

### Informacje ogólne o projekcie

*„Opracowanie technologii zgazowania węgla dla wysokoefektywnej produkcji paliw i energii”.*

Projekt jest jednym z 4 zadań badawczych finansowanych przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach Strategicznego Programu Badań Naukowych i Prac Rozwojowych p.t.: *„Zaawansowane technologie pozyskiwania energii”*.

Zadanie realizowane będzie w latach 2010 – 2015 przez Konsorcjum, którego liderem jest Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie. W skład Konsorcjum wchodzi ponadto: Główny Instytut Górnictwa w Katowicach, Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla w Zabrze i Politechnika Śląska w Gliwicach (partnerzy naukowcy) oraz Katowicki Holding Węglowy S.A., KGHM Polska Miedź S.A., Tauron Polska Energia S.A., Południowy Koncern Energetyczny S.A., Południowy Koncern Węglowy S.A. i ZAK S.A. (partnerzy przemysłowi). Całkowity budżet Projektu obejmuje dofinansowanie z NCBiR (80 mln zł) oraz wkład własny partnerów przemysłowych, wynoszący ok. 9,8 mln zł.

Zadanie badawcze zostało podzielone na 8 Tematów Badawczych. Każdy z Tematów Badawczych został podzielony na Części Tematów Badawczych, które zgodnie z kompetencjami są realizowane przez różnych Partnerów Naukowych.

### Cele zadania badawczego:

Zgodnie z zapisami zawartymi w Ogłoszeniu Konkursowym NCBiR podstawowym celem Zadania Badawczego nr 3 jest opracowanie optymalnych konfiguracji oraz wytycznych procesowych i projektowych układów zgazowania węgla stanowiących podstawę do budowy krajowych instalacji demonstracyjnych, a w szczególności:

- opracowanie i weryfikacja w skali pilotowej procesu ciśnieniowego zgazowania węgla,
- opracowanie i sprawdzenie w skali pilotowej procesu podziemnego zgazowania węgla,
- optymalizacja i sprawdzenie w skali pilotowej procesów oczyszczania i konwersji gazu w powiązaniu z systemem usuwania CO<sub>2</sub>.

### **Powyższe cele przedstawiają:**

1. Określenie krajowej bazy surowcowej węgla kamiennego i brunatnego dla procesów zgazowania węgla oraz wyznaczenie jej charakterystyki parametrycznej. Baza ta będzie opracowana osobno do zgazowania naziemnego i osobno do zgazowania podziemnego. Cel ten zostanie zrealizowany po uprzednim ustaleniu wymagań dla rozpatrywanych technologii w postaci następujących kryteriów parametrycznych:

- warunków geologiczno-górnictwa dotyczących:
  - pokładów węglowych,
  - skał stropowych i spągowych,
  - zaburzeń w postaci nieregularności w zaleganiu pokładów: pierwotnych i wtórnych, naturalnych i antropogenicznych,
  - gospodarki złożami,
- uwarunkowań geośrodowiskowych wyrażających się wpływem na zmiany jak i generujących zagrożenia:
  - środowiska wodnego oraz warunków hydrogeologicznych i hydrologicznych,
  - właściwości fizyko mechanicznych utworów geologicznych w georeaktorze, jego bezpośrednim sąsiedztwie i dalszym otoczeniu,
  - morfologii powierzchni terenu,
  - atmosfery gazowej na powierzchni rejonu, w którym prowadzone jest podziemne zgazowanie węgla, zagrożeń gazowych i pożarowych w strukturach podziemnych kopalń jako ich środowiska wewnętrznego,
  - wymagań technologicznych procesów zgazowania naziemnego i podziemnego,
  - uwarunkowań wynikających z pozycji węgla kamiennych i brunatnych w strategii surowcowej Polski oraz zaspokojenia zapotrzebowania na gaz w aspekcie bezpieczeństwa energetycznego kraju i polityki UE w zakresie przeciwdziałania zmianom klimatycznym,
  - oceny ekonomicznej kosztów udostępniania i pozyskiwania węgla uwzględniających zarówno koszty procesów górniczych jak i koszty związane ze skutkami środowiskowymi,
  - uwarunkowań wynikających z dyrektyw środowiskowych UE i przepisów krajowych dotyczących ochrony środowiska.

2. Opracowanie i weryfikacja w skali pilotowej technologii ciśnieniowego zgazowania węgla w reaktorze z cyrkulującym złożem fluidalnym przy wykorzystaniu CO<sub>2</sub> jako czynnika zgazowującego, obejmujące:

- opracowanie i weryfikację w skali pilotowej technologii produkcji gazu syntezowego przy wykorzystaniu CO<sub>2</sub>, w reaktorze z cyrkulującym złożem fluidalnym,
- opracowanie, optymalizację oraz weryfikację w skali półtechnicznej nowych metod oczyszczania i wzbogacania gazów procesowych oraz separacji CO<sub>2</sub>, w tym:
  - wysokotemperaturowego odsiarczania gazów z wykorzystaniem adsorbentów monolitycznych,
  - wysoko efektywnego procesu usuwania CO<sub>2</sub> na drodze absorpcji, adsorpcji oraz pętli chemicznej,
  - procesu wzbogacania gazu syntezowego przy użyciu metod membranowych,
  - procesu termicznego i katalitycznego rozkładu substancji smolistych w gazie procesowym,
- opracowanie i weryfikację w skali wielolaboratoryjnej procesów oczyszczania i wzbogacania węgla dla potrzeb technologii zgazowania,
- opracowanie i optymalizację procesu dozowania paliwa w zawieszynie wodnej w aspekcie redukcji strat ciśnienia i maksymalizacji udziału fazy stałej,
- ocenę i weryfikację w skali pilotowej wpływu stosowania nowych gazowych czynników transportujących na proces zgazowania,
- analizę i identyfikację właściwości odpadów stałych w aspekcie ich oddziaływania na środowisko oraz identyfikację potencjalnych kierunków ich zagospodarowania.

3. Budowa i eksploatacja pilotowej instalacji podziemnego zgazowania węgla usytuowanej w rzeczywistych warunkach złoża węgla kamiennego oraz opracowanie i weryfikacja procedur związanych z wyborem szczegółowej lokalizacji, budową oraz eksploatacją gazogeneratora podziemnego w oparciu o wyniki badań w urządzeniu pilotowym obejmujące:

- opracowanie założeń technologicznych dla reaktora pilotowego w oparciu o wyniki doświadczeń przeprowadzonych w skali laboratoryjnej,
- opracowanie modelu gazogeneratora przy pomocy symulacji komputerowej z wykorzystaniem wyników doświadczeń w skali laboratoryjnej,
- opracowanie procedur związanych z lokalizacją instalacji podziemnego zgazowania węgla, w tym zagadnień prawnych i bezpieczeństwa oraz ich weryfikacja na podstawie analizy wstępnie wybranych lokalizacji instalacji pilotowej,
- opracowanie procedur przeprowadzenia analizy ryzyka technicznego przedsięwzięcia i ich weryfikacja na przykładzie gazogeneratora pilotowego,
- budowa instalacji pilotowej do zgazowania węgla kamiennego, usytuowanej w rzeczywistych warunkach złoża,
- przeprowadzenie wielodobowej próby zgazowania w gazogeneratorze pilotowym wybudowanym w oparciu o wyniki doświadczeń laboratoryjnych, modelowania i analiz dotyczących lokalizacji i ryzyka technicznego,
- opracowanie oceny efektywności procesowej, ekologicznej i ekonomicznej procesu podziemnego zgazowania węgla w oparciu o wyniki otrzymane przy wykorzystaniu gazogeneratora pilotowego.

4. Opracowanie modeli symulacyjnych dla projektowania i optymalizacji układów kogeneracji i produkcji energii elektrycznej na bazie podziemnego zgazowania węgla w oparciu o modele generatora opracowane w ramach punktu 3, obejmujące:

- adaptację w/w modeli umożliwiającą symulację procesów podziemnego zgazowania węgla dla różnych:
  - mediów zgazowujących,
  - parametrów procesowych (ciśnienia, temperatury),
  - właściwości zgazowywanego węgla,
- analizę możliwości kondycjonowania gazów ze zgazowania węgla,
- opracowanie modeli procesowych dla różnych sposobów zagospodarowania gazów z podziemnego zgazowania węgla oraz przeprowadzenie symulacji funkcjonowania tych modeli w zależności od:
  - parametrów termicznych i składu gazów poprocesowych,
  - wymaganych parametrów wytwarzanych produktów końcowych, tj. ciepła użytkowego i energii elektrycznej;
  - zgazowanego paliwa pierwotnego (węgiel kamienny i węgiel brunatny).

5. Opracowanie modeli symulacyjnych dla projektowania i optymalizacji układów zgazowania naziemnego dla zastosowań w energetyce i chemii obejmujące:

- opracowanie i walidację modeli obliczeniowych ciśnieniowego reaktora zgazowania z cyrkulującym złożem fluidalnym (CFB) umożliwiającą symulację parametrów pracy urządzenia oraz optymalizację procesową i konstrukcyjną w tym:
  - opracowanie i walidację modeli kinetycznych i termodynamicznych reaktora CFB,
  - opracowanie modelu hydrodynamiki szybkiego złoża fluidalnego,
  - opracowanie i walidację numerycznego modelu zgazowania węgla w reaktorze CFB.
- opracowanie schematów procesowych i modeli obliczeniowych układów produkcji energii i substancji chemicznych zintegrowanych ze zgazowaniem węgla w tym:
  - opracowanie i walidację modeli termodynamicznych i parametrycznych operacji jednostkowych w zakresie instalacji produkcji energii i substancji chemicznych zintegrowanych ze zgazowaniem węgla,
  - opracowanie schematu procesowego i modelu obliczeniowego instalacji produkcji gazu syntezowego ze zgazowania węgla dla zastosowań chemicznych,
  - opracowanie koncepcji i optymalizację integracji procesu ciśnieniowego zgazowania węgla z elektrociepłownią gazowo-parową.

6. Opracowanie dla warunków krajowych mapy rozwiązań technologicznych obejmujące:

- opracowanie bazy danych dla poszczególnych procesów i operacji jednostkowych zgazowania naziemnego i podziemnego,
- opracowanie wzoru kart technologicznych wraz ze zdefiniowaniem zakresu i stopnia szczegółowości danych dla poszczególnych procesów i operacji jednostkowych zgazowania

naziemnego i podziemnego,

- wstępną selekcję technologii z uwzględnieniem przydatności procesowej dla różnych kierunków wykorzystania gazu syntezowego oraz stanu rozwoju danej technologii,
- zestawienie i opracowanie danych procesowych i ekonomicznych dla poszczególnych procesów i operacji jednostkowych zgazowania naziemnego i podziemnego w oparciu o dane literaturowe i rynkowe,
- opracowanie kart technologicznych dla procesów jednostkowych operacji procesu zgazowania węgla,
- opracowanie mapy rozwiązań technologicznych uwzględniających optymalną dla krajowych warunków listę rankingową procesów zgazowania węgla dla potrzeb energetyki i chemii.

7. Wykonanie dokumentacji procesowej (projektów technologicznych) układów stanowiących podstawę do budowy krajowych instalacji demonstracyjnych w zakresie umożliwiającym podjęcie procesu inwestycyjnego budowy instalacji demonstracyjnych powierzchniowego i podziemnego zgazowania węgla dla wybranych zastosowań w energetyce i syntezie chemicznej. Zakres tej dokumentacji obejmować będzie:

- projekt procesowy ciśnieniowego zgazowania naziemnego dla wybranej konfiguracji układu (kogeneracyjny układ IGCC i/lub produkcja chemiczna),
- projekt procesowy zgazowania podziemnego dla układu energetycznego,
- wskazanie potencjalnie korzystnej lokalizacji w/w przedsięwzięć,
- wstępne studia wykonalności dla w/w wariantów instalacji demonstracyjnych z uwzględnieniem ich lokalizacji.

8. Ocena i wybór strategicznych kierunków rozwoju technologii podziemnego i naziemnego zgazowania węgla w szczególności układów dających możliwość ukierunkowania na zastosowanie w energetyce i przemyśle chemicznym, obejmujące:

- opracowanie wspólnej dla zadania badawczego metodyki oceny efektywności ekologicznej, techniczno-technologicznej i ekonomicznej, określenie miar, standardów oraz procedur tej oceny pozwalających na porównanie badanych technologii podziemnego i naziemnego zgazowania węgla, ukierunkowanych na różne możliwości produkcji energii,
- dokonanie kompleksowej oceny efektywności ekologicznej, techniczno-technologicznej i ekonomicznej badanych technologii podziemnego i naziemnego zgazowania węgla oraz technologii referencyjnych,
- analiza makro i mikroekonomicznych uwarunkowań technologii zgazowania węgla w Polsce, ustalenie kryteriów wyboru optymalnej strategii rozwoju tej technologii oraz dokonanie na ich podstawie strategicznej oceny różnych technologii zgazowania podziemnego i naziemnego, określenie priorytetowych kierunków rozwoju technologii zgazowania węgla ułatwiających podjęcie strategicznych decyzji inwestycyjnych i rozwojowych w tym zakresie.

### **Głównymi rezultatami realizacji tego Zadania Badawczego winno być:**

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

Powyższe rezultaty uwzględnione zostały w niniejszej Ofercie - pełna specyfikacja jej wyników obejmuje bowiem:

1. opracowanie kompleksowych kryteriów do weryfikacji złóż węgla pod kątem ich przydatności do procesu zgazowania,
2. listy rankingowe złóż węgla kamiennego i węgla brunatnego nadających się do zagospodarowania w procesach zgazowania naziemnego i podziemnego,
3. karty złożowe opracowane dla wybranych złóż węgla z w/w list, zawierające szczegółową ich charakterystykę w zakresie przydatności do procesu zgazowania,
4. określenie rejonu złożowego nadającego się do budowy instalacji demonstracyjnej zgazowania podziemnego węgla kamiennego oraz rejonu dla budowy instalacji pilotowej zgazowania podziemnego wg technologii otworowej na złożu węgla brunatnego,
5. zweryfikowane w skali pilotowej rozwiązanie aparaturowe i procesowe ciśnieniowej technologii zgazowania węgla w reaktorze z cyrkulującym złożem fluidalnym CFB,
6. wytyczne dla realizacji procesu zgazowania w reaktorze CFB celem:
  - wysokoefektywnej produkcji gazu syntezowego z wykorzystaniem CO<sub>2</sub> jako czynnika zgazowującego,
  - wytypowanych w ramach realizacji tego Zadania Badawczego krajowych węgla kamiennych i brunatnych,
  - wariantowych opcji technologicznych wykorzystania gazu procesowego,
7. wytyczne procesowe dla wariantowych technologii usuwania CO<sub>2</sub> z wykorzystaniem procesów absorpcji, adsorpcji oraz pętli chemicznej,
8. wytyczne procesowe dla technologii oczyszczania i wzbogacania gazów procesowych w

tym:

- technologii wysokotemperaturowego odsiarczania gazów,
  - technologii oczyszczania/wzbogacania gazu syntezowego z wykorzystaniem procesów membranowych,
  - technologii termicznego i katalitycznego rozkładu substancji smolistych,
9. wytyczne procesowe technologii wzbogacania węgla na drodze przeróbki mechanicznej dla różnych opcji technologicznych procesu jego zgazowania,
  10. wytyczne procesowe technologii usuwania rtęci z węgla kamiennego i brunatnego na drodze niskotemperaturowej pirolizy,
  11. założenia techniczne i wytyczne procesowe dla nowych metod przygotowania i dozowania paliw w zawieszynie wodnej poprzez zastosowanie aeracji,
  12. określenie potencjalnych sposobów zagospodarowania/unieszkodliwiania odpadów stałych z procesu zgazowania,
  13. założenia techniczno-technologiczne do budowy i eksploatacji podziemnego gazogeneratora pilotowego w oparciu o wyniki badań laboratoryjnych,
  14. model numeryczny funkcjonowania georeaktora uwzględniający efekty gazogeotermiczne i zmiany otoczenia,
  15. zweryfikowane procedury wyboru szczegółowej lokalizacji instalacji podziemnego zgazowania węgla uwzględniające aspekty prawne i bezpieczeństwa,
  16. zweryfikowaną procedurę oceny ryzyka technicznego przedsięwzięcia,
  17. metodykę i wstępną ocenę efektywności instalacji podziemnego zgazowania,
  18. modele matematyczne zgazowania węgla kamiennego i brunatnego, za pomocą których analizowany będzie proces zgazowania podziemnego w celu uzyskania gazów o parametrach fizykochemicznych (skład, wartość opałowa) umożliwiających efektywne ich zagospodarowanie do wytwarzania użytecznej energii w dogodnej do wymagań postaci (ciepło użytkowe, energia elektryczna); modele te będą zwalidowane w oparciu o dane uzyskane w trakcie prowadzonych w ramach tego Zadania Badawczego eksperymentów oraz dane literaturowe z eksperymentów w doświadczalnych instalacjach zgazowania węgla kamiennego i brunatnego,
  19. konfiguracje układów technologicznych wytwarzania ciepła i energii elektrycznej na bazie podziemnego zgazowania węgla optymalne pod względem efektywności energetycznej, kosztów i oddziaływania na środowisko; przedmiotem optymalizacji będą układy technologiczne specjalizowane (ciepło użytkowe lub energia elektryczna) oraz kogeneracyjne wytwarzające równocześnie energię elektryczną i ciepło użytkowe,
  20. modele palników dostosowanych do spalania gazów o niskiej wartości opałowej, stanowiące podstawowy element ciągów technologicznych zagospodarowania gazów produkowanych na drodze podziemnego zgazowania węgla,
  21. modele i narzędzia obliczeniowe dla symulacji parametrów pracy oraz optymalizacji procesowej i konstrukcyjnej ciśnieniowego reaktora zgazowania z cyrkulującym złożem fluidalnym (CFB),
  22. narzędzia obliczeniowe dla symulacji pracy instalacji produkcyjnych zintegrowanych z naziemnym zgazowaniem węgla dla opracowania projektów procesowych i wstępnych studiów wykonalności instalacji demonstracyjnych,
  23. baza danych procesowych i ekonomicznych dla poszczególnych procesów i operacji jednostkowych zgazowania naziemnego i podziemnego,
  24. zestaw kart technologicznych opisujących poszczególne węzły technologiczne/operacje jednostkowe występujące w procesach zintegrowanych ze zgazowaniem węgla,

25. lista rankingowa procesów zgazowania węgla dla potrzeb energetyki i chemii,
26. mapa rozwiązań technologicznych uwzględniających optymalną dla krajowych warunków listę rankingową procesów zgazowania węgla dla potrzeb energetyki i chemii,
27. kompletna dokumentacja (projekt technologiczny) stanowiąca podstawę do podjęcia decyzji przez zainteresowane podmioty gospodarcze o budowie instalacji demonstracyjnych naziemnego i podziemnego zgazowania węgla w skali (wielkość przerobowa, zdolność produkcyjna) zapewniającej z jednej strony minimalne ryzyko techniczne i technologiczne związane z powiększeniem skali (od pilotowej do demonstracyjnej), z drugiej jednak strony zapewniającej wiarygodność danych weryfikujących studium wykonalności pod względem opłacalności ekonomicznej (instalacja demonstracyjna odpowiadająca nitce produkcyjnej zakładu przemysłowego),
28. wstępne studium wykonalności dla instalacji demonstracyjnej naziemnego zgazowania węgla oraz instalacji demonstracyjnej podziemnego zgazowania węgla kamiennego,
29. metodyka oceny efektywności ekologicznej, techniczno-technologicznej i ekonomicznej przedsięwzięć innowacyjnych z zakresu zgazowania węgla, określenie miar, standardów oraz procedur tej oceny pozwalających na porównanie badanych technologii podziemnego i naziemnego zgazowania węgla ukierunkowanych na różne opcje wytwarzania energii oraz produktów chemicznych,
30. kompleksowa ocena efektywności ekologicznej, techniczno-technologicznej i ekonomicznej dla badanych technologii podziemnego i naziemnego zgazowania węgla w odniesieniu do technologii referencyjnych,
31. analiza makro i mikroekonomicznych uwarunkowań technologii zgazowania węgla w Polsce oraz kryteria wyboru optymalnej w warunkach krajowych strategii rozwoju tej technologii,
32. strategiczna ocena wytypowanych technologii zgazowania podziemnego i naziemnego węgla,
33. określenie priorytetowych kierunków rozwoju zgazowania węgla oraz opracowanie strategii rozwoju tej technologii w Polsce.