



## Badania nad technologią zgazowania węgla

# Alternatywne metody wydobywania i wykorzystania węgla kamiennego

**EDYTA KOSIARZ**

**MACIEJ MACIEJEWSKI**

Artykuł przedstawia wyniki kontroli<sup>1</sup>, dotyczącej zbadania metod wykorzystania węgla kamiennego do produkcji paliw gazowych i płynnych. Kontrolą objęto podmioty zaangażowane w prace badawczo-rozwojowe nad tymi zagadnieniami. Z uwagi na dość specjalistyczny obszar i zakres tej kontroli, najpierw scharakteryzowano zagadnienie zgazowania węgla oraz zakres badania naukowego pt. „Opracowanie technologii zgazowania węgla dla wysokoefektywnej produkcji paliw i energii”, które było przedmiotem kontroli. Następnie przedstawiono perspektywy wdrożenia w Polsce wyników prowadzonych badań naukowych i technologii zgazowania węgla. Jednocześnie zwrócono uwagę na bariery wdrożenia tej technologii, które zidentyfikowano w trakcie kontroli, między innymi zasięgając informacji u przedsiębiorców wspierających badania w tym zakresie. Ostatnia część jest prezentacją głównych wyników kontroli dotyczących perspektyw wdrożenia technologii zgazowania węgla.

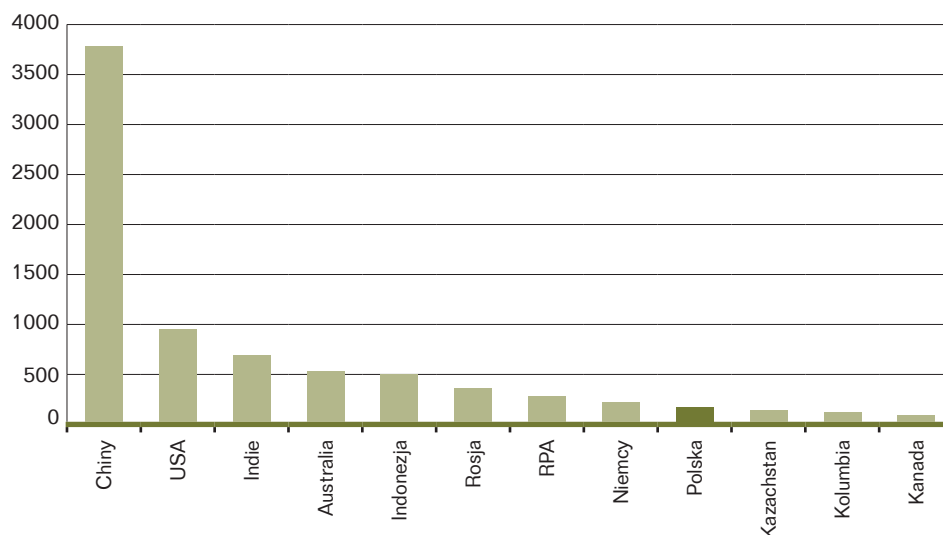
### Istota czystych technologii węglowych

Środowisko naturalne i jego bogate zasoby są wspólnym dobrem całej ludzkości. Umiejętne korzystanie z nich powinno zapewniać rozwój gospodarczy i dobrobyt społeczeństwu. Nie należy jednak zapominać o zasadzie zrównoważonego i mądrego korzystania z tych zasobów. Jednym

z głównych zasobów energetycznych świata jest węgiel kamienny. Ten cenny surowiec stanowi przede wszystkim podstawowe źródło energii dla gospodarek i jest niezbędny dla rozwoju przemysłu chemicznego oraz infrastruktury. Ponad 40% światowej produkcji energii elektrycznej oraz 70% światowej produkcji stali odbywa się z wykorzystaniem węgla.

<sup>1</sup> Artykuł opracowany na podstawie Informacji o wynikach kontroli: „Alternatywne metody wykorzystania węgla kamiennego do produkcji paliw gazowych i płynnych”, nr ewid. P/15/016, 27 października 2015 r.

Rysunek 1. Najwięksi producenci węgla w 2014 r. (w mln ton)



Źródło: Opracowanie własne.

Jak podaje World Coal Association<sup>2</sup>, obecnie wydobycie węgla kamiennego w skali światowej sięga rocznie 7212 mln ton (Mt). Do największych producentów węgla należą Chiny (3748 Mt), Stany Zjednoczone Ameryki (916 Mt), Australia (491 Mt) oraz Indonezja (471 Mt). Polska z wydobyciem na poziomie 137 Mt plasuje się na dziewiątym miejscu, za Niemcami (187 Mt) a przed Kazachstanem (116 Mt).

Wydobycie węgla prowadzone jest dwiema metodami: odkrywkową oraz głębinową. Metoda odkrywkowa, która jest najbardziej wydajna z ekonomicznego punktu widzenia, może być wykorzystywana tam, gdzie pokłady węgla występują stosunkowo

płytko. Przyczynia się ona jednak do znacznej degradacji środowiska naturalnego w miejscu wydobycia i nie może być zastosowana na obszarach zurbanizowanych. Wykorzystywana jest głównie w Stanach Zjednoczonych i Australii. Metoda głębinowa umożliwia z kolei sięgnięcie do złóż węgla położonych głęboko pod powierzchnią (nawet ponad kilometr). Znalazła zastosowanie w rejonach gęściej zaludnionych w Europie, w Azji i Afryce. Metoda ta nie jest jednak obojętna dla środowiska. Powoduje między innymi powstawanie tak zwanych szkód górniczych, objawiających się tąpnięciami i zapadaniem powierzchni gruntu nad i w okolicach wyrobisk.

<sup>2</sup> <<http://www.worldcoal.org>>



Poza czynnikami związanymi ze sposobem wydobycia drugą kwestią, równie istotną z punktu widzenia wpływu na środowisko naturalne, a związaną z wykorzystaniem z zasobów węgla kamiennego, jest sposób jego dalszego wykorzystania jako źródła energii w przemyśle i energetyce. Węgiel kamienny jest nieodnawialnym źródłem energii. Skała węglowa powstawała głównie w erze paleozoicznej (ok. 360-290 mln lat temu), w procesie długotrwałych przemian biochemicznych i geochemicznych martwej materii organicznej pod działaniem ciśnienia i temperatury. Węgiel kamienny składa się w 75-96% z węgla (C), 1-6% wodoru (H), 1-18% tlenu (O), 0,8-2% siarki i azotu (S, N). Jego spalanie powoduje 43% światowej emisji dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>)<sup>3</sup>, uznanego za istotny czynnik tak zwanego efektu cieplarnianego. Od 1971 r. wartość emisji CO<sub>2</sub> wzrosła o 168% – z 5,2 Gt<sup>4</sup> do 8,3 Gt w 2012 r. Od 2004 r. węgiel jest głównym źródłem globalnej antropogenicznej emisji CO<sub>2</sub>, niemniej jednak nadal jest on głównym surowcem energetycznym.

Ochrona środowiska, a szczególnie redukcja emisji gazów cieplarnianych, jest aktualnie w centrum uwagi światowej opinii publicznej i polityki. Unia Europejska założyła sobie w tak zwanym pakiecie klimatycznym bardzo restrykcyjne cele w tym zakresie. Dąży do ograniczenia do 2020 r. emisji gazów cieplarnianych o 20% (z opcją

30% redukcji, o ile w zostaną zawarte stosowne porozumienia międzynarodowe) w stosunku do stanu z 1990 r., zwiększenia udziału źródeł odnawialnych w bilansie energetycznym do 20% oraz zwiększenia o 20% efektywności energetycznej. Powyższe cele znalazły odzwierciedlenie w „Strategii na rzecz inteligentnego i zrównoważonego rozwoju sprzyjającego włączeniu społecznemu – Europa 2020”<sup>5</sup> oraz w „Strategii na rzecz konkurencyjnego, zrównoważonego i bezpiecznego sektora energetycznego – Energia 2020”<sup>6</sup>.

Na 21. szczycie klimatycznym Organizacji Narodów Zjednoczonych – COP21 (ang. *Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change*), zorganizowanym w Paryżu 12 grudnia 2015 r., blisko 200 państw zawarło globalne porozumienie, którego realizacja ma zapobiec wzrostowi temperatur spowodowanemu przez efekt cieplarniany. Porozumienie zakłada redukcję emisji gazów cieplarnianych w skali całej planety.

Głównymi postanowieniami dokumentu są:

- ograniczenie globalnego ocieplenia klimatu do końca bieżącego stulecia do 2°C w porównaniu z okresem sprzed rewolucji przemysłowej oraz podjęcie wysiłków w celu jego zredukowania do 1,5°C; aby to osiągnąć, roczna emisja CO<sub>2</sub> w 2030 r. nie powinna przekroczyć 40 Gt i powinna spadać poniżej tego poziomu;

<sup>3</sup> Według raportu 50 naukowców opublikowanego w *Earth System Science Data*: <http://www.earth-syst-sci-data.net/6/235/2014/essd-6-235-2014.pdf> >, 3.09.2015 r.

<sup>4</sup> 1 Gt (gigatona) = 1 000 000 000 ton

<sup>5</sup> Com (2010) 2020 z 3.03.2010 r.

<sup>6</sup> Com (2010) 639 z 10.11.2010 r.

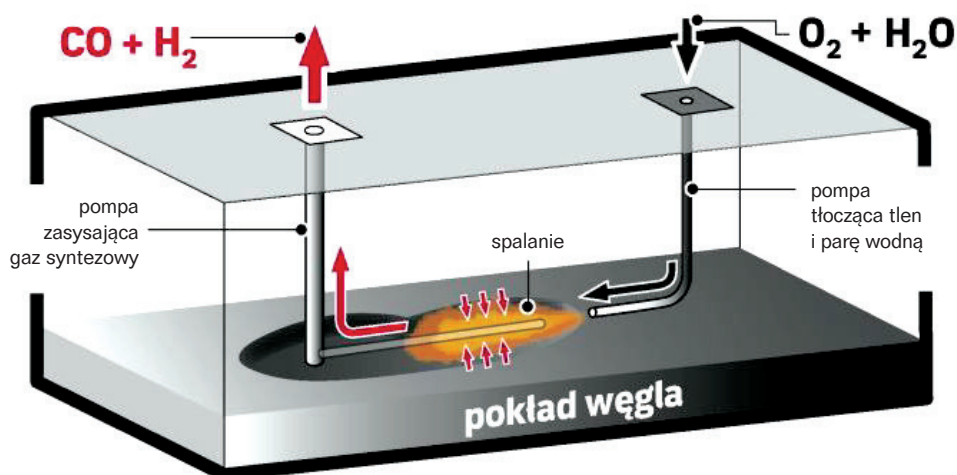
- utworzenie funduszu na rzecz ograniczenia zmian klimatu przez kraje rozwijające się, finansowanego od 2020 r. kwotą 100 mld dolarów rocznie przez kraje rozwinięte;
- ocena efektów realizacji porozumienia co 5 lat.

Nie bez powodu zatem nawet najwięksi producenci węgla podejmują próby poszukiwania i rozwoju alternatywnych metod, które nie tylko wyjdą naprzeciw rosnącym oczekiwaniom społeczności międzynarodowej w kwestii ograniczania emisji szkodliwych substancji do powietrza i ochrony środowiska naturalnego, ale również umożliwią bardziej efektywne wykorzystanie tego surowca.

Nie wszystkie badania naukowe w zakresie czystych technologii są motywowane wyłącznie troską o środowisko. Impulsem

do badań nad nowymi technologiami wykorzystania węgla są również względy gospodarcze i chęć zwiększenia energetycznej niezależności. Alternatywną metodą wydobycia węgla kamiennego w stosunku do tradycyjnych metod jest naziemne zgazowanie węgla. Zamiast spalania tego surowca w piecach, przekształca się go w drodze reakcji chemicznej w syntetyczny gaz naturalny (ang. *synthetic natural gas* – SNG), który można następnie wykorzystać bezpośrednio do produkcji energii lub w przemyśle chemicznym. Sam proces zgazowania jest znany od dziesięcioleci. Na przykład Chiny widzą w nim perspektywę zaspokojenia rosnących potrzeb energetycznych i uniezależnienia się od importu płynnego gazu naturalnego (ang. *liquefied natural gas* – LNG). Kraj ten planuje uzyskanie 50 mld m<sup>3</sup> gazu z węgla

Rysunek 2. Schemat procesu podziemnego zgazowania węgla



Źródło: „Rzeczpospolita” wydanie 7880, 4.12.2007 r., Barbara Cieszewska: *Polscy naukowcy chcą, żeby węgiel palił się jeszcze pod ziemią.*



do 2020 r., co powinno zaspokoić ponad 10% całkowitego zapotrzebowania krajowego. Istnieją jednak istotne problemy związane z tą technologią. Po pierwsze, zgazowanie węgla generuje więcej CO<sub>2</sub> niż tradycyjne spalanie. Drugim problemem jest zużycie wody. Zgazowanie węgla jest jedną z technologii o najwyższym zużyciu wody do produkcji energii.

Poszukuje się również innych alternatywnych metod uzyskania gazu z pokładów węgla. Jedną z nich jest wydobycie metanu pochodzącego ze złóż węgla, zwanego także metanem kopalnianym (ang. *coal seam gas* – CSG), który jest formą gazu ziemnego. W ostatnich latach stał się on ważnym źródłem energii między innymi w Stanach Zjednoczonych, Kanadzie i Australii. Powyższa technologia charakteryzuje się co prawda niską emisją CO<sub>2</sub>, jednak jej przeciwnicy zwracają uwagę na zanieczyszczenie wód, osiadanie gruntu i problem z bezpieczną utylizacją zanieczyszczonej wody wykorzystywanej w procesie wydobycia.

Odmianą od pozostałych technologii produkcji gazu z węgla jest podziemne zgazowanie węgla (ang. *underground coal gasification* – UCG). Proces ten jest znany już od XIX wieku, jednak nie ma on, jak dotąd, większego znaczenia gospodarczego. Obecnie na świecie funkcjonuje tylko jedna komercyjna instalacja tego typu – w Uzbekistanie, od 1955 r. Prace pilotażowe w tym kierunku trwają od kilkunastu lat, między innymi w Australii i Afryce południowej. Podziemne zgazowanie węgla

może być prowadzone dwiema metodami<sup>7</sup>, w zależności od sposobu udostępnienia złoża – metodą szybową i bezszybową. Metoda szybowa dotyczy pokładów w wyeksploatowanych przez górnictwo kopalniach, w których pozostają resztkowe pokłady węgla, a tradycyjne wydobycie nie jest w nich już opłacalne. Metoda bezszybowa polega na udostępnieniu złóż węglowych przez wiercenia kierunkowe z powierzchni ziemi.

Postęp techniczny oraz wysokie do niedawna ceny gazu powodowały wzrost zainteresowania tą technologią, szczególnie w kontekście głębokich złóż, które nie mogą być eksploatowane tradycyjnymi metodami wydobywczymi. Proces podziemnego zgazowania polega na wpompowaniu do złoża, za pomocą jednego odwiertu, tlenu i pary wodnej oraz doprowadzenie do zapłonu. W wyniku kontrolowanego spalania węgla powstaje gaz syntezowy<sup>8</sup>, zawierający: wodór, metan, tlenek i dwutlenek węgla, które są następnie odpompowywane drugim odwiertem. Gaz syntezowy można następnie przetworzyć na paliwa płynne, syntetyczny gaz ziemny oraz wykorzystać do produkcji energii. Według niektórych źródeł, w wyniku tego procesu powstaje 20% ilości CO<sub>2</sub> w stosunku do ilości powstającej przy tradycyjnym wykorzystaniu węgla, przy czym jego unieszkodliwienie wciąż pozostaje problemem, szczególnie że prace nad sekwestracją CO<sub>2</sub> (ang. *carbon capture and storage* – CCS) wciąż nie przynoszą

<sup>7</sup> Przegląd metod podziemnego zgazowania węgla na podstawie wybranych przeprowadzonych prób na świecie – „Przegląd Górniczy” nr 2, luty 2013 r.

<sup>8</sup> Dalej także jako: „syngaz”.

zadowalających efektów. Ponadto, jak podnoszą niektórzy eksperci, na obecnym etapie rozwoju tej technologii istnieje również inne ryzyko, które należy brać pod uwagę, między innymi utrata kontroli nad procesem podziemnego zgazowania i trudności z jego wygaszaniem czy powstawanie pod ziemią kawern, których zachowanie, w tym mogące skutkować zapadaniem się gruntu, trudno dzisiaj w pełni przewidzieć.

### **Polskie osiągnięcia w zakresie technologii zgazowania węgla**

Również polska nauka podjęła wyzwanie opracowania, w skali pilotażowej, technologii zgazowania węgla. W latach 2010–2015 konsorcjum jednostek badawczo-rozwojowych oraz partnerów przemysłowych realizowało zadanie badawcze pod nazwą „Opracowanie technologii zgazowania węgla dla wysokoefektywnej produkcji paliw i energii”. W skład konsorcjum weszły jednostki naukowo-badawcze: Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie (lider konsorcjum), Główny Instytut Górnictwa w Katowicach, Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla w Zabrze i Politechnika Śląska w Gliwicach. Partnerami przemysłowymi tego przedsięwzięcia były: Katowicki Holding Węglowy SA, KGHM Polska Miedź SA, TAURON Polska Energia SA, Południowy Koncern Energetyczny SA, Południowy Koncern Węglowy SA oraz Zakłady Azotowe Kędzierzyn SA. Projekt o wartości 80 mln zł finansowany był przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach „Strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych – zaawansowane technologie pozyskiwania energii”. Ponadto partnerzy

przemysłowi wnieśli łączny wkład o wartości około 16 mld zł.

Celem projektu było opracowanie optymalnych konfiguracji oraz wytycznych procesowych i projektowych układów zgazowania węgla, stanowiących podstawę budowy krajowych instalacji demonstracyjnych, a w szczególności opracowanie i sprawdzenie w skali pilotażowej procesów:

- ciśnieniowego zgazowania węgla,
- podziemnego zgazowania węgla,
- oczyszczania i konwersji gazu w powiązaniu z systemem usuwania CO<sub>2</sub>.

Głównymi rezultatami realizacji zadania badawczego miały być:

- opracowanie i weryfikacja w skali pilotażowej procesów naziemnego i podziemnego zgazowania węgla;
- opracowanie dokumentacji procesowej układów stanowiących podstawę budowy krajowych instalacji demonstracyjnych, obejmującej instalacje zgazowania naziemnego i podziemnego;
- opracowanie dla uwarunkowań krajowych strategicznych kierunków rozwoju czystych technologii węglowych wykorzystujących procesy zgazowania węgla dla zastosowań w energetyce i przemyśle chemicznym.

W ramach projektu udało się przeprowadzić badania dotyczące wymagań technologicznych przygotowywania węgla do procesu zgazowania oraz możliwości zagospodarowania produktów ubocznych (m.in. popiołu, żużlu, substancji smolistych), powstających w wyniku tego procesu. Przeprowadzono także trójwymiarową analizę numeryczną deformacji górotworu i powierzchni, wywołanych podziemnym zgazowaniem węgla.



W etapie, którego celem było określenie krajowej bazy surowcowej dla zgazowania węgla kamiennego podsumowano, zidentyfikowano i zweryfikowano złoża węgla kamiennego Dolnośląskiego (DZW) i Lubelskiego Zagłębia Węglowego (LZW). Ustalono, że zasoby węgla w niezagospodarowanych złożach LZW, potencjalnie przydatne do podziemnego zgazowania, wynoszą 878,5 mln ton, co stanowi około 10,3% całości zasobów bilansowych. Jednak, jak stwierdzono w raporcie rocznym z realizacji zadania badawczego za 2014 r., podziemne zgazowanie najgrubszych fragmentów pokładów przez otwory z powierzchni przeszkodziłoby w bezpiecznym wybraniu pozostałych części pokładów metodami konwencjonalnymi. Z kolei w przypadku DZW udział odpowiednich typów węgla w cienkich, silnie zaburzonych tektonicznie i objętych wcześniej eksploatacją pokładach jest minimalny, obecność gazów złożowych bardzo znacząca, a szczelność górotworu wyjątkowo mała. Wobec powyższego wykorzystanie resztkowych zasobów DZW do podziemnego zgazowania nie znajduje uzasadnienia. Złoża dolnośląskie, uznane za nieperspektywiczne dla ponownego ich zagospodarowania na większą skalę tradycyjnymi technikami górniczymi, wydają się w świetle wyników badań nieatrakcyjne lub wręcz wykluczone dla stosowania w nich podziemnego zgazowania węgla. Węgle energetyczne ze złóż LZW w większości nadają się natomiast do skutecznego zgazowania naziemnego. W Polsce pokłady węgla nadające się do wykorzystania metodą podziemnego zgazowania są bardzo rozproszone, co stanowi istotną barierę w racjonalnym wykorzystaniu tych zasobów. Według wyników

dotychczasowych badań, przy obecnym poziomie rozwoju technologii podziemnego zgazowania węgla możliwości racjonalnego wykorzystania zasobów przy użyciu tej metody eksploatacji są jednak znacznie ograniczone w porównaniu z metodami konwencjonalnymi. Podziemne zgazowanie może być stosowane tylko w przypadku pokładów o miąższości przekraczającej 1,5 m, niezaburzonych tektonicznie, występujących na obszarze co najmniej 4-5 km<sup>2</sup> i znajdujących się w bezpiecznej odległości od pokładów sąsiednich.

W trakcie prowadzonych od 2010 r. badań wytypowana została także baza surowcowa Górnośląskiego Zagłębia Węglowego do podziemnego zgazowania przy wykorzystaniu metody szybowej, otworowo-szybowej oraz metody otworów z powierzchni. Po przeprowadzonej selekcji pokładów węgla pod kątem możliwości ich wykorzystania do podziemnego zgazowania, dla metody szybowej zasoby określono na 528 mln ton węgla, natomiast dla metody szybko-otworowej wytypowano 1,88 mld ton. W złożach niezagospodarowanych wytypowano 1,29 mld ton zasobów odpowiadających kryteriom do podziemnego zgazowania metodą otworową.

Głównym etapem zadania badawczego była wykonana przez Główny Instytut Górnictwa (GIG) we współpracy z partnerem przemysłowym – Katowickim Holdingiem Węglowym (KHW) budowa georeaktora pilotażowego i próba podziemnego zgazowania węgla, prowadzona od marca do września 2014 r. w partii pokładu 501 kopalni „Wieczorek”. W efekcie zakończonego powodzeniem eksperymentu udało się zgazować około 245 ton

węgla i uzyskać około 1 033 000 m<sup>3</sup> syngazu. Wynik tego eksperymentu ma zostać wykorzystany do przygotowania projektu instalacji demonstracyjnej oraz do opracowania priorytetowych kierunków rozwoju podziemnego zgazowania węgla. Mimo że eksperyment zakończył się sukcesem, skalę problemów i potencjalnego, nie zawsze dającego się zidentyfikować ryzyka przy stosowaniu tej metody potwierdziły początkowe trudności, a w konsekwencji trwająca trzy miesiące przerwa w jego realizacji. Po ośmiu godzinach od pierwszego uruchomienia proces musiał zostać przerwany, a georeaktor schłodzony azotem. Przyczyną zatrzymania procesu była niedrożność otworów technologicznych, zawadnienie odwiertów i rurociągu zgazowującego skutkujące pulsacjami ciśnienia oraz nieszczelność rurociągu odprowadzającego produkty zgazowania i urządzeń zabudowanych na rurociągach. Po usunięciu przyczyn awarii eksperyment wznowiono i doprowadzono do końca. Następnie georeaktor został wygaszony i wychłodzony.

Opisana próba pilotażowa w KWK „Wieczorek” została zrealizowana w czynnej kopalni, w warunkach skrajnie trudnych dla bezpieczeństwa ludzi. Eksperyment zakończył się powodzeniem, ale sformułowanie twierdzeń o bezpiecznej eksploatacji tą metodą wymaga dalszych prac badawczo-rozwojowych oraz zbudowania i przetestowania instalacji w skali demonstracyjnej. Do budowy takiej instalacji konieczne będzie znalezienie odpowiedniej

lokalizacji pokładu (rzędu 100 tys. ton) oraz infrastruktury umożliwiającej zagospodarowanie gazu bez ponoszenia nadmiernych kosztów. Koszt budowy układu demonstracyjnego o mocy około 8-10 MW szacowany jest w przedziale od 80 do 100 mln zł.

### Uwarunkowania wdrożenia pionierskich technologii zgazowania węgla

Innowacyjność jest akceleratorem długofalowego wysokiego poziomu konkurencyjności przedsiębiorstw, dlatego też coraz częściej przedsiębiorstwa biorą czynny udział w badaniach naukowych prowadzonych przez konsorcja naukowe. Jednocześnie przemysł dąży do jak najszybszego wykorzystania pionierskich technologii w produkcji, aby zapewnić odpowiednią stopę zwrotu z nakładów poczynionych na B+R oraz inwestycyjnych. W przypadku branży wydobywczej implementacja nowatorskich technologii jest obarczona znacznym ryzykiem. Oprócz konieczności poniesienia wysokich nakładów finansowych, kolejnym czynnikiem ryzyka jest to, że szereg innowacyjnych metod wydobycia węgla opracowanych w innych krajach odnosi się do odmiennych od polskich warunków geologicznych.

Rozważając kwestie czynników warunkujących wykorzystanie zgazowania węgla, należy stwierdzić, że są one zależne od stosowanej techniki zgazowania. Jak wynika z przeprowadzonej kontroli NIK<sup>9</sup>, wykorzystanie technologii naziemnego

<sup>9</sup> Dane uzyskano w trakcie przeprowadzania kontroli nr P/15/016 pt. *Alternatywne metody wykorzystania węgla kamiennego do produkcji paliw gazowych i płynnych.*





zgazowania węgla przez polski przemysł zależy od poziomu ryzyka finansowego inwestycji oraz wielkości ewentualnego wsparcia ze strony rządowej. Przedsiębiorcy oczekują od rządu stworzenia systemu wsparcia tego typu przedsięwzięć, zwłaszcza w początkowym okresie komercjalizacji technologii. Wdrożenie do produkcji nowatorskiej metody podziemnego zgazowania węgla jest natomiast uwarunkowane dalszym postępowaniem badań naukowych, a także (w mniejszym stopniu) zmianą obowiązujących przepisów prawa.

Naziemne zgazowanie węgla jest powszechnie wykorzystywane na skalę przemysłową. Na świecie działa około 300 instalacji zgazowania, z których najwięcej zlokalizowanych jest w Chinach, gdzie ich liczba wzrasta lawinowo<sup>10</sup>. W Polsce pierwsze przymiarki do wykorzystania tej technologii podejmuje branża chemiczna, planująca wykorzystanie powstających produktów zgazowania węgla w syntezie chemicznej. Już w 2008 r. w Zakładach Azotowych Kędzierzyn SA<sup>11</sup> powstały pierwsze plany budowy instalacji zgazowania węgla oraz wychwytywania i składowania dwutlenku węgla. W ówczesnych założeniach inwestycyjnych przyjmowano, że inwestycja otrzyma wsparcie z funduszy europejskich, które miały zostać wykorzystane w finansowaniu 12 instalacji demonstracyjnych w zakresie wychwytywania CO<sub>2</sub>. Jednak, w związku z kryzysem

gospodarczym, Komisja Europejska obniżyła planowane wielkości dofinansowania tego typu inwestycji. Zdaniem spółki, zmniejszenie dofinansowania zewnętrznego do około jednej czwartej wszystkich kosztów inwestycji istotnie obniżyło rentowność inwestycji i spowodowało zaniechanie jej realizacji<sup>12</sup>.

Wraz z rozwojem technologii naziemnego zgazowania węgla oraz zmian zachodzących na rynkach surowców technologie te mogą stać się atrakcyjne ekonomicznie. Z opracowań wykonanych przez Tomasza Chmielaka z Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla w Zabrze, jak również z danych pochodzących ze światowych publikacji wynika, że koszt metanolu powstałego ze zgazowania węgla jest niższy od cen rynkowych tego produktu. Porównanie kosztu wytworzenia metanolu z gazu powstałego ze zgazowania węgla, wynoszącego 263 euro, do cen rynkowych metanolu z 2014 r. wskazuje, że był on niższy w granicach od 60 do 187 euro za tonę<sup>13</sup>. Postęp technologiczny na przełomie kilku ostatnich lat kształtuje nowe warunki, sprzyjające podejmowaniu inwestycji w tej dziedzinie.

W 2015 r. Zakłady Azotowe Kędzierzyn SA posiadały najbardziej zaawansowane plany inwestycyjne w zakresie wykorzystania naziemnego zgazowania węgla. Nie bez znaczenia jest przy tym odległość zakładów tej spółki od kopalń węgla

<sup>10</sup> <<http://gornicza.com.pl/aktualnosc/4160/reaktory-dla-miliona-ton-wegla>>, 1.12.2015 r.

<sup>11</sup> Obecnie spółka ta wchodzi w skład Grupy Azoty.

<sup>12</sup> <<http://www.chemiaibiznes.com.pl/aktualnosc/grupa-azoty-zak-wciaz-chce-inwestowac-w-projekt-zgazowania-wegla>>, 2.12.2015 r.

<sup>13</sup> <<http://www.rp.pl/Wegiel/31122945-Ekspert-technologie-zgazowania-wegla-atrakcyjne-ekonomicznie.html>>, 2.12.2015 r.

kamiennego, umożliwiającą zmniejszenie kosztów transportu węgla do zgazowania, co rzutuje na rentowność przedsięwzięcia. Rocznie planuje się zgazować od około 900 tys. do nawet miliona ton węgla kamiennego. Z założeń planistycznych wynika, że koszt inwestycji będzie wynosił 2,4-2,5 mld zł. Instalacja do zgazowania powstanie około 2020 r. Inwestor zakłada, że będzie ona eksploatowana przez 30 lat. Ostateczna decyzja o rozpoczęciu inwestycji będzie jednak zależała od wyników studium wykonalności oraz konstrukcji finansowej inwestycji, których opracowanie przewidziano na koniec 2015 roku<sup>14</sup>.

Podziemne zgazowanie węgla może być szczególnie atrakcyjne dla spółek z branży wydobywczej, które postrzegają tę technologię jako alternatywną metodę eksploatacji pozabilansowych pokładów węgla o niewielkiej miąższości, zalegających na głębokościach, z których wydobycie metodami tradycyjnymi jest nieopłacalne lub nawet nieosiągalne technologicznie. Zgazowanie węgla może być istotnym czynnikiem inicjującym wzrost popytu na węgiel. Metoda ta w perspektywie najbliższych lat będzie miała jednak niewielkie znaczenie na terenie Polski. Zasadniczym ograniczeniem dla jej wprowadzenia jest dysponowanie odpowiednią technologią, która jest na tyle poznana, aby można było wykluczyć powstanie zagrożeń dla środowiska, ludzi i mienia. Dodatkowo technologia ta wymagałaby dokonania zmian

przepisów prawnych w zakresie geologii i górnictwa.

Zdaniem przedsiębiorców<sup>15</sup> biorących udział w badaniach nad technologiami zgazowania węgla, wyniki przeprowadzonego eksperymentu badawczego w KWK „Wieczorek” nie przesądzają o jednoznacznym zastosowaniu tych technologii w praktyce lub też odrzuceniu. W ich opinii, etap praktycznego wykorzystania technologii podziemnego zgazowania węgla musi być poprzedzony szeregiem długoletnich badań prowadzonych na małych instalacjach pilotażowych i półprzemysłowych, czyli demonstracyjnych, które potwierdzą ostatecznie efektywność ekonomiczną i bezpieczeństwo dla środowiska. Wdrożenie na skalę przemysłową jest możliwe około 2030 r., po przeprowadzeniu testów w skali demonstracyjnej.

Jednocześnie warunkiem koniecznym do wdrożenia technologii jest zmiana obowiązujących przepisów prawnych w zakresie geologii i górnictwa w taki sposób, aby podziemne zgazowanie węgla mogło być uznane za jedną z form wydobycia tego surowca. Obecnie obowiązujące Prawo geologiczne i górnicze nie uwzględnia tego zakresu, co uniemożliwia uzyskanie koncesji na wydobycie kopaliny przy wykorzystaniu tej technologii. Jak wynika z ustaleń kontroli NIK<sup>16</sup>, Minister Środowiska nie dokona zmian przepisów prawnych dopóki nie będzie miał pewności, że technologia podziemnego zgazowania węgla jest

<sup>14</sup> Tamże.

<sup>15</sup> Dane uzyskano w trakcie przeprowadzania kontroli nr P/15/016 pt. *Alternatywne metody wykorzystania węgla kamiennego do produkcji paliw gazowych i płynnych*.

<sup>16</sup> Tamże.



bezpieczna dla środowiska, ludzi i mienia. Zdaniem ministra, informacje uzyskane w trakcie przeprowadzania eksperymentu naukowego w KWK „Wieczorek”, jak również doświadczenia australijskie z badań przeprowadzonych w stanie Queensland w Australii, nie dają wystarczającego zapewnienia, że komercyjna eksploatacja będzie bezpieczna.

W opinii Ministra Środowiska, z dotychczasowych wyników badań naukowych nad technologią podziemnego zgazowania nie wynika jednoznacznie, z jakimi zagrożeniami dla środowiska, ludzi i mienia wiąże się przemysłowe stosowanie tej metody. Wymieniane w stanowisku Ministerstwa Środowiska zagrożenia są potencjalne, ale istnieje pewne ryzyko ich zmaterializowania się, na przykład: osiadanie terenu, negatywny wpływ na glebę i wody podziemne zarówno w trakcie procesu zgazowania, jak i po jego zakończeniu. Dodatkowo może dochodzić do zanieczyszczeń spowodowanych przede wszystkim przez związki aromatyczne (benzen, toluen, etylobenzen, ksyleny, fenole). Istnieje również wysokie ryzyko uwalniania znacznych ilości metali ciężkich z popiołów powstających w trakcie przebiegu procesu. Wysokie temperatury panujące w georeaktorze, powodujące znaczne rozgrzanie górotworu, mogą wpływać na wzrost rozpuszczalności zanieczyszczeń w wodach podziemnych i ułatwiać ich migrację do warstw wodonośnych. Dużej mobilności zanieczyszczeń w otoczeniu georeaktora mogą sprzyjać spękania górotworu oraz pokładów węgla.

Z kolei zdaniem Ministra Gospodarki, główną przeszkodą wdrożenia na skalę przemysłową technologii podziemnego zgazowania węgla jest brak odpowiednich

przepisów prawnych w zakresie bezpieczeństwa, koncesjonowania i ochrony środowiska, regulujących realizację przedsięwzięć w tym zakresie. Minister podzielił również zdanie przedsiębiorców, że zgazowanie węgla na skalę przemysłową w Polsce jest inwestycją zbyt drogą dla spółek krajowych, niedającą gwarancji na jej pełny sukces.

Instrumentem łagodzącym przeszkody implementacji technologii podziemnego zgazowania węgla mogłoby być systemowe wsparcie rodzimych projektów badawczych przeprowadzanych zarówno w skali pilotażowej, jak i demonstracyjnej (czyli półprzemysłowej) oraz systemowe wsparcie przedsiębiorstw zainteresowanych stosowaniem tej technologii.

### Istotne ustalenia kontroli NIK

W 2015 r. Najwyższa Izba Kontroli przeprowadziła kontrolę pt. „Alternatywne metody wykorzystania węgla kamiennego do produkcji paliw gazowych i płynnych”. Jej zakres obejmował zagadnienia związane z planowaniem, organizacją, przeprowadzaniem i koordynacją badań naukowych realizowanych w ramach strategicznego programu badań pn. „Zaawansowane technologie pozyskiwania energii”, zatytułowanego „Opracowanie technologii zgazowania węgla dla wysokoefektywnej produkcji paliw i energii elektrycznej”. Kontroli poddano podmioty zaangażowane w istotny sposób w prace badawczo-rozwojowe, Ministerstwo Gospodarki, Ministerstwo Środowiska oraz Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

W podsumowaniu wyników kontroli stwierdzono, że na obecnym etapie badań i gotowości do realizacji fazy

demonstracyjnej perspektywa przemysłowego zastosowania wypracowanych technologii podziemnego zgazowania węgla jest odległa i przy ostrożnych szacunkach sięga 2030 r. Niemniej jednak w trakcie kontroli ustalono, że zamierzony cel badań naukowych został osiągnięty. Na koniec 2015 r. zaplanowano opracowanie teoretycznych podstaw budowy krajowych instalacji demonstracyjnych podziemnego zgazowania węgla. Podjęcie następnego etapu prac naukowych będzie jednak zależne od synergicznych i skoordynowanych działań administracji rządowej, środowiska naukowców i przedsiębiorców. Od rządu zależny jest system wsparcia dla przedsiębiorców w początkowym okresie implementacji technologii, stymulujący ich zainteresowanie inwestycjami w innowacyjne technologie oraz zmiana przepisów prawa w dziedzinie geologii i górnictwa.

Z ustaleń kontroli wynika, że administracja rządowa może okazać się najsłabszym ogniwem w łańcuchu decyzyjno-skutkowym. Działania podejmowane przez Ministra Gospodarki w zakresie wspierania rozwoju czystych technologii węglowych były nieefektywne. Przede wszystkim Minister nie zapewnił skutecznego planowania i monitorowania projektów badawczych i inwestycyjnych, a koordynacja rozwoju nowych technologii sprowadzała się do biernego oczekiwania na wyniki prac badawczych. Jednocześnie

strona rządowa nie miała koncepcji praktycznego i szybkiego wdrożenia wyników przeprowadzonych badań. Pomimo uwzględnienia technologii zgazowania węgla w strategii „Bezpieczeństwo energetyczne i środowisko”<sup>17</sup> oraz „Strategii innowacyjności i efektywności gospodarki”<sup>18</sup>, w których wskazuje się na istotność koordynacji i dalszego rozwoju badań, nie powstały programy wykonawcze, które wytyczałyby ścieżkę rozwojową. W projektach programów operacyjnych i wykonawczych nie przedstawiono żadnych nowych działań w dziedzinie zgazowania węgla. W projekcie „Polityka energetyczna Polski do 2050 roku” (PEP) ponownie zawarto jedynie lakoniczne wzmianki o dalszej intensyfikacji prac naukowo-badawczych w tym obszarze oraz tworzeniu zaplecza dla rozwoju innowacji w energetyce. Nie wskazano konkretnych przedsięwzięć wspierających kontynuację badań nad zgazowaniem węgla. Również w projekcie programu wykonawczego do PEP 2050 nie uwzględniono żadnych działań odnoszących się bezpośrednio do procesu zgazowania węgla. Od początku 2013 r. nie ma aktualnego programu wykonawczego do „Polityki energetycznej Polski do 2030”. Także program „Śląsk 2.0” nie zawierał żadnych propozycji nowych działań ani nie przedstawiał spójnej koncepcji rozwoju czystych technologii węglowych w Polsce. Jednocześnie niepokojący był

<sup>17</sup> Uchwała nr 58 Rady Ministrów z 15.04.2014 r. w sprawie przyjęcia strategii *Bezpieczeństwo energetyczne i środowisko – perspektywa do 2020 r.* (M.P. poz.469), weszła w życie 16 kwietnia 2014 r.; dalej w skrócie: „BEiŚ”.

<sup>18</sup> Uchwała nr 7 Rady Ministrów z 15.01.2013 r. w sprawie Strategii innowacyjności i efektywności gospodarki *„Dynamiczna Polska 2020”* (M.P. poz.73), weszła w życie 13 lutego 2013 r.; dalej w skrócie: „SIEG”.



stan zaawansowania prac nad „Programem rozwoju górnictwa węgla kamiennego w latach 2016–2020 z perspektywą do roku 2027”, wskazujący na wysokie prawdopodobieństwo niewdrożenia go od 2016 r.

Podsumowując, kontrola wykazała, że istnieje istotne ryzyko niepodjęcia odpowiednich działań przez administrację rządową w celu wdrożenia wyników badań nad zgazowaniem węgla. Jednocześnie realizacja celów BEiŚ i SIEG rozpocznie się z opóźnieniem w stosunku do dnia wejścia w życie tych strategii.

Pomimo obowiązywania do końca 2012 r. programu wykonawczego do PEP 2030, Minister Gospodarki wykazał bierność w zakresie koordynacji i monitorowania prac nad rozwojem technologii zgazowania węgla. Praktycznie przedsięwzięcia promocyjne i koordynacyjne zakończyły się w 2009 r. Po prezentacji 26 marca 2009 r. „Studium wykonalności projektu instalacji do produkcji paliw gazowych i płynnych z węgla kamiennego” dyskusja ekspertów, polityków i inwestorów na temat realizacji projektu nie była koordynowana. Spotkania zorganizowane w II połowie 2013 r. z przedstawicielami nauki, przemysłu węglowego i firm zainteresowanych przemysłowym wykorzystaniem techniki zgazowania węgla zostały zainicjowane przez samych przedsiębiorców. Po zapoczątkowaniu strategicznego programu badań naukowych Minister Gospodarki jedynie oczekiwał na ich wyniki. Prowadzony przez ministra monitoring sprowadzał się tylko do sporządzania sprawozdań i informacji z realizacji programu wykonawczego do polityki energetycznej państwa. Z powodu braku programu wykonawczego do PEP 2030 r. system monitoringu prac dotyczących zgazowania węgla nie istniał.

Minister Środowiska natomiast rozpoczął monitorowanie rozwoju technologii podziemnego zgazowania węgla po interwencji Ministra Gospodarki i przedsiębiorcy zainteresowanego jej zastosowaniem w polskich złóżach węgla. Po zasięgnięciu informacji o rozwoju tej technologii oraz jej wpływie na środowisko naturalne, społeczeństwo i mienie podjął decyzję o niepodjęciu kroków zmierzających do zmiany przepisów prawnych w dziedzinie geologii i górnictwa. Minister uznał, że obowiązujące prawo nie powstrzymuje dalszych prac naukowych w tym zakresie, zatem nie ma przeszkód dla prowadzenia badań nad rozwojem technologii podziemnego zgazowania węgla, łącznie z fazą demonstracyjną.

Z kontroli wynika, że prace badawcze zostały wykonane w zaplanowanym zakresie. Jednak na obecnym etapie rozwoju technologii podziemnego zgazowania węgla perspektywa jej przemysłowego zastosowania jest odległa i, ostrożnie szacując, może być ona skomercjalizowana dopiero około 2030 r. Efekty innych badań, prowadzonych w tej dziedzinie w latach 2007–2010 nie zostały wykorzystane przez przemysł, głównie z powodu niewielkiego zainteresowania, gdyż dla przemysłu decydujące znaczenie ma możliwość skutecznego wdrożenia opłacalnej ekonomicznie technologii. Pomocne byłoby stworzenie odpowiedniej platformy wymiany doświadczeń pomiędzy środowiskiem naukowym a sektorem przedsiębiorstw. Przedsięwzięcia w tym zakresie zostały zainicjowane; 19 października 2015 r. Agencja Rozwoju Przemysłu SA, Główny Instytut Górnictwa oraz Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla (IChPW)

podpisały listy intencyjne dotyczący rozwoju programu czystych technologii węglowych. Celem programu jest monitorowanie wyników realizowanych w Polsce i za granicą innowacyjnych projektów zagospodarowywania węgla<sup>19</sup>.

Kontrola wykazała, że prowadzone przez jednostki badawczo-rozwojowe i KHW zadanie badawcze zostało zrealizowane w sposób skuteczny, efektywny i oszczędny. Zakres przeprowadzonych prac wskazywał, że zaplanowany efekt, którym było przygotowanie fazy demonstracyjnej, zostanie osiągnięty. Wydłużenie terminu oddania projektu do 3 listopada 2015 r. wynikało z trudności powstałych w trakcie przeprowadzania eksperymentu naukowego w KWK „Wieczorek”. Dodatkowo podjęto decyzję o uzupełnieniu i rozszerzeniu zakresu badań nad technologią zgazowania węgla w skali pilotażowej. Wyniki zrealizowanego badania zostały zaprezentowane na konferencji zorganizowanej przez AGH 28 września 2015 r., pt. „Opracowanie technologii zgazowania węgla dla wysokoefektywnej produkcji paliw i energii elektrycznej”.

Przedłużenie terminu zakończenia badań nie spowodowało konieczności zwiększenia dofinansowania ze strony Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (NCBR). Przekazane przez NCBR środki finansowe zostały wydatkowane w sposób oszczędny i zgodnie z planem. Zakupy potrzebnej aparatury badawczej, materiałów oraz innych niezbędnych zasobów

odbywały się przez udzielanie zamówień publicznych i służyły realizacji celu projektu naukowego. Niemniej jednak przyjęty przez NCBR system finansowania tego zadania badawczego nie sprzyjał optymalnemu gospodarowaniu środkami finansowymi przekazanymi beneficjentom w formie zaliczek i nie był wydajny w zakresie finansowania badań naukowych. Powodował bowiem gromadzenie znacznych wolnych kwot pieniężnych na rachunkach bieżących beneficjentów. Z ustaleń kontroli przeprowadzonej w IChPW wynika, że suma otrzymanych przez Instytut w latach 2010–2014 zaliczek wyniosła 26,8 mln zł. Kwoty wolnych środków na koniec każdego roku narastały i wynosiły odpowiednio: 640,4 tys. zł, 2464,5 tys. zł, 2823,8 tys. zł, 3688,4 tys. zł i 5456 tys. zł. Stan taki był wynikiem tego, że zaliczki na prowadzenie zadania badawczego były przekazywane w rocznych transzach, a w drugiej połowie 2012 r. NCBR złagodził rygor rozliczenia przez beneficjentów dotychczas przekazanych zaliczek. Umożliwiono bowiem otrzymanie kolejnej zaliczki już po rozliczeniu tylko 70% dotychczas otrzymanych dotacji (wcześniej 80%). Tylko w 2014 r. NCBR dokonał wypłaty zaliczek w dwóch transzach (po 50% każda). Taki system finansowania zadań badawczych przez NCBR nie odzwierciedlał zasad, jakimi kieruje się Ministerstwo Finansów, przekazując środki publiczne poszczególnym dysponentom. Z uwagi na wysoką przewidywalność zapotrzebowania beneficjentów

<sup>19</sup> <<http://www.arp.pl/dla-mediow/aktualnosci/arp,-gig-i-ichpw-beda-wspolpracowac-na-rzecz-wsparcia-innowacji-w-zagospodarowaniu-wegla>>, 10.12.2015 r.



Tabela 1. Odsetki od wolnych środków finansowych z zaliczek przekazanych w latach 2010–2014

	AGH	ICHPW	GIG	PŚ	Razem
<b>Kwota otrzymanych zaliczek</b>	<b>17 263 581,31</b>	<b>26 852 460,09</b>	<b>30 656 325,60</b>	<b>3 050 000,00</b>	<b>77 822 367,00</b>
Odsetki, w tym:					
2010 r.	20 580,86	96,91	444,40	2480,80	23 602,97
2011 r.	55 041,21	208,26	1 159,73	3 881,29	60 290,49
2012 r.	70 916,98	70 560,69	2 281,31	2 718,24	146 477,22
2013 r.	35 009,97	30 636,87	4 208,57	3 387,19	73 242,60
2014 r.	6 777,69	18 042,13	2 600,65	844,76	28 265,23
<b>Razem odsetki</b>	<b>188 326,71</b>	<b>119 544,86</b>	<b>10 694,66</b>	<b>13 312,28</b>	<b>331 878,51</b>

Źródło: Dane Akademii Górniczo-Hutniczej.

na środki finansowe (ok. 71% wydatków stanowiły wynagrodzenia kadry naukowej oraz zakupy zaplanowanych usług i towarów), zdaniem NIK, możliwe było przekazywanie pieniędzy dopiero w momencie, kiedy były one niezbędne do realizacji projektu. Stwierdzono również niejednorodne podejście do zarządzania przez beneficjentów wolnymi środkami. Dobrą praktyką było gospodarowanie nimi przez Akademię Górniczo-Hutniczą (AGH). Uczelnia uzyskała najwyższe spośród wszystkich beneficjentów przychody z tytułu odsetek od okresowo wolnych środków, mimo że kwota dotacji przyznanej AGH nie była najwyższa. Podobną praktykę stosował również IChPW w latach 2012–2014.

Niewystarczająco efektywny był system monitorowania stopnia osiągnięcia celów projektu badawczego, przyjęty przez NCBR. Nie był on ponadto odpowiedni dla dokonania oceny postępu prac i zgodności rezultatów z założonymi celami projektu

naukowego. W początkowym okresie realizacji zadania badawczego (w 2010 r.) NCBR nie wprowadził metodyki monitorowania stanu jego zaawansowania. Zdefiniowany w styczniu 2011 r. wskaźnikowy monitoring produktu i rezultatu uwzględniał wskaźniki, które nie odzwierciedlały stopnia zaawansowania prac i osiągnięcia celów zadania badawczego. Jako wskaźniki produktu przyjęto między innymi: liczbę obronionych i otwartych przewodów doktorskich i habilitacyjnych przez osoby zaangażowane w zadanie badawcze i obejmujących jego tematykę oraz liczbę obronionych prac licencjackich, inżynierskich i magisterskich obejmujących tematykę zadania badawczego, których promotorem są osoby zaangażowane w to zadanie.

## Podsumowanie

Jak ustalono w trakcie kontroli, stopień zaawansowania prac nad rozwojem czystych technologii węglowych do produkcji gazu

i paliw płynnych z węgla kamiennego wskazuje, że zaplanowane cele i rezultaty powinny zostać osiągnięte w zakładanym terminie. Optymalne konfiguracje oraz wytyczne procesowe i projektowe układów zgazowania węgla, będące podstawą budowy instalacji demonstracyjnych, stanowiących kolejny etap w rozwoju tej technologii w Polsce, miały być opracowane do końca 2015 r. Jednak przystąpienie do kolejnej fazy rozwoju, zmierzającej do komercjalizacji wyników badań, uzależnione jest od decyzji strategicznych na szczeblu rządowym, zainteresowania tą technologią potencjalnych partnerów przemysłowych oraz zapewnienia finansowania budowy

instalacji demonstracyjnych. Warunkiem koniecznym, aby opracowane technologie zostały skomercjalizowane około 2030 r. jest podjęcie skoordynowanych i spójnych działań administracji rządowej, środowiska naukowego oraz przemysłu. Bez wyraźnego zwiększenia zaangażowania administracji potencjał badań naukowych może zostać zaprzepaszczony.

EDYTA KOSIARZ,  
MACIEJ MACIEJEWSKI,  
Departament Gospodarki,  
Skarbu Państwa i Prywatyzacji NIK

**Słowa kluczowe:** węgiel kamienny, zgazowanie węgla, paliwa gazowe i płynne, technologie pozyskiwania energii

**Key words:** reduction of greenhouse gases, climate package, hard coal extraction, clean coal technologies, coal gasification