogromnych światowych zasobach ekonomicznych i prognostycznych. Dla przypomnienia największym producentem gazu są Stany Zjednoczone. A import gazu w postaci LNG jest możliwy z bardzo wielu kierunków. Nasz kraj jako członek UE jest już w znacznym stopniu zintegrowany z europejską siecią gazociągów przesyłowych, zbiorników podziemnych i terminali LNG, co już teraz umożliwia dywersyfikację ponad połowy obecnego importu. Po uruchomieniu terminala LNG w Świnoujściu będziemy w pełni niezależni od importu z jednego kierunku.

Wreszcie na koniec sprawa niezwykle doniosłej wagi; zdrowie ludzi. Chyba nikt nie podważy tego stwierdzenia: środowisko naturalne jest jednym z głównych czynników warunkujących zdrowie człowieka. Wszystkie przedstawione w tej publikacji dane wskazują, że głównym czynnikiem dewastacji środowiska człowieka, a zwłaszcza zanieczyszczenia powietrza jest wydobywanie i spalanie węgla kamiennego i brunatnego. Zatem czy dla dobra wspólnego nie powinniśmy już teraz rozpocząć transformacji energetycznej w kierunku rozwoju obywatelskiej energetyki odnawialnej, nawet jeśli na razie bezpośredni koszt wytwarzania energii jest wyższy niż z paliw kopalnych? Wszystkim pod rozważkę autor dedykuje dylemat: czy mamy żyć taniej lecz krócej, czy zdrowiej i dłużej.

Wykorzystane publikacje

- [1] *Alternatywna polityka energetyczna do 2030 r.* Instytut na rzecz Ekorozwoju, Warszawa 2009.
- [2] *Annual energy outlook 2015.* US Energy Information Agency, www.eia.gov
- [3] *Bilans perspektywicznych zasobów kopalin Polski – wg stanu na dzień 31 XII 2009.* PIG-PIB, Warszawa 2011
- [4] *Bilans Zasobów Kopalin i Wód Podziemnych w Polsce wg stanu na 31 XII 2014.* Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 2015.
- [5] *BP Energy Outlook 2030,* British Petroleum, London 2012
- [6] *BP Statistical Review of World Energy.* British Petroleum, London 2015.
- [7] Bukowski M., Śniegocki A. *Ukryty rachunek za węgiel – analiza wsparcia gospodarczego dla elektroenergetyki węglowej oraz górnictwa w Polsce.* Warszawski Instytut Studiów Ekonomicznych . Warszawa 2014
- [8] Bukowski M., Maśnicki J., Śniegocki A., Trzeciakowski R. *Polski węgiel: Quo vadis? Perspektywy rozwoju górnictwa węgla kamiennego w Polsce.* Warszawski Instytut Studiów Ekonomicznych. Warszawa 2015
- [9] Czopek K., Trzaskuś – Żak B., *Energetyczna perspektywa węgla brunatnego w kontekście europejskiego systemu handlu emisjami (ETS).* Górnictwo i Geoinżynieria. Rok 35, z.3, AGH Kraków 2011.
- [10] Czopek K., Trzaskuś – Żak B., *Koszty i ceny węgla brunatnego w warunkach rynkowych.* Polityka energetyczna. T.12, z2/2, AGH, Kraków 2009.
- [11] *Dirty Thirty – Ranking of the most polluting power stations in Europe.* WWF, Brussels 2014.
- [12] *Dlaczego tu jesteśmy? Stanowisko Greenpeace z 2008 r. w ramach akcji „Ziemia na krawędzi”* Greenpeace, Warszawa 2008
- [13] Dubiński J., Turek M., *Dostępność zasobów węgla dla polskiej energetyki.* Prace Naukowe GIG 2/2007. Katowice, 2007.
- [14] Dubiński J., Turek M., Aleksa H., *Węgiel kamienny dla energetyki zawodowej w aspekcie wymogów ekologicznych,* „Prace Naukowe GIG” – Górnictwo i Środowisko 2, Katowice 2005.
- [15] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/75/UE z dnia 24 listopada 2010 r. *w sprawie emisji przemysłowych (zintegrowane zapobieganie zanieczyszczeniom i ich kontrola).* Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, L 334/17, Bruksela 2010.
- [16] *Energy study 2014, reserves, resources and availability of energy resources 2013.* Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR), Hanover, 2014.
- [17] Gawlik I., et.al. *Węgiel dla polskiej energetyki w perspektywie 2050 r. – analizy scenariuszowe.* Górnicza Izba Przemysłowo-Handlowa, Katowice 2013.
- [18] Greenpeace. *Dlaczego tu jesteśmy ? Stanowisko Greenpeace z 2008 r. w ramach akcji „Ziemia na krawędzi”:* <http://www.greenpeace.org/poland/ziemia-na-krawedzi/dlaczego>, 2008.

- [19] Hausner J., et al., *Polityka surowcowa Polski-Rzecz o tym, czego nie ma a co jest bardzo potrzebne*. Fundacja Gospodarki i Administracji Publicznej, Kraków 2015,
- [20] *Informacja o wynikach kontroli bezpieczeństwa zaopatrzenia Polski w węgiel kamienny (ze złóż krajowych)*. NIK, 2011.
- [21] Jagusiewicz A., *Wyzwania wynikające z projektu dyrektywy w sprawie jakości powietrza i czystsze powietrze w Europie (dyrektywa CAFE)*. GIOŚ – Forum Regionalne CAFE, referat niepublikowany dostępny: www.kielce.pios.gov.pl/aktual/prez/2.pdf
- [22] J. Jureczka i inni, *Atlas geologiczno-złożowy polskiej i czeskiej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. Państwowy Instytut Geologiczny i Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2005.
- [23] Kasiński J.R., Piwocki M., Mazurek S. *Waloryzacja i ranking złóż węgla brunatnego w Polsce*. Prace PIG, T.187, Warszawa 2006
- [24] Kotowicz J., Janusz K., *Sposoby redukcji emisji CO₂ z procesów energetycznych*. Rynek Energii, nr 1/2007
- [25] *Krajowy raport inwentaryzacyjny 2014 - inwentaryzacja gazów cieplarnianych w Polsce dla lat 1988 – 2012*. IOŚ-PIB, KOBIZE, Warszawa, 2014
- [26] Kruczkowski M., *Analiza wpływu eksploatacji górniczej na występowanie deformacji nieciągłych typu liniowego*. „Górnictwo i Geologia”, t.5,z.2, Poli technika Śląska, Gliwice 2010.
- [27] Kudełko M., *Internalizacja kosztów zewnętrznych powodowanych przez krajowy sektor energetyczny – analiza kosztów i korzyści*. „Polityka Energetyczna”, t.11, z.1, IGSMiE PAN, Kraków 2008
- [28] Kudełko M., *Koszty zewnętrzne produkcji energii elektrycznej z projektowanych elektrowni dla kompleksów złożowych węgla brunatnego Legnica i Gubin oraz sektora energetycznego w Polsce*. Ekspertyza, 2012, www.greenpeace.org
- [29] Kurczabiński I., *Ekologiczno-ekonomiczne aspekty spalania węgla w funkcji jego parametrów jakościowych*. „Przegląd Geologiczny”, vol.56, nr 6, Warszawa 2008.
- [30] Lorenz U., *Skutki spalania węgla kamiennego dla środowiska przyrodniczego i możliwości ich ograniczania*. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej, Sympozja i Konferencje nr 64, IGSMiE PAN, Kraków 2005.
- [31] Malewski J., Blachowski J., Kazimierczak U., Kucharska M., *Środowiskowe i społeczne uwarunkowania eksploatacji złoża węgla brunatnego Legnica*. Górnictwo Odkrywkowe 18, Wrocław, 2008.
- [32] Mazurek L., *Czy Gopło potrzebuje obrony?* Węgiel Brunatny nr 4/65, PPWB, Bogatynia 2008
- [33] Michalik B., *Naturalna promieniotwórczość w węglu kamiennym i stałych produktach jego spalania*, „Karbo” nr 1, Katowice 2006.
- [34] *Narodowy Program Zdrowia na lata 2007 – 2015*. Uchwała Rady Ministrów z dnia 15 maja 2007 r..
- [35] *NEEDS – New Externalities Development for Sustainability*. Projekt badawczy 6 Programu Ramowego UE, www.needs-project.org

- [36] Nieć M., Młynarczyk M., *Gospodarowanie zasobami węgla kamiennego w Polsce*. IGSMiE PAN, Studia, rozprawy, monografie 187. Kraków 2014
- [37] Nikodem W., *Kryteria i procesy technologiczne czystej energetyki węglowej*, Materiały XXIII Konferencji *Zagadnienia surowców energetycznych i energii w gospodarce krajowej*, Zakopane, 11- 14 października 2009.
- [38] *Ocena jakości powietrza w strefach w Polsce za rok 2013*, Inspekcja Ochrony Środowiska, Warszawa 2014.
- [39] *Ochrona powietrza przez zanieczyszczeniami*. NIK, 2014
- [40] *Ochrona środowiska*. GUS, Warszawa 2014.
- [41] Olkusi T., Stala-Szlugaj K., *Występowanie pierwiastków promieniotwórczych w węglach kamiennych pochodzących z GZW, w skałach przywęglowych, w wodach kopalnianych oraz w odpadach*. Gospodarka Surowcami Mineralnymi T.25, z. 1, IGSM PAN, Kraków 2009.
- [42] *Optymalny miks energetyczny dla Polski do 2060 r.* KPRM, Warszawa 2014
- [43] Panasiuk D., et al., *Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia ludzkiego i środowiska związanych z redukcją emisji rtęci w Polsce. - etap III*. NILU – Polska – GIOŚ, Warszawa 2010.
- [44] Pluta I., *Wody kopalń Górnośląskiego Zażębia Węglowego - geneza, zanieczyszczenia i metody ich oczyszczenia*. Prace Naukowe GIG, Nr 865, Katowice 2005
- [45] *Poland's informative inventory report 2010*. IOŚ-PIB, KOBIZE, Warszawa, 2012
- [46] *Poland's informative inventory report 2015*. IOŚ-PIB, KOBIZE, Warszawa, 2015
- [47] *Polityka Energetyczna Polski do 2030 r.* Warszawa 2009.
- [48] *Polityka Energetyczna Polski do 2050 r. – projekt do konsultacji sierpień 2015*.
- [49] Popczyk J., *Energetyka rozproszona*. Instytut na Rzecz Ekorozwoju, Warszawa 2011.
- [50] *Preliminary report on coal 2014*. Verein der Kohlenimporteure, www.kohlenimporteure.de, 2015
- [51] Probiez, K., Borówka B., *Prognoza wystarczalności zasobów węgla kamiennego w Zażębiu Górnośląskim wraz z analizą przyczyn ubytku zasobów w niektórych kopalniach*. „Gospodarka Surowcami Mineralnymi” t.25, z.3, IGSMiE PAN, Kraków 2009.
- [52] *Prognoza oddziaływania na środowisko projektu Strategii Rozwoju Województwa Śląskiego „Śląskie 2020+”*, Centrum Dziedzictwa Przyrody Górnośląska, Katowice 2009.
- [53] *Prognoza zapotrzebowania na paliwa i energię do 2050 r.*, Krajowa Agencja Poszanowania Energii S.A., 2013.
- [54] *Raport o stanie środowiska w woj. wielkopolskim w 2013 r.* WIOŚ Poznań, 2014.
- [55] *Sprawozdanie z działalności Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki w 2014 r.* Urząd Regulacji Energetyki, Warszawa 2015.
- [56] Sanzillo T., *The case for Divesting Coal from the Norwegian Government Pension Fund Global*. Institute for Energy Economics and Financial Analysis. Cleveland 2015.
- [57] Sawicki J., Gregorczyk T., *Bilans dopływu wód do KWB „Turów”*. Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej nr 79, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1996.
- [58] Sobczyk E.J., *Zasoby węgla kamiennego w Polsce a możliwości zaspokojenia potrzeb energetyki*. Polityka Energetyczna, Tom 11, Zeszyt 1, IGSMiE PAN, Kraków 2008

- [59] Sobota J., *kotłów fluidalnych użytkowanych w polskiej energetyce*. Energetyka Ciepła i Zawodowa 9/2009.
- [60] *Stan środowiska w województwie śląskim w 2013 r.*. WIOŚ Katowice 2014.
- [61] STOP ODKRYWCE Komitet Społeczny. *Stop odkrywce*. www.stop-odkrywce.pl, 2009
- [62] Tajduś A., Kasztelewicz Z., *Dziesięć atutów branży węgla brunatnego w Polsce, czyli węgiel brunatny optymalnym paliwem dla polskiej energetyki w I połowie XXI wieku*. Węgiel Brunatny nr 4/69, Porozumienie Producentów Węgla Brunatnego, 2009.
- [63] *The Outlook for Energy: A View to 2040*. ExxonMobil, 2015.
- [64] Uberman R., *Wycena wartości złóż kopalni – metody, problemy, praktyczne rozwiązania*. AGH 2005
- [65] Wachowiak G., *Rozwój zespołu górniczo – energetycznego „Bełchatów” na tle lokalizacji posterunków wodowskazowych Działu Służby Obserwacyjno – Pomiarowej Oddziału IMGW w Poznaniu*. Gazeta Obserwatora IMGW nr5, IMGW, Poznań 2005.
- [66] Wachowiak G., Galiniak G., Jończyk W., Martyniak R., *Ocena zmian odpływu w zlewni rzeki Widawki w r. hydrologicznym 2010 pod wpływem oddziaływania inwestycji górniczo-energetycznej w rejonie Bełchatowa*. Górnictwo i Geoinżynieria, Rok 35, Zeszyt 3, AGH Kraków, 2011.
- [67] Wachowiak G., *Roczniki hydrologiczne i meteorologiczne rejonu odkrywek KWB „Konin” w Kleczewie – 10 lat badań IMGW dla potrzeb kopalni*. Węgiel Brunatny nr 2/51, PPWB, Bogatynia 2005.
- [68] Wilczyński M., *Zmierzch węgla kamiennego w Polsce*. Instytut na rzecz Ekorozwoju, Warszawa 2013.
- [69] Wilk Z., Bocheńska T., (red), *Hydrogeologia polskich złóż kopalni i problemy wodne górnictwa*. t.II, AGH, Kraków 2003.
- [70] Wirth H., *Recent Facts about Photovoltaics in Germany*. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, Freiburg, 2015.
- [71] Wojciechowski T., *Osiadanie powierzchni terenu pod wpływem eksploatacji węgla kamiennego na przykładzie rejonu miasta Knurowa*, „Przegląd Geologiczny” vol.55, nr 7, PIG, Warszawa 2007.
- [72] Wojnar K., Wisz J., *Rtęć w polskiej energetyce*, „Energetyka” 59(4), 2006.
- [73] *Założenia Narodowego Programu Rozwoju Gospodarki Niskoemisyjnej*. Rada Ministrów RP, Warszawa 2011.

Footnotes

- 1** Autorzy J.R.Kasiński et al. [23] postulują skreślenie tego złoża.
- 2** W przypadku tego złoża obecnie brak jest akceptacji społecznej dla budowy odkrywki i elektrowni.
- 3** Złoże z powodu dużej miąższości nadkładu (160 m) nieopłacalne do wydobycia, J.R.Kasiński et al. [23]
- 4** Złoże Torzym autor umieścił w tabeli dla porównania, iż mimo dużych zasobów bilansowych, wartość złoża jest niewielka z powodu wysokich kosztów zdejmowania nadkładu (160 m miąższości).