

OPRACOWANIE PROGNOZOWANYCH SCENARIUSZY  
ROZWOJU TECHNOLOGII  
(ZADANIE 6)

do Projektu pt.:

**„Foresight w zakresie priorytetowych i innowacyjnych  
technologii w zakresie zagospodarowywania odpadów  
pochodzących  
z górnictwa węgla kamiennego”**

Wykonał: dr hab. Zdzisław Adamczyk, prof. nzw. Pol. Śl.

Gliwice, czerwiec 2011 r.

## **1. WSTĘP**

Głównym celem projektu jest identyfikacja wiodących technologii zagospodarowania odpadów górniczych o znaczeniu strategicznym, których rozwój w następnych 20 latach będzie priorytetowy dla Polski oraz opracowanie scenariuszy ich rozwoju poprzez zastosowanie usystematyzowanej metodyki badawczej. Odpady wydobywcze stanowią ok. 60 % odpadów przemysłowych, stąd też wskazanie scenariuszy rozwoju priorytetowych i innowacyjnych technologii ich zagospodarowania, w szczególności odpadów z górnictwa węgla kamiennego, mogą stanowić podstawy do opracowania strategii w branży gospodarki tego typu odpadami.

Niniejsze opracowanie dotyczy jednego z trzech obszarów priorytetowych Projektu – „Technologie odpadowe przeróbcze węgla kamiennego”. Odpady przeróbcze definiowane są jako odpady powstające w procesach mechanicznej przeróbki węgla, w sortowniach, płuczkach urządzeń flotacyjnych, które tworzy mieszanina skał karbońskich (iłowce, mułowce i piaskowce).

## **2. CEL OPRAWOWANIA**

Zgodnie z opisem projektu, niniejsze opracowanie dotyczy realizacji Zadania 6 – Synteza wyników badań oraz prognozowanie możliwych scenariuszy. Rezultatem tego zadania jest między innymi:

- wybór kluczowych technologii dla obszaru zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego,
- opracowanie możliwych scenariuszy rozwojowych dla sektora zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego.

Niniejsza praca dotyczy opracowania możliwych scenariuszy rozwojowych dla sektora zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego

## **3. DANE DO PROGNOZOWANIA SCENARIUSZY ROZWOJU TECHNOLOGII ZAGOSPODAROWANIA ODPADÓW Z GÓRNICHTWA WĘGLA KAMIENNEGO**

Opracowanie prognozowanych możliwych scenariuszy rozwoju technologii odpadowych przeróbczych węgla kamiennego, a w szczególności technologii odpadowych przeróbczych węgla kamiennego, wykonano w oparciu o wyniki badań, uzyskanych z zastosowanych w projekcie metod:

- analiza SWOT – polegająca na analizie słabych i mocnych stron oraz szans i zagrożeń (ang. *Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats analysis*) w odniesieniu do analizowanych

- technologii; rozważano czynniki stanowiące o słabych i mocnych stronach oraz o szansach i zagrożeniach dla technologii; czynniki te charakteryzowały się różnym wpływem na technologie,
- Delphi - opartej na ustrukturyzowanym procesie zbierania i syntetyzowania wiedzy od grupy ekspertów za pomocą serii kwestionariuszy połączonych z kontrolnym zbieraniem opinii zwrotnych; kwestionariusze były anonimowe i wielokrotnie powtarzano procedurę konsultacyjną w trakcie badania; metoda opiera się na badaniu strukturalnym z wykorzystaniem doświadczenia i wiedzy uczestników badania, którzy są ekspertami w danych dziedzinach,
  - krzyżowej analizy wpływów (technika wzajemnych oddziaływań), pozwalającej ocenić przeciętne prawdopodobieństwo zajścia oraz termin realizacji każdego ze zdarzeń z uwzględnieniem różnych kolejności; analiza ta służy określeniu związków pomiędzy danym zestawem zmiennych w celu wyodrębnieniu czynników kluczowych,
  - hierarchicznej analizy problemu (AHP) – to metoda analizy problemów decyzyjnych, w której na potrzeby projektu wykorzystano m.in. wyniki krzyżowej analizy wpływów.

Wyniki zastosowanej metody Delphi, w stosunku do technologii zagospodarowania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego, pozwoliły na:

- wskazanie kluczowych kierunków ich rozwoju,
- ocenę ich innowacyjności.

W metodzie tej, w zakresie zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego, ocenie poddano:

- cele strategiczne i szczegółowe,
- zagadnienia technologiczne w aspekcie sformułowanych kryteriów natury:
  - społecznej,
  - techniczno-technologicznej,
  - ekonomicznej,
  - polityczno-prawnej,
- kierunki prac naukowo-badawczych.

Zastosowanie opracowanej macierzy wpływów w badaniach pozwoliło na uzyskanie opinii i informacji, co do wzajemnych oddziaływań zachodzących między analizowanymi trendami oraz wydarzeniami, które mogły ewentualnie wystąpić w określonych ramach czasowych. Wyniki krzyżowej analizy wpływów stworzyły podstawy do oceny czynników, mających wpływ na:

- realizację założonych celów strategicznych,
- rozwój technologii wykorzystania odpadów z górnictwa węgla kamiennego.

Dzięki przyjętej w projekcie metodyce badawczej, wykorzystującej wiedzę ekspertów na temat prognozowanych zjawisk i procesów związanych z określeniem priorytetowych i innowacyjnych technologii w zakresie zagospodarowywania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego, a w szczególności dla zakresu niniejszego opracowania (technologii odpadowych przeróbczych węgla kamiennego), dokonano hierarchizacji technologii.

W niniejszym opracowaniu wykorzystano liczne zgromadzone trakcie realizacji projektu dane i informacje, w tym opracowania:

- I. Baic, B. Witkowska-Kita, A. Lutyński, W. Blaschke, W. Koziół, Z. Piotrowski: *Ocena innowacyjności technologii zagospodarowania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego – metoda Delphi*. Szkoła Eksploatacji Podziemnej 2011, Materiały Konferencyjne,
- I. Baic, B. Witkowska-Kita, A. Lutyński, W. Blaschke, W. Koziół, Z. Piotrowski: *Ocena wpływu wybranych czynników na rozwój innowacyjnych technologii zagospodarowania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego – metoda krzyżowej analizy wpływów*. Szkoła Eksploatacji Podziemnej 2011, Materiały Konferencyjne,
- *Raport wynikowy z krzyżowej analizy wpływów w ramach projektu pn. Foresight w zakresie priorytetowych i innowacyjnych technologii zagospodarowywania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego*. Katowice, październik 2010,
- J. Kabiesz, J. Makówka, R. Patyńska: Dokumentacja „*Foresight w zakresie priorytetowych i innowacyjnych technologii w zakresie zagospodarowywania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego*” w ramach IV etapu realizacji projektu pt.: „*Badanie kluczowych kierunków rozwoju w obszarze zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego*”. Zadanie: *Ocena innowacyjności technologii zagospodarowania odpadów górnictwa węgla kamiennego metodą AHP (Analytic Hierarchy Process)*.

#### **4. DANE WEJŚCIOWE**

Efektem końcowym Projektu, a równocześnie głównymi zadaniami są

- wykreowanie scenariuszy rozwoju dla sektora zagospodarowania odpadów w górnictwie węgla kamiennego,
- wskazanie priorytetów badawczych,
- wskazanie priorytetów inwestycyjnych,

w sferze innowacji technologicznych zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego z uwzględnieniem przyszłego rozwoju:

- społeczno – gospodarczego,
- potencjału badawczo – rozwojowego Polski.

Opracowanie przypuszczalnych scenariuszy rozwoju dla sektora zagospodarowania odpadów w górnictwie węgla kamiennego było możliwe dzięki przeprowadzonym w projekcie badaniom eksperckim.

W oparciu o karty technologiczne, zostało wyszczególnionych pięć grup sposobów zagospodarowania odpadów:

- grupa I – budownictwo hydrotechniczne, ziemne, rekultywacja terenów,
- grupa II – roboty likwidacyjne w kopalniach węgla kamiennego,

- grupa III – podsadzanie wyrobisk eksploatacyjnych,
- grupa IV – kruszywa, ceramika,
- grupa V – odzysk substancji węglowej.

Technologie zagospodarowania przedmiotowych odpadów uwzględniają różną ich jakość, a w szczególności właściwości fizyczne i chemiczne oraz skład mineralny i petrograficzny.

Bardzo istotnym elementem w opracowaniu scenariuszy rozwoju dla sektora zagospodarowania odpadów w górnictwie węgla kamiennego jest ilość odpadów wytwarzanych w ciągu roku oraz ilość odpadów nagromadzonych z poprzednich lat. Ilość wytwarzanych rocznie tego typu odpadów to ok. 30 mln Mg, natomiast wg danych GUS (2009), na koniec 2008 roku nagromadzonych na wysypiskach, hałdach, stawach osadowych było ok. 600 mln Mg odpadów pochodzących z wydobywania węgla kamiennego i brykietowania. Należy jednak założyć, że w tej kategorii (600 mln Mg odpadów) ujęte zostały jedynie te odpady, które uwzględniono kiedykolwiek w ewidencjach odpadów. Mając na względzie masowy aspekt odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego można założyć, że scenariusze rozwoju zagospodarowania tych odpadów powinny uwzględniać docelowe zagospodarowanie wszystkich odpadów, tj.: nagromadzonych – 600 mln Mg oraz wytwarzanych na bieżąco – ok. 30 mln Mg/rok,

O kierunkach rozwoju technologii zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego decydować będą:

- zdefiniowane cele strategiczne i cząstkowe wraz z rozważanymi szansami i zagrożeniami ich realizacji,
- kryteria społeczne, techniczno-technologiczne, ekonomiczne i polityczno-prawne wpływające na innowacyjność zagospodarowania odpadów oraz hierarchia ich ważności,
- kierunki rozwoju prac naukowo-badawczych umożliwiających postęp w zakresie rozwoju technologii zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego i osiągnięcie wytypowanych priorytetów strategicznych,
- hierarchia ważności obszarów instytucjonalnych nie związanych z wytwarzaniem i przetwórstwem odpadów z górnictwa kamiennego.

#### **4.1. OKREŚLENIE PODSTAWOWYCH CELÓW STRATEGICZNYCH W ZAKRESIE ZAGOSPODAROWANIA ODPADÓW Z GÓRNICHTWA WĘGLA KAMIENNEGO**

Metodą Delphi ocenie poddano cele strategiczne i szczegółowe w zakresie zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego, zagadnienia technologiczne w aspekcie sformułowanych kryteriów natury społecznej, techniczno-technologicznej, ekonomicznej i polityczno-prawnej oraz kierunki prac naukowo badawczych dotyczących zagospodarowania tego rodzaju odpadów.

Perspektywiczne uwarunkowania zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego wraz z oceną aktualnego stanu technologii oraz przyjęte założenia w analizie zastosowanych metod pozwoliły na sformułowanie podstawowych celów strategicznych w zakresie zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego, z których najistotniejszymi, wg hierarchii ważności, są :

- pełne wykorzystanie odpadów wytwarzanych obecnie i w okresach wcześniejszych przez górnictwo węgla kamiennego, którego realizacja możliwa jest poprzez m.in.:
  - stworzenie uwarunkowań prawnych preferujących wykorzystanie surowców odpadowych,
  - uwzględnienie wzrostu cen naturalnych surowców mineralnych,
  - stworzenie uwarunkowań fiskalnych preferujących wykorzystanie surowców odpadowych w tym umożliwiających obniżenie kosztów przetwarzania surowców odpadowych,
  - uproszczenie procedur pozyskania środków finansowych,
 choć trudnością jest utrzymanie stałości parametrów jakościowych surowców odpadowych,
- identyfikacja nowych obszarów zastosowań surowców odpadowych i produktów wytworzonych na bazie odpadów z górnictwa węgla kamiennego, którego realizacja możliwa jest poprzez m.in.:
  - osiągnięcie standardów ekologicznych zawartych w krajowych i na poziomie UE uwarunkowaniach prawnych,
  - uwzględnienie wzrostu cen naturalnych surowców mineralnych,
  - wykorzystanie trendu w „modzie” na efektywne wykorzystanie odpadów,
  - stworzenie uwarunkowań fiskalnych umożliwiających obniżenie kosztów przetwarzania surowców odpadowych oraz rozbudową istniejącej infrastruktury technicznej,
  - dostosowanie potrzeb identyfikacji odpadów wraz ze zmieniającymi się warunkami górnictwo-geologicznymi,
- ochrona złóż surowców mineralnych poprzez substytucję produktami otrzymanymi z przetwarzania i recyklingu odpadów wydobywczych, którego realizacja możliwa jest poprzez m.in.:
  - stworzeniu uwarunkowań prawnych preferujących wykorzystanie surowców odpadowych,
  - uwzględnieniu wzrostu cen naturalnych surowców mineralnych,
  - stworzeniu uwarunkowań fiskalnych preferujących wykorzystanie surowców odpadowych w tym umożliwiających obniżenie kosztów przetwarzania surowców odpadowych,
  - uproszczenie procedur pozyskania środków finansowych.

Ocena hierarchii ważności zdefiniowanych celów cząstkowych w zakresie zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego oraz szans i zagrożeń związanych z możliwością ich realizacji pozwoliła na stwierdzenie, że spośród ośmiu celów cząstkowych najwyższą ocenę uzyskały:

- stworzenie mechanizmów prawnych i finansowych motywujących rozwój i wdrażanie innowacyjnych technologii zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego, którego realizacja możliwa jest poprzez m.in.:
  - konieczność osiągnięcia standardów ekologicznych zawartych w krajowych i na poziomie UE uwarunkowaniach prawnych,
  - stworzenie uwarunkowań fiskalnych preferujących wykorzystanie surowców odpadowych,
  - ograniczenie ciągłych zmian uregulowań prawnych,
 natomiast zagrożeniem realizacji jest często brak środków własnych przedsiębiorstw na inwestycje,
- ograniczenie negatywnego oddziaływania odpadów z górnictwa węgla kamiennego na środowisko, którego realizacja możliwa jest poprzez m.in.:

- konieczność osiągnięcia standardów ekologicznych zawartych w krajowych i na poziomie UE uwarunkowaniach prawnych,
  - wzrost zapotrzebowania górnictwa węgla kamiennego w zakresie wykorzystania odpadów w technologiach górniczych,
- natomiast zagrożeniem realizacji jest niechęć do płacenia za badania specjalistyczne identyfikujące oddziaływanie oraz konieczność budowy dodatkowej infrastruktury mogącej znacząco oddziaływać na środowisko.

**Podsumowując, jako priorytetowy cel strategiczny wskazano „Pełne wykorzystanie odpadów wytwarzanych obecnie i w okresach wcześniejszych przez górnictwo węgla kamiennego”, a możliwość jego realizacji uzależniona jest od stworzenia odpowiednich mechanizmów prawnych i fiskalnych preferujących wykorzystanie surowców odpadowych.**

#### **4.2. OCENA ZAGADNIENI TECHNOLOGICZNYCH WYKORZYSTANIA ODPADÓW Z GÓRNICHTWA WĘGLA KAMIENNEGO**

Przy ocenie hierarchii ważności kryteriów mających wpływ na innowacyjność technologii zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego stwierdzono, że niezależnie od kierunków gospodarczego wykorzystania przedmiotowych odpadów, najistotniejszą rolę odgrywają kryteria:

- ekonomiczne, a wśród nich:
  - koszty wdrożenia i eksploatacji instalacji do przetwarzania odpadów wydobywczych,
  - koszty produkcji nowych produktów,
  - instrumenty finansowe preferujące wykorzystanie surowców odpadowych (podatki, opłaty środowiskowe i in.),
- techniczno –technologiczne, a wśród nich:
  - dostępność odpadów o wymaganych właściwościach jakościowych,
  - łatwość wdrożenia,
  - energochłonność i materiałochłonność.

Kryteria te są najważniejszymi, wykazującymi wpływ na innowacyjność technologii zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego. W przypadku kryterium ekonomicznego czynnikami najbardziej istotnymi są koszty:

- wdrożenia,
  - eksploatacji instalacji do przetwarzania odpadów wydobywczych,
- zaś dla kryterium techniczno-technologicznego:
- dostępność odpadów o wymaganych właściwościach jakościowych.

Wykazano również, że szanse rozwoju technologicznego w poszczególnych kierunkach gospodarczego wykorzystania odpadów z górnictwa węgla kamiennego (pięć grup sposobów zagospodarowania) wynikają głównie z:

- dostępności przedmiotowych odpadów,
- konieczności minimalizacji skutków eksploatacji na powierzchni obszaru górniczego,

zaś zagrożenia wynikają z:

- konieczności budowy dodatkowej infrastruktury,
- braku środków finansowych.

W ocenie zagadnień technologicznych wykorzystania odpadów z górnictwa węgla kamiennego w zakresie grupy V sposobów zagospodarowania odpadów - **odzysku substancji węglowej**, dla technologii:

- pozyskanie węgla z odpadów flotacyjnych,
- pozyskanie węgla z odpadów drobnoziarnistych,
- pozyskanie węgla z odpadów powęglowych,
- pozyskanie mikro i nano węgla jako paliwa żelowego z odpadów flotacyjnych,
- pozyskanie węgla z odpadów poflotacyjnych,
- pozyskiwanie węgla z odpadów drobnoziarnistych i poflotacyjnych zdeponowanych w stawach osadowych,

najważniejszymi, mającymi wpływ na innowacyjność technologii są kryteria (wg wartości oceny):

- ekonomiczne,
- techniczno-technologiczne,

a w mniejszym stopniu polityczno-prawne i społeczne. W przypadku kryterium ekonomicznego czynnikami najbardziej istotnymi są (wg wartości oceny):

- koszty produkcji technologii i przetwarzania odpadów wydobywczych,
- koszty wdrożenia i eksploatacji instalacji,
- instrumenty finansowe preferujące wykorzystanie surowców odpadowych (podatki, opłaty),

zaś dla kryterium techniczno-technologicznego (wg wartości oceny):

- dostępność odpadów wydobywczych, w tym odpadów o wymaganych właściwościach jakościowych dla danej technologii,
- łatwość wdrożenia.

Dla opracowania scenariuszy rozwoju technologii odpadowych przeróbczych węgla kamiennego w zakresie wymienionych wyżej technologii **odzysku substancji węglowej** istotne jest, jaki jest stopień więzi pomiędzy tymi technologiami a najważniejszymi kryteriami mającymi wpływ na innowacyjność tych technologii (kryterium ekonomiczne i techniczno-technologiczne).

W przypadku kryteriów ekonomicznych wymieniono: koszty produkcji przetwarzania odpadu do wykorzystania; koszt wdrożenia i eksploatacji; pozyskiwanie funduszy na rekultywację terenów, prace hydrotechniczne i inne inwestycje proekologiczne; wahania koniunktury i popytu na nośnik energii;



skomplikowane procedury finansowania; pojawienie się tańszych surowców substytucyjnych; instrumenty finansowe preferujące wykorzystanie surowców odpadowych.

Dla technologii:

- pozyskanie węgla z odpadów flotacyjnych,
- pozyskanie węgla z odpadów drobnoziarnistych,
- pozyskanie węgla z odpadów powęglowych,

najwyższą ocenę stopnia więzy spośród kryteriów ekonomicznych uzyskały (wg wartości oceny):

- instrumenty finansowe preferujące wykorzystanie surowców odpadowych,
- koszty produkcji przetwarzania odpadu do wykorzystania oraz koszt wdrożenia i eksploatacji.

Dla technologii:

- pozyskanie mikro i nano węgli jako paliwa żelowego z odpadów flotacyjnych,
- pozyskanie węgla z odpadów poflotacyjnych,
- pozyskiwanie węgla z odpadów drobnoziarnistych i poflotacyjnych zdeponowanych w stawach osadowych,

najwyższą ocenę stopnia więzy spośród kryteriów ekonomicznych uzyskały (wg wartości oceny):

- koszt wdrożenia i eksploatacji,
- koszty produkcji przetwarzania odpadu do wykorzystania oraz instrumenty finansowe preferujące wykorzystanie surowców odpadowych.

**Podsumowując, spośród kryteriów ekonomicznych, niezależnie od technologii odzysku substancji węglowej, najważniejsze są:**

- **instrumenty finansowe preferujące wykorzystanie surowców odpadowych,**
- **koszty produkcji przetwarzania odpadu do wykorzystania oraz koszt wdrożenia i eksploatacji.**

W przypadku kryteriów techniczno-technologicznych wymieniono: łatwość wdrożenia; dostępność odpadów, w tym odpadów o wymaganych właściwościach jakościowych dla danej technologii ich wykorzystania; stopień informatyzacji i automatyzacji; uniwersalność (techniczna, funkcjonalna, informatyczna); skuteczność (zdolność do spełnienia swoich zadań, organizacja pracy i produkcji, wpływ na profilaktykę zagrożeń); energochłonność i materiałochłonność.

Dla technologii:

- pozyskanie węgla z odpadów flotacyjnych,
- pozyskanie węgla z odpadów drobnoziarnistych,
- pozyskanie węgla z odpadów powęglowych,
- pozyskiwanie węgla z odpadów drobnoziarnistych i poflotacyjnych zdeponowanych w stawach osadowych,

najwyższą ocenę stopnia więzy spośród kryteriów techniczno-technologicznych uzyskały (wg wartości oceny):

- dostępność odpadów, w tym odpadów o wymaganych właściwościach jakościowych dla danej technologii ich wykorzystania,
- łatwość wdrożenia,
- energochłonność i materiałochłonność.

Dla technologii pozyskanie mikro- i nanowęgla jako paliwa żelowego z odpadów flotacyjnych najwyższą ocenę stopnia wiążi spośród kryteriów techniczno-technologicznych uzyskały (wg wartości oceny):

- łatwość wdrożenia,
- energochłonność i materiałochłonność,
- dostępność odpadów, w tym odpadów o wymaganych właściwościach jakościowych dla danej technologii ich wykorzystania,

zaś dla technologii pozyskanie węgla z odpadów poflotacyjnych najwyższą ocenę stopnia wiążi spośród kryteriów techniczno-technologicznych uzyskały (wg wartości oceny):

- energochłonność i materiałochłonność,
- dostępność odpadów, w tym odpadów o wymaganych właściwościach jakościowych dla danej technologii ich wykorzystania,
- łatwość wdrożenia.

**Podsumowując, spośród kryteriów techniczno-technologicznych, niezależnie od technologii odzysku substancji węglowej, najważniejsze są:**

- **dostępność odpadów, w tym odpadów o wymaganych właściwościach jakościowych dla danej technologii ich wykorzystania,**
- **łatwość wdrożenia,**
- **energochłonność i materiałochłonność.**

**W technologiach odzysku substancji węglowej, głównymi szansami związanymi z możliwością ich rozwoju są:**

- **dostępność odpadów,**
- **niskie koszty produkcji (przydatność odpadu do wykorzystania),**
- **wysoki stopień wykorzystania odpadów,**

**natomiast głównymi zagrożeniami są:**

- **brak środków finansowych na inwestycje,**
- **brak systemu motywującego wdrażanie innowacyjnych technologii,**
- **zmiany uregulowań prawnych i środowiskowych.**

### **4.3. OCENA KIERUNKÓW PRAC NAUKOWO-BADAWCZYCH DOTYCZĄCYCH ZAGOSPODAROWANIA ODPADÓW Z GÓRNICTWA WĘGLA KAMIENNEGO**

Ocena hierarchii ważności trzynastu kierunków prac naukowo-badawczych, umożliwiających postęp w zakresie rozwoju technologii zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego i osiągnięcie określonych celów, wyłoniła najważniejsze, związane z:

- poszukiwaniem nowych kierunków zastosowań odpadów z górnictwa węgla kamiennego, okres realizacji – do 2015 r.,
- opracowaniem nowych innowacyjnych technologii wykorzystania odpadów z górnictwa węgla kamiennego, okres realizacji – do 2020 r.,
- opracowaniem wytycznych technicznych dla prac rekultywacyjnych z wykorzystaniem odpadów z górnictwa węgla kamiennego, okres realizacji – do 2020 r.,
- metodami badań jakościowych odpadów z górnictwa węgla kamiennego, okres realizacji – do 2020 r.,
- oceną efektywności ekonomicznej technologii zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego, okres realizacji – do 2020 r.,
- opracowaniem kompleksowej bazy danych o zdeponowanych w okresach wcześniejszych odpadach z górnictwa węgla kamiennego, okres realizacji – do 2015 r.

W hierarchii ważności obszarów instytucjonalnych nie związanych z wytwarzaniem i przetwórstwem odpadów z górnictwa kamiennego za najważniejsze uznano stworzenie:

- warunków prawnych i instytucjonalnych umożliwiających rozwój technologiczny branży wydobywczej i przetwórczej,
- instrumentarium finansowego wspierającego inicjatywy technologiczne w zakresie zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego.

**Występuje zatem pilna konieczność podjęcia prac naukowo - badawczych nad opracowaniem:**

- **nowych innowacyjnych technologii wykorzystania odpadów z górnictwa węgla kamiennego,**
- **wytycznych technicznych dla prac rekultywacyjnych z wykorzystaniem tych odpadów.**

**W podsumowaniu należy stwierdzić, że występuje pilna konieczność:**

- **opracowania kompleksowego programu zagospodarowania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego,**
- **stworzenia warunków prawnych i instytucjonalnych umożliwiających rozwój technologiczny branży wydobywczej i przetwórczej,**
- **utworzenia instrumentarium finansowego wspierającego inicjatywy technologiczne w zakresie zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego.**

#### **4.4. OCENA WPŁYWU WYBRANYCH CZYNNIKÓW NA ROZWÓJ INNOWACYJNYCH TECHNOLOGII ZAGOSPODAROWANIA ODPADÓW POCHODZĄCYCH Z GÓRNICTWA WĘGLA KAMIENNEGO**

Wyniki krzyżowej analizy wpływu licznych grup różnorodnych czynników wywierających wpływ na rozwój analizowanych innowacyjnych technologii zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego posłużyły do oceny wzajemnego ich oddziaływania w określonych ramach czasowych oraz pozwoliły na wyłonienie zbiorów czynników o największej sile zwrotnych oddziaływań. Wśród grup czynników wyróżniono:

- „Czynniki Kluczowe” (łączą w sobie siłę oddziaływania z dużym stopniem zależności, wskazując, które działania powinny być uznane za priorytetowe w procesie opracowywania Planów Strategicznych,
- „Czynniki Decydujące” (wywierają bardzo silny wpływ na system i stąd mogą zachowywać się jako czynniki napędzające i hamujące, ale są one bardzo trudne do skontrolowania; wiedza na ich temat jest niezwykle istotna w procesie obserwowania trendów długoterminowych w badaniach nad przyszłością,
- „Cele” i „Rezultaty” (ewolucja tych czynników będzie zależeć od tego jak rozwijać się będą pozostałe zmienne w systemie; niektóre z nich mogą być użyte jako zmienne kontrolne w kwestionariuszu delfickim;
- „Zmienne Regulujące” i „Narzędzia Pomocnicze” (są umiejscowione blisko centrum matrycy i mogą okazać się pomocne do osiągnięcia celów strategicznych, jednakże ich wpływ na całość systemu nie jest decydujący.
- „Zmienne Autonomiczne” (wykazują najmniejszy wpływ na zmiany zachodzące w systemie jako całości).

Dla przyjętych celów strategicznych utworzono macierz horyzontalną z trzynastoma czynnikami:

- wysokie koszty przetwarzania surowców odpadowych,
- trudność w utrzymaniu stałości ich parametrów jakościowych,
- konieczność osiągnięcia standardów ekologicznych zawartych w krajowych i europejskich uregulowaniach prawnych,
- skomplikowane procedury pozyskania środków finansowych,
- wzrost cen naturalnych surowców mineralnych,
- uwarunkowania fiskalne preferujące wykorzystanie surowców odpadowych,
- ograniczone zdolności eksploatacyjne złóż surowców mineralnych,
- mała świadomość ekologiczna i związana z tym niechęć do wykorzystania odpadów,
- wzrost zapotrzebowania na wykorzystanie surowców odpadowych,
- kosztowny transport naturalnych surowców mineralnych,
- konieczność budowy dodatkowej infrastruktury zakładów przetwórczych,
- zmieniające się warunki górniczo-geologiczne a tym samym właściwości odpadów,
- negatywny wpływ na środowisko operacji przetwarzania odpadów z górnictwa węgla kamiennego.

W analizie czynników wpływających na realizację założonych celów strategicznych uznano za:

- czynniki kluczowe:
  - wzrost zapotrzebowania na wykorzystanie surowców odpadowych,
- czynniki decydujące:
  - zmieniające się warunki górnictwo-geologiczne a tym samym właściwości odpadów,
- czynniki z grupy „Cele”:
  - wysokie koszty przetwarzania surowców odpadowych,
  - konieczność budowy dodatkowej infrastruktury zakładów przetwórczych,
- czynniki z grupy „Rezultaty”: brak,
- „Zmienne Regulujące” i „Narzędzia Pomocnicze”:
  - trudność w utrzymaniu stałości ich parametrów jakościowych,
  - konieczność osiągnięcia standardów ekologicznych zawartych w krajowych i europejskich uregulowaniach prawnych,
  - negatywny wpływ na środowisko operacji przetwarzania odpadów z górnictwa węgla kamiennego,
  - ograniczone zdolności eksploatacyjne złóż surowców mineralnych,
  - wzrost cen naturalnych surowców mineralnych,
  - uwarunkowania fiskalne preferujące wykorzystanie surowców odpadowych,
 czynniki te pomocne są do osiągnięcia celów strategicznych, jednakże ich wpływ na całość systemu nie jest decydujący,
- „Zmienne Autonomiczne”:
  - kosztowny transport naturalnych surowców mineralnych,
  - skomplikowane procedury pozyskania środków finansowych,
  - mała świadomość ekologiczna i związana z tym niechęć do wykorzystania odpadów.

Dla V grupy tematycznej technologii wykorzystania odpadów z górnictwa węgla kamiennego (odzysk substancji węglowej) wytypowano następujące czynniki:

- dostępność odpadów o wymaganych właściwościach jakościowych dla danej technologii ich wykorzystania,
- niskie koszty produkcji (przetwarzania odpadu do wykorzystania),
- koszty wdrożenia i eksploatacji instalacji,
- instrumenty finansowe preferujące wykorzystanie surowców odpadowych (podatki, opłaty),
- polityka wspierająca zagospodarowanie odpadów (strategie, plany i itd.),
- łatwość wdrożenia technologii,
- niska energochłonność i materiałochłonność,
- zapotrzebowanie odbiorców,
- efektywność przeróbki i wzbogacania węgla,
- uwarunkowania prawne związane z zagospodarowaniem odpadów z górnictwa węgla.

Wyniki analizy czynników mających wpływ na rozwój technologii tej grupy sposobów zagospodarowania odpadów (grupa V) przedstawiają się następująco:

- czynniki kluczowe:
  - niskie koszty produkcji (przetwarzania odpadu do wykorzystania),
  - koszty wdrożenia i eksploatacji instalacji,
- czynniki decydujące:
  - dostępność odpadów o wymaganych właściwościach jakościowych dla danej technologii ich wykorzystania,
  - efektywność przeróbki i wzbogacania węgla,
- czynniki z grupy „Cele”: nie zostały zidentyfikowane,
- czynniki z grupy „Rezultaty”: nie zostały zidentyfikowane,
- „Zmienne Regulujące” i „Narzędzia Pomocnicze”:
  - polityka wspierająca zagospodarowanie odpadów (strategie, plany i itd.),
  - uwarunkowania prawne związane z zagospodarowaniem odpadów z górnictwa węgla,
  - niska energochłonność i materiałochłonność,
  - łatwość wdrożenia technologii,
- „Zmienne Autonomiczne”
  - instrumenty finansowe preferujące wykorzystanie surowców odpadowych (podatki, opłaty),
  - zapotrzebowanie odbiorców.

W podsumowaniu należy stwierdzić, że:

- występuje duża powtarzalność czynników kluczowych w poszczególnych Grupach tematycznych technologii, co może prowadzić do sformułowania zbiorczej wizji rozwojowej zawierającej elementy poszczególnych grup tematycznych technologii,
- wynikowy zestaw czynników kluczowych wskazuje na silny wpływ czynników o charakterze ekonomicznym przy braku, lub relatywnie niskim znaczeniu, czynników odnoszących się do zagadnień technologicznych w poszczególnych obszarach tematycznych,
- w analizie czynników panelu horyzontalnego za czynnik kluczowy uznano wzrost zapotrzebowania na wykorzystanie surowców odpadowych, a więc czynnik o charakterze społecznym.

#### **4.5. OCENA INNOWACYJNOŚCI TECHNOLOGII ZAGOSPODAROWANIA ODPADÓW POCHODZĄCYCH Z GÓRNICTWA WĘGLA KAMIENNEGO**

Ocenę poziomu innowacyjności technologii zagospodarowania odpadów górnictwa węgla kamiennego, dla pięciu grup technologii, przeprowadzono w oparciu o metodę analizy hierarchicznej problemu AHP w odniesieniu do przyjętych kryteriów ogólnych i szczegółowych oraz do zidentyfikowanych i opisanych kluczowych kierunków rozwoju technologii uznanych za rozpowszechnione i rozwojowe (tabela poniżej). Jako kryteria ogólne przyjęto:

A) Kryterium obecnego poziomu technologicznego (technicznego) w odniesieniu do innych zawansowanych dziedzin techniki (materiały, informatyka, organizacja, automatyzacja);

B) Kryterium skuteczności technologii w odniesieniu do warunków zewnętrznych;

C) Kryterium uniwersalności technologii w odniesieniu do techniki i warunków ich stosowania;

- D) Kryterium minimalizacji wpływu na środowisko;  
 E) Kryterium bezpieczeństwa rozumianego jako bezpieczeństwo ludzi i procesu technologicznego.  
 Dla nich przyjęto szczegółowe kryteria (subkryteria).

Wyniki badań metodą AHP pozwoliły na wyselekcjonowanie w poszczególnych grupach najbardziej innowacyjnych technologii:

- Grupa I – B. Zagospodarowanie odpadów przerobczych do rekultywacji technicznej terenów zdegradowanych,
- Grupa II – A. Zagospodarowanie skały płonnej do likwidacji pustek po eksploatacji resztek pokładów,
- Grupa III – A. zagospodarowanie skały płonnej jako materiału w technologii zawieszinowej,
- Grupa IV – E. Produkcja kruszyw z odpadów pozyskiwanych z hałdy oraz instalacji przeróbki,
- Grupa V – F. Pozyskiwanie węgla z odpadów drobnoziarnistych i poflotacyjnych zdeponowanych w stawach osadowych.

Są to technologie, które:

- należy traktować jako podstawowe w rozważaniach przyszłego obrazu technologicznego zagospodarowania odpadów górnictwa węgla kamiennego,
- w odpowiednich dla nich warunkach mogą być w przyszłości rozwojowe, co tym samym stanowi o kierunkach prac badawczo – rozwojowych.

Tabela 3. Rozpowszechnione i rozwojowe technologie zagospodarowania odpadów górnictwa węglowego (wg grup sposobów zagospodarowania) poddane ocenie metodą AHP

Sposób zagospodarowania	Symbol	Nazwa technologii
Grupa I BUDOWNICTWO HYDROTECHNICZNE, ZIEMNE, REKULTYWACJA TERENÓW	I A	Zagospodarowanie skały płonnej w budownictwie hydrotechnicznym
	I B	Zagospodarowanie odpadów przerobczych do rekultywacji technicznej terenów zdegradowanych
	I C	Zagospodarowanie odpadów przerobczych w robotach inżynierskich na powierzchni
Grupa II ROBOTY LIKwidACYJNE W KOPALNIACH WĘGLA KAMIENNEGO	II A	Zagospodarowanie skały płonnej do likwidacji pustek po eksploatacji resztek pokładów
	II B	Zagospodarowanie skały płonnej do likwidacji pustek eksploatacji pokładów systemem chodnikowym
	II C	Zagospodarowanie skały płonnej do likwidacji szybów
	II D	Zagospodarowanie odpadów przerobczych do likwidacji szybów
	II E	Zagospodarowanie odpadów flotacyjnych w doszczelnianiu zrobów zawałowych
	II F	Wytwarzanie mieszaniny samozestalającej z wykorzystaniem szlamów z hydrometalurgii cynku i ołowiu oraz popiołów lotnych do wypełniania pustek poeksploatacyjnych
Grupa III PODSADZANIE WYROBISK	III A	Zagospodarowanie skały płonnej jako materiału w technologii zawieszinowej
	III B	Zagospodarowanie odpadów flotacyjnych w podsadźce

EKSPLOATACYJNYCH		samozestalającej
	III C	Zagospodarowanie odpadów flotacyjnych w podszadkach typu „pasta”
Grupa IV KRUSZYWA, CERAMIKA	IV A	Produkcja ceramiki budowlanej ze skały płonnej
	IV B	Produkcja ceramiki budowlanej z odpadów przeróbczych
	IV C	Produkcja kruszyw sztucznych z mułów węglowych powstających w procesach flotacji
	IV D	Produkcja kruszyw z odpadów
	IV E	Produkcja kruszyw z odpadów pozyskiwanych z hałdy oraz instalacji przeróbki
	IV F	Technologia wytwarzania lekkiego kruszywa spiekane go lsa z surowców odpadowych, w tym z odpadów flotacyjnych (mułów) z przeróbki węgla kamiennego
Grupa V ODZYSK SUBSTANCJI WĘGLOWEJ	V A	Pozyskiwanie węgla z odpadów flotacyjnych
	V B	Pozyskiwanie węgla z odpadów drobnoziarnistych
	V C	Pozyskiwanie węgla z odpadów powęglowych
	V D	Pozyskiwanie mikro i nano węgla jako paliwa żelowego z odpadów flotacyjnych
	V E	Pozyskiwanie węgla z odpadów poflotacyjnych
	V F	Pozyskiwanie węgla z odpadów drobnoziarnistych i poflotacyjnych zdeponowanych w stawach osadowych

## 5. SCENARIUSZE ROZWOJU TECHNOLOGII ZAGOSPODAROWANIA ODPADÓW GÓRNICTWA WĘGLA KAMIENNEGO

Przyjęto poniżej zestawione założenia do scenariuszy.

### a. Wariant optymistyczny

- prawne i ekonomiczne bodźce wymuszą całkowite zagospodarowanie odpadów wydobywczych powstających z bieżącej produkcji, jak i zdeponowanych w środowisku,
- wzrost wydobycia węgla z uwagi na wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną i ciepłą - węgiel jako strategiczny surowiec,
- wzrost popytu na produkty powstające w wyniku zastosowania technologii przetwarzania odpadów wydobywczych,
- akceptacja społeczna dla rozwoju technologii zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego.

### b. Wariant umiarkowany

- prawne i ekonomiczne bodźce stymulować będą zagospodarowanie odpadów wydobywczych powstających z bieżącej produkcji,
- utrzymanie wydobycia węgla na obecnym poziomie – rozwój alternatywnych źródeł energii,
- umiarkowany popyt na produkty powstające w wyniku zastosowania technologii przetwarzania odpadów wydobywczych,
- ograniczona akceptacja społeczna dla rozwoju technologii zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego.



c. Wariant pesymistyczny

- prawne i ekonomiczne bodźce stymulować będą zagospodarowanie odpadów wydobywczych powstających z bieżącej produkcji,
- ograniczenie wydobycia węgla – pakiet klimatyczny,
- brak zapotrzebowania na produkty powstające w wyniku zastosowania technologii przetwarzania odpadów wydobywczych,
- brak akceptacji społecznej dla rozwoju technologii zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego.

W oparciu i przedstawione uwarunkowania i kierunku rozwoju technologii zagospodarowania odpadów górnictwa węgla kamiennego oraz uwzględniając zgromadzone wyniki i ich analizy przeprowadzone w ramach projektu „*Foresight w zakresie priorytetowych i innowacyjnych technologii w zakresie zagospodarowywania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego*” sformułowano scenariusze rozwoju przedmiotowych technologii.

### **5.1. WARIANT OPTYMISTYCZNY**

Wzrost wydobycia węgla związany ze wzrostem zapotrzebowania na energię w Polsce spowoduje wzrost ilości odpadów z górnictwa węgla kamiennego, będzie skutkował koniecznością zagospodarowania odpadów w dużej ilości, wobec których nie są stawiane wysokie wymagania jakościowe. Takie możliwości stwarzają technologie związane z budownictwem hydrotechnicznym, ziemnym, rekultywacją terenów (grupa I) oraz podsadzaniem wyrobisk eksploatacyjnych (grupa III), które będą priorytetowymi i są jednymi z łatwiejszych do wdrożenia. Niezbędnym jest przy tym podjęcie prac naukowo – badawczych nad opracowaniem wytycznych technicznych dla prac rekultywacyjnych z wykorzystaniem odpadów z górnictwa węgla kamiennego, co poszerzy możliwości zagospodarowania nie tylko odpadów z produkcji bieżącej ale również od lat składowanych w środowisku.

Wzrost zapotrzebowania węgla może być w niewielkim stopniu zaspokojony rozwojem technologii odzysku substancji węglowej z odpadów (grupa V), które wymagają jednak znacznych nakładów finansowych dla realizacji i równocześnie opracowania nowych innowacyjnych technologii.

W tym kontekście nabiera znaczenia intensywne uregulowanie prawnych i ekonomicznych bodźców, wymuszających całkowite zagospodarowanie odpadów z górnictwa węgla kamiennego a równocześnie preferujących wykorzystanie surowców odpadowych oraz poszukiwanie nowych kierunków zastosowań.

W przypadku tego scenariusza rozwoju technologii zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego zostaną osiągnięte cele strategiczne w tym zakresie, a mianowicie ochrona złóż surowców mineralnych, pełne wykorzystanie odpadów z produkcji bieżącej i wcześniej

zdeponowanych w środowisku oraz identyfikacja nowych obszarów zastosowań. Ten scenariusz może spotkać się z pełną akceptacją społeczną.

## **5.2. WARIANT UMIARKOWANY**

Utrzymanie wydobycia na obecnym poziomie nie spowoduje nadmiernego przyrostu ilości wytwarzanych odpadów z górnictwa węgla kamiennego pod warunkiem zastosowania technologii, gdzie zagospodarowane zostaną, podobnie jak w wariancie optymistycznym, odpady w dużych ilościach. Stwarzają taką możliwość technologie związane z budownictwem hydrotechnicznym, ziemnym, rekultywacją terenów (grupa I) oraz podsadzaniem wyrobisk eksploatacyjnych (grupa III). Jeśli zatem ilość odpadów nie ulegnie zmianie, może to przyczynić się do ograniczonego podjęcia prac naukowo – badawczych nad rozwojem tych technologii jak i nowych obszarów zastosowań.

W przypadku, gdy nowe uregulowania prawne i ekonomiczne dotyczyć będą tylko odpadów wydobywczych powstających z produkcji bieżącej, możliwości zagospodarowania odpadów wcześniej zdeponowanych w środowisku nie ulegną zmianie, co może ograniczyć rozwój tych technologii.

W przypadku tego scenariusza rozwoju technologii zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego, zostanie osiągnięty tylko jeden cel strategiczny w tym zakresie, a mianowicie ochrona złóż surowców mineralnych. Taki scenariusz może spotkać się z ograniczoną akceptacją społeczną.

## **5.3. WARIANT PESYMISTYCZNY**

Ograniczenie wydobycia węgla spowodować może niższe niż dotychczas wytwarzanie odpadów z górnictwa węgla kamiennego. Stosowane obecnie technologie, będą koncentrowały się głównie nad zagospodarowaniem odpadów wcześniej zdeponowanych w środowisku. Równocześnie mogą istotnego znaczenia nabrać technologie związane z odzyskiem substancji węglowej (grupa V), a mianowicie: pozyskiwanie węgla z odpadów drobnoziarnistych, pozyskiwanie węgla z odpadów powęglowych, pozyskiwanie węgla z odpadów drobnoziarnistych i poflotacyjnych zdeponowanych w stawach osadowych.

Dostępność odpadów z górnictwa węgla kamiennego będzie ograniczona, skąd może wynikać ograniczone zapotrzebowanie na produkty powstające w wyniku zastosowania technologii przetwarzania odpadów wydobywczych.

W przypadku, gdy nowe uregulowania prawne i ekonomiczne dotyczyć będą tylko odpadów wydobywczych powstających z produkcji bieżącej, możliwości zagospodarowania odpadów wcześniej zdeponowanych w środowisku, podobnie jak w wariancie umiarkowanym, nie ulegną zmianie, co może ograniczyć rozwój tych technologii.

W przypadku tego scenariusza rozwoju technologii zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego, zostanie osiągnięty, podobnie jak w wariacie umiarkowanym, tylko jeden cel strategiczny w tym zakresie, a mianowicie ochrona złóż surowców mineralnych. Taki scenariusz może spotkać się z ograniczoną akceptacją społeczną.

### **5.3. UWAGI**

Z uwagi na możliwość zagospodarowania niemal w całości odpadów, technologie związane z robotami likwidacyjnymi w kopalniach (grupa II) jak również odzyskiem substancji węglowej (grupa V) mogą w najbliższych kilkunastu latach być najbardziej pożądanymi technologiami do zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego.

Zwraca uwagę również fakt, iż jeden ze scenariuszy opracowany w ramach projektu „foresight węglowy” wykazuje ścisły związek z obecnie realizowanym projektem, bowiem sięgnięcie przez zakłady górnicze po zasoby uwięzione w obszarach resztkowych, filarach ochronnych i granicznych kopalń, może z powodzeniem przyczynić się do rozwoju technologii związanych z zagospodarowaniem skały płonnej do likwidacji pustek eksploatacyjnych pokładów systemem chodnikowym.