

FORSIGHT OGWK

PRIORYTETOWE I INNOWACYJNE TECHNOLOGIE
ZAGOSPODAROWANIA ODPADÓW POCHODZĄCYCH
Z GÓRNICCTWA WĘGLA KAMIENNEGO.

Pozycjonowanie technologii będących przedmiotem analiz i
badań w projekcie

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

Opracował: Jan Szpyrka

GLIWICE, 2011

1. WPROWADZENIE

W ramach projektu Forsight OGWK poddano szczegółowej analizie wybrane wstępnie technologie zagospodarowania odpadów górnictwa węglowego. Wybór technologii był wynikiem analiz zawartych w ankietach materiałowych złożonych przez respondentów. Technologie wstępnie ocenione jako rozpowszechnione i innowacyjne zestawiono w V grupach tematycznych odzwierciedlających potencjalne kierunki gospodarczego wykorzystania odpadów:

GRUPA I – **Budownictwo hydrotechniczne, ziemne, rekultywacja terenów** – 7 technologii

1. Zagospodarowanie skały płonnej w budownictwie hydrotechnicznym.
2. Zagospodarowanie skały płonnej w budowie nasypów i torowisk
3. Zagospodarowanie odpadów górnictwa węglowego w budowie obiektu rekultywacyjnego nadpoziomowego o dużym lub bardzo dużym zagrożeniu pożarowym
4. Zagospodarowanie odpadów górnictwa węglowego w obudowie lub rozbudowie obiektu nadpoziomowego (hałd) o małym zagrożeniu pożarowym
5. Zagospodarowanie odpadów górnictwa węglowego w obudowie lub rozbudowie obiektu nadpoziomowego (hałd) o średnim lub dużym zagrożeniu pożarowym
6. Zagospodarowanie odpadów przeróbczych do rekultywacji technicznej terenów zdegradowanych
7. Zagospodarowanie odpadów przeróbczych w robotach inżynierskich na powierzchni

GRUPA II – **Roboty likwidacyjne w kopalniach węgla kamiennego** – 6 technologii

1. Zagospodarowanie skały płonnej do likwidacji pustek po eksploatacji resztek pokładów
2. Zagospodarowanie skały płonnej do likwidacji pustek eksploatacji pokładów systemem chodnikowym
3. Zagospodarowanie skały płonnej do likwidacji szybów
4. Zagospodarowanie odpadów przeróbczych do likwidacji szybów
5. Zagospodarowanie odpadów flotacyjnych w doszczelnianiu zrobów zwałowych
6. Wytwarzanie mieszaniny samozestalającej z wykorzystaniem szlamów z hydrometalurgii cynku i ołowiu oraz popiołów lotnych do wypełniania pustek poeksploatacyjnych

GRUPA III – **Podsadzanie wyrobisk eksploatacyjnych** – 8 technologii,

1. Zagospodarowanie skały płonnej w podsadzce pneumatycznej
2. Zagospodarowanie skały płonnej w podsadzce hydraulicznej
3. Zagospodarowanie odpadów przeróbczych drobnoziarnistych w podsadzce hydraulicznej
4. Zagospodarowanie skały płonnej jako materiału w technologii zawieszinowej
5. Zagospodarowanie odpadów flotacyjnych w podsadzce samozestalającej
6. Zagospodarowanie odpadów flotacyjnych w podsadzce samozestalającej – wariant JAS-MOS/JAS III
7. Zagospodarowanie odpadów flotacyjnych w podsadzce samozestalającej – wariant JAS-MOS/JAS V
8. Zagospodarowanie odpadów flotacyjnych w podsadzkach typu „pasta”

GRUPA IV – **Kruszywa, ceramika** – 9 technologii

1. Produkcja sortowanych kruszyw z przepalonego łupka przywęglowego
2. Produkcja niesortowanych kruszyw z przepalonego łupka przywęglowego
3. Produkcja sortowanych kruszyw powęglowych pozyskiwanych z hałdy
4. Produkcja niesortowanych kruszyw powęglowych pozyskiwanych z hałdy
5. Produkcja kruszyw sztucznych z mułów węglowych powstających w procesach flotacji

6. Produkcja kruszyw z odpadów
7. Produkcja ceramiki budowlanej ze skały płonnej
8. Produkcja ceramiki budowlanej z odpadów przeróbczych
9. Produkcja łupka przepalonego z odpadów wzbogacania węgla
10. Produkcja kruszyw z odpadów pozyskiwanych z hałdy oraz instalacji przeróbki
11. Technologia wytwarzania lekkiego kruszywa spiekanego LSA z surowców odpadowych, w tym z odpadów flotacyjnych (mułów) z przeróbki węgla kamiennego

GRUPA V – *Odzysk substancji węglowej* – 7 technologii

1. Pozyskiwanie węgla z odpadów flotacyjnych – wariant 1
2. Pozyskiwanie węgla z odpadów flotacyjnych – wariant 2
3. Pozyskiwanie węgla z odpadów drobnoziarnistych
4. Pozyskiwanie węgla z odpadów powęglowych
5. Pozyskiwanie mikro i nano węgla jako paliwa żelowego z odpadów flotacyjnych
6. Pozyskiwanie węgla z odpadów poflotacyjnych
7. Pozyskiwanie węgla z odpadów drobnoziarnistych i poflotacyjnych zdeponowanych w stawach osadowych

Łącznie zatem w pierwszym etapie projektu zidentyfikowano i opisano 39 technologii w oparciu o sporządzoną dla potrzeb projektu „*Kartę technologii zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego*”.

Powyższe technologie zostały poddane weryfikacji przez ekspertów kluczowych oraz ocenie poziomu ich innowacyjności na podstawie przyjętych kryteriów:

1. Kryterium obecnego poziomu technologicznego (technicznego) odnoszonego do innych zaawansowanych dziedzin techniki (materiały, automatyzacja, informatyka itp.).
2. Kryterium skuteczności technologii odnoszone do warunków zewnętrznych.
3. Kryterium uniwersalności technologii odnoszone do techniki i warunków ich stosowania.
4. Kryterium negatywnego wpływu na środowisko.
5. Kryterium bezpieczeństwa i higieny pracy.

Każdemu z powyższych kryteriów przyporządkowano wielkość wagową w zakresie od 0,1 do 0,25, a dodatkowo każdej technologii przypisano jeden z czterech stopni przydatności:

- 0 – technologia nieprzydatna
- 1 – technologia o ograniczonej przydatności
- 2 – technologia przydatna
- 3 – technologia bardzo przydatna

Ocena końcowa każdej ze zidentyfikowanych technologii stanowiła sumę iloczynów wielkości wagowych i stopnia zaawansowania (przydatności). Przyjęto jako kryterium kwalifikujące wartość oceny końcowej danej technologii na poziomie >2. W wyniku tak przeprowadzonej oceny kryterium kwalifikujące do dalszych analiz uzyskały 24 technologie:

- w grupie I - 3 technologie,
- w grupie II - 6 technologii,
- w grupie III - 3 technologie,
- w grupie IV - 6 technologii,
- w grupie V - 6 technologii,

Ranking grup tematycznych odzwierciedlających główne kierunki wykorzystania odpadów z górnictwa węgla kamiennego sporządzony na podstawie powyższych kryteriów przedstawia się następująco:

GRUPA II – Roboty likwidacyjne w kopalniach węgla kamiennego – średnia 2,12

GRUPA III – *Podsadzanie wyrobisk eksploatacyjnych* – średnia 2,07

GRUPA V – *Odzysk substancji węglowej* – średnia 2,05

GRUPA I – *Budownictwo hydrotechniczne, ziemne, rekultywacja terenów* – średnia 2,02

GRUPA IV – *Kruszywa, ceramika* – średnia 1,91

Technologie które uzyskały najwyższe oceny to:

1. Technologia produkcji ceramiki budowlanej ze skały płonnej – 2,23. (GRUPA IV)
2. Technologia wykorzystania skały płonnej do likwidacji pustek po eksploatacji pokładów – 2,20. (GRUPA II)
3. Technologia pozyskiwania węgla z odpadów drobnoziarnistych -2,18. (GRUPA V).
4. Technologia zagospodarowania skały płonnej do likwidacji szybów 2,17 . (GRUPA II)
5. Technologia pozyskiwania węgla z odpadów powęglowych 2,13. (GRUPA V)
6. Technologia produkcji lekkich kruszyw sztucznych z mułów węglowych powstających w procesach flotacji – 2,10. (GRUPA II)

Kolejnym działaniem umożliwiającym właściwą ocenę wybranych w pierwszym etapie technologii było przeprowadzenie analizy typu SWOT mającej na celu wyłonienie potencjalnych czynników i zjawisk stanowiących mocne i słabe strony w rozwoju technologii zagospodarowania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego oraz określenie zagrożeń i szans w tym rozwoju.

Każda z wyłonionych technologii spełniających wymagane kryterium została poddana analizie SWOT (ang. *Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats analysis*) mającej na celu wskazanie stanu w odniesieniu do rozwoju technologii zagospodarowywania odpadów z górnictwa węgla kamiennego. Istota tej analizy polega na wskazaniu słabych i mocnych stron danej technologii w odniesieniu do czynników wewnętrznych oraz na wskazaniu szans i zagrożeń mających źródła zewnętrzne poza samymi technologiami.

Wszystkie technologie oceniane były według tych samych czynników opisujących zgodnie z regułą analizy „mocne strony” - S, „słabe strony” - W, „szanse” – O i „zagrożenia” – T:

MOCNE STRONY

1. minimalizacja skutków eksploatacji
2. niskie koszty produkcji (przydatność odpadu do wykorzystania)
3. łatwość wdrożenia
4. wysoki stopień wykorzystania odpadów
5. niskie koszty pozyskania materiału wzbogacanego
6. dostępność odpadów
7. zapotrzebowanie odbiorców
8. zainteresowanie tworzeniem nowych miejsc pracy
9. znaczna zawartość nośnika energii w odpadach zdeponowanych w okresach wcześniejszych
10. konieczność stosowania technologii ze względu na warunki bezpieczeństwa
11. wieloletnia tradycja
12. brak zainteresowania jednostek macierzystych w przetwarzaniu odpadów

SŁABE STRONY

1. zmiany w sposobach wydobywania węgla minimalizujące ilość wydzielanych odpadów
2. zmieniające się warunki górniczo-geologiczne i tym samym właściwości odpadów
3. konieczność budowy dodatkowej infrastruktury kopalni
4. uzależnienie technologii od stałości parametrów odpadów
5. konieczność budowy dodatkowej infrastruktury
6. wysoka energochłonność
7. wpływ na środowisko operacji przetwarzania odpadu
8. wysoki koszt wdrożenia i eksploatacji
9. zagrożenia BHP

10. wyczerpywanie się w przyszłości zasobów odpadów zdeponowanych
11. niechęć do powtórnego wzbogacania odpadów
12. silna konkurencja z rodzimymi zakładami przemysłu wydobywczego prowadzącymi wzbogacanie węgla na bieżąco
13. wyczerpanie się potencjału terenów rekultywowanych
14. konieczność wykonywania specjalistycznych badań jakościowych odpadów
15. wysokie wymagania odnoszone do odpadów o danym zakresie wykorzystania
16. dostępność odpadów o wymaganych właściwościach jakościowych dla danej technologii ich wykorzystania
17. niechęć stosowania w gospodarce surowców z odpadów

SZANSE

1. moda na efektywne wykorzystanie odpadów
2. prowadzenie polityki wspierającej zagospodarowanie odpadów
3. wzrost zapotrzebowania na produkty technologii
4. łatwość pozyskania funduszy na inwestycje proekologiczne
5. innowacyjność
6. posiadanie zakładów energetycznych wykorzystujących nośnik energii pozyskiwany w ocenianych technologiach
7. minimalizowanie skutków eksploatacji na powierzchni obszaru górniczego
8. pozyskiwanie przez samorządy terytorialne funduszy na rekultywację terenów
9. pozyskiwanie przez samorządy terytorialne funduszy na prace hydrotechniczne
10. ambitne plany samorządów terytorialnych w zakresie modernizacji terenów i zmian w sposobie ich wykorzystania

ZAGROŻENIA

1. zmiana uwarunkowań prawnych i środowiskowych
2. zmniejszenie zapotrzebowania na produkty technologii
3. rozwój bezodpadowych technologii eksploatacji i zmniejszenie wydobycia węgla
4. wahania koniunktury i popytu na nośnik energii
5. skomplikowane procedury finansowania
6. brak środków finansowych na inwestycje
7. uwarunkowania prawne dotyczące przetwarzania odpadów i wykorzystywania pozyskanego z nich nośnika
8. postęp technologii i efektywniejsze wzbogacanie aktualnie wydobywanego surowca energetycznego
9. stosunkowo małe zainteresowanie wdrażaniem innowacyjnych technologii zagospodarowania odpadów
10. brak systemu motywującego wdrażanie innowacyjnych technologii zagospodarowania odpadów
11. wyczerpywanie się naturalnych zasobów nośnika energii, jakim jest węgiel kamienny
12. pojawienie się technologii substytucyjnych
13. pojawienie się na rynku surowców tańszych od pozyskiwanego w technologii

Każdemu z powyższych czynników przyporządkowano trzy poziomy istotności – istotny, mniej istotny oraz najmniej istotny. Analiza wyników ankiety SWOT pozwoliła wyłonić czynniki decydujące dla wszystkich technologii. Poniżej przedstawiono po cztery najbardziej istotne we właściwej kolejności ich siły.

Istotne mocne strony – „S” :

1. dostępność odpadów
2. minimalizacja skutków eksploatacji
3. wysoki stopień wykorzystania odpadów
4. zapotrzebowanie odbiorców

Istotne słabe strony – „W” :

1. konieczność budowy dodatkowej infrastruktury

2. wysoka energochłonność
3. konieczność wykonywania specjalistycznych badań jakościowych odpadów
4. wysoki koszt wdrożenia i eksploatacji

Istotne szanse – „O” :

1. prowadzenie polityki wspierającej zagospodarowanie odpadów
2. moda na efektywne wykorzystanie odpadów
3. minimalizowanie skutków eksploatacji na powierzchni obszaru górniczego
4. wzrost zapotrzebowania na produkty technologii

Istotne zagrożenia – „T” :

1. brak środków finansowych na inwestycje
2. brak systemu motywującego wdrażanie innowacyjnych technologii zagospodarowania odpadów
3. zmiana uwarunkowań prawnych i środowiskowych
4. pojawienie się na rynku surowców tańszych od pozyskiwanego w technologii

Reasumując, analiza SWOT została przeprowadzona na dwóch poziomach – instytucjonalnym i technologicznym.

Na poziomie instytucjonalnym tzn. firm zajmujących się zagospodarowywaniem odpadów z górnictwa węgla kamiennego analiza wykazała m.in.:

- niski poziom innowacyjności stosowanych rozwiązań,
- brak wiedzy o możliwościach wykorzystania różnych instrumentów finansowych,
- brak wiedzy o funkcjonowaniu instytucji B-R, ich ofercie i możliwościach transferu technologii,
- barierę kapitałową przy wprowadzaniu nowoczesnych rozwiązań w eksploatacji i przeróbce kopalni.

Na poziomie technologicznym tzn. technologii przetwarzania odpadów zgodnie z przyjętymi kierunkami ich gospodarczego wykorzystania (grupy technologii) analiza SWOT wykazała m.in.:

- znaczne zasoby odpadów powstających i zdeponowanych w okresach wcześniejszych,
- niekorzystne zmiany prawne dotyczące przetwarzania odpadów i wykorzystania pozyskanego z nich produktu,
- zmiany w sposobach wydobywania węgla, minimalizujące udział technologii z wykorzystaniem odpadów,
- konieczność budowy dodatkowej infrastruktury,
- konieczność wykonywania specjalistycznych badań jakościowych odpadów,
- zmieniające się warunki geologiczno-górniczne i tym samym właściwości odpadów,
- brak systemu motywującego wdrażanie innowacyjnych technologii zagospodarowywania odpadów,
- skomplikowane procedury finansowania nowych inwestycji.

Wyniki ankietyzacji pozwoliły na precyzyjniejszą weryfikację wszystkich branych pod uwagę technologii oraz uzupełnienie o nowe, które spełniałyby kryteria innowacyjności i priorytetowości . W kolejnych etapach realizacji projektu analizowano technologie ocenione jako rozpowszechnione i rozwojowe. Kierunki zagospodarowania odpadów górnictwa węglowego zostały zachowane .

Wszystkie technologie zostały zestawione, podobnie jak poprzednio, w pięć grup tematycznych:

GRUPA I - Budownictwo hydrotechniczne, ziemne, rekultywacja terenów

- A. Zagospodarowanie skały płonnej w budownictwie hydrotechnicznym
- B. Zagospodarowanie odpadów przerobczych do rekultywacji technicznej terenów zdegradowanych
- C. Zagospodarowanie odpadów przerobczych w robotach inżynierskich na powierzchni

GRUPA II - Roboty likwidacyjne w kopalniach węgla kamiennego

- A. Zagospodarowanie skały płonnej do likwidacji pustek po eksploatacji resztek pokładów

- B. Zagospodarowanie skały pónnej do likwidacji pustek po eksploatacji pokładów systemem chodnikowym
- C. Zagospodarowanie skały pónnej do likwidacji szybów
- D. Zagospodarowanie odpadów przeróbczych do likwidacji szybów
- E. Zagospodarowanie odpadów flotacyjnych w doszczelnianiu zrobów zwałowych
- F. Wytwarzanie mieszaniny samo-zestalającej z wykorzystaniem szlamów z hydrometalurgii cynku i ołowiu oraz popiołów lotnych do wypełniania pustek poeksploatacyjnych

GRUPA III – *Podsadzanie wyrobisk eksploatacyjnych*

- A. Zagospodarowanie skały pónnej jako materiału w technologii zawieszinowej
- B. Zagospodarowanie odpadów flotacyjnych w posadzce samo zestalającej
- C. Zagospodarowanie odpadów flotacyjnych w posadzkach typu „pasta”

GRUPA IV - *Kruszywa, ceramika*

- A. Produkcja ceramiki budowlanej ze skały pónnej
- B. Produkcja ceramiki budowlanej z odpadów przeróbczych
- C. Produkcja kruszyw sztucznych z mułów węglowych powstających w procesie flotacji
- D. Produkcja kruszyw z odpadów
- E. Produkcja kruszyw z odpadów pozyskiwanych z hałdy oraz instalacji przeróbki
- F. Technologia wytwarzania lekkiego kruszywa spiekanego LSA z surowców odpadowych, w tym z odpadów flotacyjnych (mułów) z przeróbki węgla kamiennego

GRUPA V - *Odzysk substancji węglowej*

- A. Pozyskanie węgla z odpadów flotacyjnych
- B. Pozyskanie węgla z odpadów drobnoziarnistych
- C. Pozyskanie węgla z odpadów powęglowych
- D. Pozyskanie mikro i nano-węgla jako paliwa żelowego z odpadów flotacyjnych
- E. Pozyskanie węgla z odpadów poflotacyjnych
- F. Pozyskiwanie węgla z odpadów drobnoziarnistych i poflotacyjnych zdeponowanych w stawach osadowych

W czwartym etapie realizacji projektu przeprowadzono ocenę innowacyjności wybranych w ramach wcześniejszych badań i analiz technologii metodą Delphi. Polega ona na kilkuetapowej ankietyzacji wybranej grupy ekspertów w celu wypracowania subiektywnego i intuicyjnego konsensusu. W przeprowadzonych w ten sposób badaniach ankietowych uczestniczyło łącznie około 170 ekspertów reprezentujących sektory: przemysłowy, administracji samorządowej oraz naukowy.

Ankieta składała się z trzech segmentów tematycznych:

Część I – Określenie podstawowych celów strategicznych i cząstkowych w zakresie zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego.

Część II – Ocena zagadnień technologicznych wykorzystania odpadów z górnictwa węgla kamiennego z podziałem na wyodrębnione we wcześniejszych etapach kierunki (grupy technologii)

Część III – Ocena kierunków prac naukowo-badawczych dotyczących zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego z uwzględnieniem:

- *Hierarchii ważności kierunków prac naukowo-badawczych umożliwiających postęp w zakresie rozwoju technologii zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego*

i osiągnięcie wytypowanych priorytetów strategicznych i technologicznych oraz przewidywany okres ich realizacji.

- Hierarchii ważności obszarów instytucjonalnych nie związanych z wytwarzaniem i przetwórstwem odpadów z górnictwa węgla kamiennego, w których powinny koncentrować się działania Państwa umożliwiające osiągnięcie wytypowanych celów strategicznych i technologicznych.

Zdefiniowano trzy cele strategiczne:

- 1. Ochrona złóż surowców mineralnych poprzez substytucję produktami otrzymanymi z przetwarzania i recyklingu odpadów wydobywczych;*
- 2. Pełne wykorzystanie odpadów wytwarzanych obecnie i w okresach wcześniejszych przez górnictwo węgla kamiennego;*
- 3. Identyfikacja nowych obszarów zastosowań surowców odpadowych produktów wytworzonych na bazie odpadów z górnictwa węgla kamiennego.*

Najwyższą ocenę spośród wyżej przedstawionych celów uzyskał cel nr 2. Jako główne szanse związane z możliwością jego realizacji uznano:

- Uwarunkowania prawne preferujące wykorzystanie surowców odpadowych;
- Wzrost cen naturalnych surowców;
- Uwarunkowania fiskalne preferujące wykorzystanie surowców odpadowych;

Natomiast do głównych zagrożeń realizacji tego celu strategicznego zaliczono:

- Wysokie koszty przetwarzania surowców odpadowych;
- Skomplikowane procedury pozyskania środków finansowych;
- Trudności w utrzymaniu stałości parametrów jakościowych surowców odpadowych.

Drugą w kolejności ocenę uzyskał cel strategiczny nr3. Jako główne szanse związane z możliwością jego realizacji uznano:

- Konieczność osiągnięcia standardów ekologicznych zawartych w krajowych i na poziomie UE uwarunkowaniach prawnych;
- Wzrost cen naturalnych surowców odpadowych;
- „modę” na efektywne wykorzystanie odpadów.

Natomiast do głównych zagrożeń realizacji tego celu strategicznego zaliczono:

- Wysokie koszty przetwarzania surowców odpadowych;
- Konieczność rozbudowy istniejącej infrastruktury;
- Zmieniające się warunki górnictwo-geologiczne a tym samym właściwości odpadów.

Spośród ośmiu zdefiniowanych w ankietach celów cząstkowych najwyższą ocenę uzyskał cel nr 2 – „Stworzenie mechanizmów prawnych i finansowych motywujących rozwój i wdrażanie innowacyjnych technologii zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego”.

Natomiast jako drugi w hierarchii ważności eksperci uznali cel nr 1

– „Ograniczenie negatywnego oddziaływania odpadów z górnictwa węgla kamiennego na środowisko”.

W ocenie hierarchii ważności kryteriów mających wpływ na innowacyjność technologii zagospodarowania odpadów uznano, że niezależnie od kierunku wykorzystania odpadów (grup technologii) najbardziej istotne są kryteria ekonomiczne i techniczno-technologiczne.

Dla kryterium ekonomicznego czynnikami najistotniejszymi są:

- Koszty wdrożenia i eksploatacji instalacji do przetwarzania odpadów wydobywczych;
- Koszty produkcji nowych produktów;
- Instrumenty finansowe preferujące wykorzystanie surowców odpadowych (podatki, opłaty środowiskowe i in.)

Dla kryterium techniczno-technologicznego czynniki najbardziej to:

- dostępność odpadów o wymaganych właściwościach jakościowych,
- łatwość wdrożenia,
- energochłonność i materiałochłonność.

Podobna ocenę dokonano w ramach poszczególnych grup technologii - kierunków gospodarczego wykorzystania odpadów węglowych.

Grupa I – *Budownictwo hydrotechniczne, ziemne, rekultywacja terenów*

Jako główne szanse związane z możliwością rozwoju technologii w tym obszarze uznano:

- niskie koszty produkcji,
- dostępność odpadów,
- minimalizowanie skutków eksploatacji na powierzchni obszaru górniczego,
- wysoki stopień wykorzystania odpadów;

natomiast do głównych zagrożeń zaliczono:

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

Grupa II – *Roboty likwidacyjne w kopalniach węgla kamiennego*

Jako główne szanse związane z możliwością rozwoju technologii w tym obszarze uznano:

- minimalizowanie skutków eksploatacji na powierzchni obszaru górniczego,
- dostępność odpadów,
- wysoki stopień wykorzystania odpadów,
- niskie koszty produkcji;

natomiast do głównych zagrożeń zaliczono:

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

Grupa III – *Podsadzanie wyrobisk eksploatacyjnych*

Jako główne szanse związane z możliwością rozwoju technologii w tym obszarze uznano:

- minimalizowanie skutków eksploatacji na powierzchni obszaru górniczego,
- dostępność odpadów,
- wysoki stopień wykorzystania odpadów;

natomiast do głównych zagrożeń zaliczono:

- brak środków finansowych na inwestycje,
- konieczność budowy dodatkowej infrastruktury,
- wysoki koszt wdrożenia i eksploatacji.

Grupa IV – *Kruszywa, ceramika*

Jako główne szanse związane z możliwością rozwoju technologii w tym obszarze uznano:

- dostępność odpadów,
- zapotrzebowanie odbiorców,
- wysoki stopień wykorzystania odpadów;

natomiast do głównych zagrożeń zaliczono:

- wysoki koszt wdrożenia i eksploatacji,
- konieczność budowy dodatkowej infrastruktury,
- wysokie wymagania odbiorców.

Grupa V – *Odzysk substancji węglowej*

Jako główne szanse związane z możliwością rozwoju technologii w tym obszarze uznano:

- dostępność odpadów,
- niskie koszty produkcji,
- wysoki stopień wykorzystania odpadów;

natomiast do głównych zagrożeń zaliczono:

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

Trzeci segment tematyczny ankiety Delphi dotyczył oceny hierarchii ważności kierunków prac naukowo - badawczych umożliwiających postęp w zakresie rozwoju technologii zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego i osiągnięcie wytypowanych priorytetów strategicznych, a następnie hierarchii ważności obszarów instytucjonalnych nie związanych z wytwarzaniem i przetwórstwem odpadów z górnictwa kamiennego.

Zidentyfikowano 13 kierunków prac naukowo – badawczych, spośród których najwyższą ocenę uzyskały projekty związane z:

- opracowaniem nowych innowacyjnych technologii wykorzystania odpadów z górnictwa węgla kamiennego,
- opracowaniem wytycznych technicznych dla prac rekultywacyjnych z wykorzystaniem odpadów z górnictwa węgla kamiennego,
- metodami badań jakościowych odpadów z górnictwa węgla kamiennego,
- oceną efektywności ekonomicznej technologii zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego,
- opracowaniem kompleksowej bazy danych o zdeponowanych w okresach wcześniejszych odpadach z górnictwa węgla kamiennego.

Natomiast jeżeli chodzi o hierarchię ważności obszarów instytucjonalnych nie związanych z wytwarzaniem i przetwórstwem odpadów z górnictwa kamiennego, uznano za najważniejsze stworzenie warunków prawnych i instytucjonalnych umożliwiających rozwój technologiczny branży wydobywczej i przetwórczej oraz instrumentarium finansowego wspierającego inicjatywy technologiczne w zakresie zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego.

Kolejnym etapem oceny innowacyjności technologii zagospodarowywania odpadów była metoda badawcza Krzyżowa Analiza Wpływów stanowiąca jedno z podstawowych narzędzi analitycznych stosowanych w projektach typu foresight.

Analiza strukturalna wpływów przeprowadzona została w trzech etapach, którymi były:

1. Inwentaryzacja czynników mających wpływ na rozwój analizowanego układu (technologii) w określonych ramach czasowych,
2. Stwierdzenie występowania zależności pomiędzy wytypowanymi czynnikami oraz opis ilościowy występujących zależności przy wykorzystaniu macierzy wpływów,

3. Identyfikacja czynników kluczowych dla ewolucji analizowanego układu (technologii) w założonych ramach czasowych.

Dla każdego z trzech wcześniej zidentyfikowanych celów strategicznych wytypowane zostały czynniki istotne, mające wpływ na jego realizację. Dla poszczególnych celów były to:

Cel strategiczny 1:

1. Wysokie koszty przetwarzania surowców odpadowych i trudność w utrzymaniu stałości ich parametrów jakościowych
2. Uwarunkowania prawne (głównie środowiskowe) preferujące wykorzystanie surowców odpadowych
3. Skomplikowane procedury pozyskania środków finansowych
4. Wzrost cen naturalnych surowców mineralnych
5. Uwarunkowania fiskalne preferujące wykorzystanie surowców odpadowych
6. Ograniczone zdolności eksploatacyjne złóż surowców mineralnych
7. Mała świadomość ekologiczna i związana z tym niechęć do wykorzystania odpadów
8. Wzrost zapotrzebowania na wyroby z surowców odpadowych
9. Kosztowny transport naturalnych surowców mineralnych
10. Zastosowanie bardziej efektywnych metod przeróbki i wzbogacania węgla

Cel strategiczny 2:

1. Wysokie koszty przetwarzania surowców odpadowych i trudność w utrzymaniu stałości ich parametrów jakościowych
2. Wzrost cen naturalnych surowców mineralnych
3. Uwarunkowania prawne (głównie środowiskowe) preferujące wykorzystanie surowców odpadowych
4. Skomplikowane procedury pozyskania środków finansowych
5. Ograniczone zdolności eksploatacyjne złóż surowców mineralnych
6. Uwarunkowania fiskalne preferujące wykorzystanie surowców odpadowych
7. Mała świadomość ekologiczna i związana z tym niechęć do wykorzystania odpadów
8. Wzrost zapotrzebowania na wyroby z surowców odpadowych
9. Kosztowny transport naturalnych surowców mineralnych
10. Zastosowanie bardziej efektywnych metod przeróbki i wzbogacania węgla

Cel strategiczny 3:

1. Konieczność osiągnięcia standardów ekologicznych zawartych w krajowych i na poziomie UE uregulowaniach prawnych
2. Wysokie koszty przetwarzania surowców odpadowych
3. Wzrost cen naturalnych surowców mineralnych
4. Konieczność budowy dodatkowej infrastruktury zakładów przetwórczych
5. Przewidywane korzyści z lokowania produktów w nowych obszarach zastosowań
6. Moda na efektywne wykorzystywanie odpadów
7. Zmieniające się warunki górniczo-geologiczne a tym samym właściwości odpadów
8. Ryzyko inwestowania w nowe technologie
9. Niewielka konkurencja na rynku w początkowym okresie stosowania technologii
10. Negatywny wpływ na środowisko operacji przetwarzania odpadów z górnictwa węgla kamiennego

Analiza przedstawionych czynników wykazała ich znaczną zbieżność w ramach przyjętych celów strategicznych. Wyodrębniono trzynaście czynników, które co najmniej dwukrotnie wystąpiły w trzech celach strategicznych:

1. Wysokie koszty przetwarzania surowców odpadowych,
2. Trudność w utrzymaniu stałości ich parametrów jakościowych,
3. Konieczność osiągnięcia standardów ekologicznych zawartych w krajowych i europejskich uregulowaniach prawnych,
4. Skomplikowane procedury pozyskania środków finansowych,
5. Wzrost cen naturalnych surowców mineralnych,
6. Uwarunkowania fiskalne preferujące wykorzystanie surowców odpadowych,
7. Ograniczone zdolności eksploatacyjne złóż surowców mineralnych,
8. Mała świadomość ekologiczna i związana z tym niechęć do wykorzystania odpadów,
9. Wzrost zapotrzebowania na wykorzystanie surowców odpadowych,
10. Kosztowny transport naturalnych surowców mineralnych,
11. Konieczność budowy dodatkowej infrastruktury zakładów przetwórczych,
12. Zmieniające się warunki górniczo-geologiczne a tym samym właściwości odpadów,
13. Negatywny wpływ na środowisko operacji przetwarzania odpadów z górnictwa węgla kamiennego.

Z kolei w pięciu grupach tematycznych technologii wykorzystania odpadów z górnictwa węgla kamiennego wytypowano następujące czynniki:

GRUPA I - Budownictwo hydrotechniczne, ziemne, rekultywacja terenów

1. Niskie koszty produkcji (przetwarzania odpadu do wykorzystania)
2. Dostępność odpadów wydobywczycych, w tym odpadów o wymaganych właściwościach jakościowych dla danej technologii
3. Koszty wdrożenia i eksploatacji instalacji
4. Uwarunkowania prawne związane z zagospodarowaniem odpadów z górnictwa węgla
5. Instrumenty finansowe preferujące wykorzystanie surowców odpadowych (podatki, opłaty)
6. Minimalizowanie skutków eksploatacji na powierzchni obszaru górniczego
7. Dostępność funduszy na rekultywację terenów, prace hydrotechniczne i inne inwestycje proekologiczne
8. Łatwość wdrożenia technologii
9. Zapotrzebowanie odbiorców
10. Niska energochłonność i materiałochłonność

GRUPA II - Roboty likwidacyjne w kopalniach węgla kamiennego

1. Dostępność odpadów wydobywczycych, w tym odpadów o wymaganych właściwościach jakościowych dla danej technologii
2. Niskie koszty produkcji (przetwarzania odpadu do wykorzystania)
3. Koszty wdrożenia i eksploatacji instalacji
4. Instrumenty finansowe preferujące wykorzystanie surowców odpadowych (podatki, opłaty)
5. Polityka wspierająca zagospodarowanie odpadów (strategie, plany i itd.)
6. Niska energochłonność i materiałochłonność
7. Łatwość wdrożenia technologii
8. Zapotrzebowanie odbiorców
9. Potrzeby technologiczne związane z eksploatacją węgla kamiennego
10. Uwarunkowania prawne związane z zagospodarowaniem odpadów z górnictwa węgla

GRUPA III - Podsadzanie wyrobisk eksploatacyjnych

1. Dostępność odpadów wydobywczycych, w tym odpadów o wymaganych właściwościach jakościowych dla danej technologii
2. Niskie koszty produkcji (przetwarzania odpadu do wykorzystania)
3. Koszty wdrożenia i eksploatacji instalacji
4. Instrumenty finansowe preferujące wykorzystanie surowców odpadowych (podatki, opłaty)
5. Polityka wspierająca zagospodarowanie odpadów (strategie, plany i itd.)
6. Niska energochłonność i materiałochłonność

7. Łatwość wdrożenia technologii
8. Zapotrzebowanie odbiorców
9. Konieczność minimalizacji skutków eksploatacji na powierzchni obszaru górniczego w zależności od stopnia jego zagospodarowania
10. Uwarunkowania prawne związane z zagospodarowaniem odpadów z górnictwa węgla

GRUPA IV - Kruszywa, ceramika

1. Niskie koszty produkcji (przetwarzania odpadu do wykorzystania)
2. Dostępność odpadów wydobywczych, w tym odpadów o wymaganych właściwościach jakościowych dla danej technologii
3. Ograniczenie powierzchni zajmowanych terenów
4. Uwarunkowania prawne związane z zagospodarowaniem odpadów z górnictwa węgla
5. Instrumenty finansowe preferujące wykorzystanie surowców odpadowych (podatki, opłaty)
6. Efektywność przeróbki i wzbogacania węgla
7. Dostępność funduszy na rekultywację terenów, prace hydrotechniczne i inne inwestycje proekologiczne
8. Łatwość wdrożenia technologii
9. Zapotrzebowanie odbiorców
10. Niska energochłonność i materiałochłonność

GRUPA V - Odzysk substancji węglowej

1. Dostępność odpadów o wymaganych właściwościach jakościowych dla danej technologii ich wykorzystania
2. Niskie koszty produkcji (przetwarzania odpadu do wykorzystania)
3. Koszty wdrożenia i eksploatacji instalacji
4. Instrumenty finansowe preferujące wykorzystanie surowców odpadowych (podatki, opłaty)
5. Polityka wspierająca zagospodarowanie odpadów (strategie, plany i itd.)
6. Łatwość wdrożenia technologii
7. Niska energochłonność i materiałochłonność
8. Zapotrzebowanie odbiorców
9. Efektywność przeróbki i wzbogacania węgla
10. Uwarunkowania prawne związane z zagospodarowaniem odpadów z górnictwa węgla

W przeprowadzonych badaniach eksperci dokonali, poprzez wypełnienie odpowiednio przygotowanych ankiet-macierzy, oceny czynników mających wpływ na realizację założonych celów strategicznych (macierz horyzontalna) oraz oceny czynników mających wpływ na rozwój technologii w poszczególnych grupach tematycznych technologii wykorzystania odpadów z górnictwa węgla kamiennego. Wyniki ankiet stanowiły podstawę szerokiej analizy pozwalającej na identyfikację czynników kluczowych w rozpatrywanych procesach.

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

Czynniki kluczowe:

9. Wzrost zapotrzebowania na wykorzystanie surowców odpadowych

Czynniki decydujące:

12. Zmieniające się warunki górniczo-geologiczne a tym samym właściwości odpadów

Czynniki z grupy „Cele”:

1. Wysokie koszty przetwarzania surowców odpadowych
11. Konieczność budowy dodatkowej infrastruktury zakładów przetwórczych

Czynniki z grupy „Rezultaty”:

brak

„Zmienne Regulujące” i „Narzędzia Pomocnicze”:

2. Trudność w utrzymaniu stałości ich parametrów jakościowych
3. Konieczność osiągnięcia standardów ekologicznych zawartych w krajowych i europejskich uregulowaniach prawnych
13. Negatywny wpływ na środowisko operacji przetwarzania odpadów z górnictwa węgla kamiennego
7. Ograniczone zdolności eksploatacyjne złóż surowców mineralnych
5. Wzrost cen naturalnych surowców mineralnych
6. 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”

10. Kosztowny transport naturalnych surowców mineralnych
4. Skomplikowane procedury pozyskania środków finansowych
8. Mała świadomość ekologiczna i związana z tym niechęć do wykorzystania odpadów

Wyniki analiz czynników mających wpływ na rozwój poszczególnych grup technologii przedstawiają się następująco:

GRUPA I - Budownictwo hydrotechniczne, ziemne, rekultywacja terenów**Czynniki kluczowe:**

1. Niskie koszty produkcji (przetwarzania odpadu do wykorzystania)
3. Koszty wdrożenia i eksploatacji instalacji

Czynniki decydujące:

2. Dostępność odpadów wydobywczych, w tym odpadów o wymaganych właściwościach jakościowych dla danej technologii

Czynniki z grupy „Cele”:

8. Łatwość wdrożenia technologii

Czynniki z grupy „Rezultaty”:

6. Minimalizowanie skutków eksploatacji na powierzchni obszaru górniczego

„Zmienne Regulujące” i „Narzędzia Pomocnicze”:

4. Uwarunkowania prawne związane z zagospodarowaniem odpadów z górnictwa węgla
5. Instrumenty finansowe preferujące wykorzystanie surowców odpadowych (podatki, opłaty)

10. Niska energochłonność i materiałochłonność

7. Dostępność funduszy na rekultywację terenów, prace hydrotechniczne i inne inwestycje proekologiczne

9. Zapotrzebowanie odbiorców

„Zmienne Autonomiczne”

Nie zostały zidentyfikowane.

GRUPA II - Roboty likwidacyjne w kopalniach węgla kamiennego

Czynniki kluczowe:

2. Niskie koszty produkcji (przetwarzania odpadu do wykorzystania)

3. Koszty wdrożenia i eksploatacji instalacji

Czynniki decydujące:

1. Dostępność odpadów wydobywczych, w tym odpadów o wymaganych właściwościach jakościowych dla danej technologii

Czynniki z grupy „Cele”:

7. Łatwość wdrożenia technologii

8. Zapotrzebowanie odbiorców

Czynniki z grupy „Rezultaty”:

5. Polityka wspierająca zagospodarowanie odpadów (strategie, plany i itd.)

4. Instrumenty finansowe preferujące wykorzystanie surowców odpadowych (podatki, opłaty)

„Zmienne Regulujące” i „Narzędzia Pomocnicze”:

10. Uwarunkowania prawne związane z zagospodarowaniem odpadów z górnictwa węgla

6. Niska energochłonność i materiałochłonność

„Zmienne Autonomiczne”

8. Potrzeby technologiczne związane z eksploatacją węgla kamiennego

GRUPA III - Podszadanie wyrobisk eksploatacyjnych

Czynniki kluczowe:

2. Niskie koszty produkcji (przetwarzania odpadu do wykorzystania)

3. Koszty wdrożenia i eksploatacji instalacji

Czynniki decydujące:

1. Dostępność odpadów wydobywczych, w tym odpadów o wymaganych właściwościach jakościowych dla danej technologii

Czynniki z grupy „Cele”:

7. Łatwość wdrożenia technologii
6. Niska energochłonność i materiałochłonność
4. Instrumenty finansowe preferujące wykorzystanie surowców odpadowych (podatki, opłaty)
5. Polityka wspierająca zagospodarowanie odpadów (strategie, plany i itd.)
8. Zapotrzebowanie odbiorców

Czynniki z grupy „Rezultaty”:

Nie zostały zidentyfikowane.

„Zmienne Regulujące” i „Narzędzia Pomocnicze”:

10. Uwarunkowania prawne związane z zagospodarowaniem odpadów z górnictwa węgla

„Zmienne Autonomiczne”

9. Konieczność minimalizacji skutków eksploatacji na powierzchni obszaru górniczego w zależności od stopnia jego zagospodarowania

GRUPA IV - Kruszywa, ceramika**Czynniki kluczowe:**

1. Niskie koszty produkcji (przetwarzania odpadu do wykorzystania)

Czynniki decydujące:

2. Dostępność odpadów wydobywczych, w tym odpadów o wymaganych właściwościach jakościowych dla danej technologii
6. Efektywność przeróbki i wzbogacania węgla

Czynniki z grupy „Cele”:

8. Łatwość wdrożenia technologii

Czynniki z grupy „Rezultaty”:

Nie zostały zidentyfikowane.

„Zmienne Regulujące” i „Narzędzia Pomocnicze”:

4. Uwarunkowania prawne związane z zagospodarowaniem odpadów z górnictwa węgla
5. Instrumenty finansowe preferujące wykorzystanie surowców odpadowych (podatki, opłaty)
9. Zapotrzebowanie odbiorców
10. Niska energochłonność i materiałochłonność

7. Dostępność funduszy na rekultywację terenów, prace hydrotechniczne i inne inwestycje proekologiczne

„Zmienne Autonomiczne”

4. Ograniczenie powierzchni zajmowanych terenów

GRUPA V - Odzysk substancji węglowej

Czynniki kluczowe:

2. Niskie koszty produkcji (przetwarzania odpadu do wykorzystania)
3. Koszty wdrożenia i eksploatacji instalacji

Czynniki decydujące:

1. Dostępność odpadów o wymaganych właściwościach jakościowych dla danej technologii ich wykorzystania
9. Efektywność przeróbki i wzbogacania węgla

Czynniki z grupy „Cele”:

Nie zostały zidentyfikowane.

Czynniki z grupy „Rezultaty”:

Nie zostały zidentyfikowane.

„Zmienne Regulujące” i „Narzędzia Pomocnicze”:

5. Polityka wspierająca zagospodarowanie odpadów (strategie, plany i itd.)
10. Uwarunkowania prawne związane z zagospodarowaniem odpadów z górnictwa węgla
7. Niska energochłonność i materiałochłonność
6. Łatwość wdrożenia technologii

„Zmienne Autonomiczne”

4. Instrumenty finansowe preferujące wykorzystanie surowców odpadowych (podatki, opłaty)
8. Zapotrzebowanie odbiorców

Wnioski wynikające z Krzyżowej Analizy Wpływów można przedstawić w następujący sposób:

- 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.

W ramach czwartego etapu realizacji projektu foresight dokonano oceny innowacyjności technologii zagospodarowywania odpadów górnictwa węgla kamiennego, rozumianej jako zdolności technologii do adoptowania i wykorzystania najnowszych rozwiązań technicznych, technologicznych i organizacyjnych. Ocenę wykonano z zastosowaniem metody AHP (ang. *Analytic Hierarchy Process*) na drodze ankietowania wybranej wąskiej grupy 15 ekspertów. Przyjęto, że poziom innowacyjności może być opisany poprzez:

- ustalenie kryteriów innowacyjności technologii;
- wyznaczenie aspektów, w odniesieniu do których kryteria te muszą być analizowane
- udzielenie odpowiedzi o stopień spełniania przez te kryteria określonych aspektów związanych z innowacyjnością technologii;
- podział kryteriów oceny innowacyjności na grupę kryteriów ogólnych (nadrzędnych) oraz kryteriów szczegółowych (subkryteriów) – kademu ogólnemu odpowiada 5 kryteriów szczegółowych.

Zgodnie z tokiem postępowania, właściwym dla oceny innowacyjności technologii zagospodarowania odpadów górnictwa węgla kamiennego metodą AHP, ustalono hierarchiczną strukturę analizowanego zagadnienia w następującej postaci:

- cel nadrzędny: ocena poziomu nowoczesności technologii wybranych w analizach wstępnych,
- czynniki główne: przyjęte kryteria nadrzędne,
- czynniki cząstkowe: zweryfikowane w ramach realizacji projektu kryteria szczegółowe (subkryteria),
- warianty, obiekty: oceniane technologie wyłonione w projekcie jako rozwojowe i upowszechnione.

Kryteria (ogólne i szczegółowe) zostały sformułowane w następującej postaci:

- A. Kryterium obecnego poziomu technologicznego (technicznego) w odniesieniu do innych zawansowanych dziedzin techniki (materiały, informatyka, organizacja, automatyzacja)
 - A1. Poziom zmechanizowania operacji technologicznych;
 - A2. Poziom automatyzacji i zdalnej kontroli procesu technologicznego;
 - A3. Możliwość stosowania technologii dla różnych rodzajów odpadów;
 - A4. Podatność na modernizację wynikająca z rozwoju technologii i stosowanych maszyn;
 - A5. Poziom produktu technologii i jego pozycja na rynku.

- B. Kryterium skuteczności technologii w odniesieniu do warunków zewnętrznych
 - B1. Możliwość stosowania technologii przy zmieniających się właściwościach odpadów górnictwa węgla kamiennego;
 - B2. Zapewnienie maksymalnego wykorzystania odpadów;
 - B3. Dostępność odpadów;
 - B4. Możliwość pozyskania różnych produktów;
 - B5. Możliwość pozyskania produktów o zróżnicowanej jakości.

- C. Kryterium uniwersalności technologii w odniesieniu do techniki i warunków ich stosowania
 - C1. Odporność technologii na zakłócenia spowodowane czynnikami losowymi;
 - C2. Zapewnienie regularności i ciągłości dostaw odpadów;
 - C3. Uniwersalność wykorzystania systemów mechanizacji i automatyzacji procesu do różnych rodzajów odpadów;
 - C4. Czas i koszt adaptacji systemów mechanizacji i automatyzacji procesu przy zmianie rodzaju przetwarzanego odpadu;
 - C5. Możliwość dostosowania systemu do partii odpadów o różnych wielkościach.

- D. Kryterium minimalizacji wpływu na środowisko
 - D1. Możliwość całkowitego zagospodarowania odpadów;
 - D2. Emisja zanieczyszczeń do środowiska z procesu technologicznego;
 - D3. Zużycie energii w procesie przetwarzania odpadów;
 - D4. Możliwość monitorowania emisji zanieczyszczeń;

D5. Poziom zmian krajobrazowych miejsca lokalizacji zakładu przetwarzającego odpady.

E. Kryterium bezpieczeństwa rozumianego jako bezpieczeństwo ludzi i procesu technologicznego

- E1. Poziom występujących zagrożeń w procesie technologicznym;
- E2. Możliwość monitorowania i ograniczenia zagrożeń występujących w procesie technologicznym;
- E3. Bezpieczeństwo technologii ze względu na czynniki losowe;
- E4. Możliwość wprowadzenia pełnej automatyzacji procesu technologicznego;
- E5. Bezpieczeństwo obsługi i zapewnienie komfortu pracy.

Ocenę innowacyjności technologii zagospodarowania odpadów górnictwa węgla kamiennego przeprowadzono dla 24 technologii ocenionych jako rozpowszechnione i rozwojowe, zestawionych, jak w poprzednich etapach badań, w 5 grupach tematycznych odzwierciedlających kierunki ich gospodarczego wykorzystania:

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.*

W pierwszej kolejności dokonano ocen ważności kryteriów nadrzędnych oraz kryteriów szczegółowych w ramach kryteriów nadrzędnych. Za najważniejsze kryterium nadrzędne eksperci uznali pozycję „E – Kryterium bezpieczeństwa rozumianego jako bezpieczeństwo ludzi i procesu technologicznego”.

W ramach oceny kryteriów szczegółowych wybrano odpowiednio:

- A5 – Poziom produktu technologii i jego pozycja na rynku;
- B2 – Zapewnienie maksymalnego wykorzystania odpadów;
- C2 – Zapewnienie regularności i ciągłości dostaw odpadów;
- D2 - Emisja zanieczyszczeń do środowiska z procesu technologicznego;
- E5 – Bezpieczeństwo obsługi i zapewnienie komfortu ich pracy.

Wyniki oceny poszczególnych technologii w ramach ankietyzacji metodą AHP pozwoliły sporządzić ranking technologii w tematycznych grupach zagospodarowania odpadów górnictwa węglowego. Przedstawia się on następująco:

GRUPA I - *Budownictwo hydrotechniczne, ziemne, rekultywacja terenów*

B. Zagospodarowanie odpadów przeróbczych do rekultywacji technicznej terenów zdegradowanych

C. Zagospodarowanie odpadów przeróbczych w robotach inżynierskich na powierzchni

A - Zagospodarowanie skały płonnej w budownictwie hydrotechnicznym

GRUPA II - *Roboty likwidacyjne w kopalniach węgla kamiennego*

A. Zagospodarowanie skały płonnej do likwidacji pustek po eksploatacji resztek pokładów

B. Zagospodarowanie skały płonnej do likwidacji pustek po eksploatacji pokładów systemem chodnikowym

F. Wytwarzanie mieszaniny samo-zestalającej z wykorzystaniem szlamów z hydrometalurgii cynku i ołowiu oraz popiołów lotnych do wypełniania pustek poeksploatacyjnych

E. Zagospodarowanie odpadów flotacyjnych w doszczelnianiu zrobów zwalowych

C. Zagospodarowanie skały płonnej do likwidacji szybów

D. Zagospodarowanie odpadów przeróbczych do likwidacji szybów

GRUPA III – *Podsadzanie wyrobisk eksploacyjnych*

- A. Zagospodarowanie skały płonnej jako materiału w technologii zawieszinowej
- B. Zagospodarowanie odpadów flotacyjnych w podsadzce samo zestalającej
- C. Zagospodarowanie odpadów flotacyjnych w podsadzkach typu „pasta”

GRUPA IV - *Kruszywa, ceramika*

- E. Produkcja kruszyw z odpadów pozyskiwanych z hałdy oraz instalacji przeróbki
- D. Produkcja kruszyw z odpadów
- F. Technologia wytwarzania lekkiego kruszywa spiekanego LSA z surowców odpadowych, w tym z odpadów flotacyjnych (mułów) z przeróbki węgla kamiennego
- A. Produkcja ceramiki budowlanej ze skały płonnej
- B. Produkcja ceramiki budowlanej z odpadów przerobczych
- C. Produkcja kruszyw sztucznych z mułów węglowych powstających w procesie flotacji

GRUPA V - *Odzysk substancji węglowej*

- F. Pozyskiwanie węgla z odpadów drobnoziarnistych i poflotacyjnych zdeponowanych w stawach osadowych
- C. Pozyskanie węgla z odpadów powęglowych
- B. Pozyskanie węgla z odpadów drobnoziarnistych
- E. Pozyskanie węgla z odpadów poflotacyjnych
- A. Pozyskanie węgla z odpadów flotacyjnych
- D. Pozyskanie mikro i nano-węgla jako paliwa żelowego z odpadów flotacyjnych

2. POZYCJONOWANIE TECHNOLOGII BĘDĄCYCH PRZEDMIOTEM BADAŃ W PROJEKCIE FORESIGHT OGWK

Pozycjonowaniu poddano grupę wyselekcjonowanych technologii zgodnych z kierunkami o najwyższym, najbardziej innowacyjnym i najbardziej pozytywnym skutku z punktu widzenia potrzeb krajowych, potrzeb rozwijającego się przemysłu, ochrony środowiska, społecznych, oraz poziomu naukowego. W poprzedzających pozycjonowanie rozdziałach przedstawiono metodykę działań umożliwiających prawidłową ich ocenę i umożliwiającą ustalenie rankingu technologii pod względem ich ważności i innowacyjności.

Jako najbardziej priorytetowe kierunki gospodarczego wykorzystania odpadów z górnictwa węglowego należałoby wskazać dwie grupy technologii – „Roboty likwidacyjne w kopalniach węgla kamiennego, oraz Podsadzanie wyrobisk eksploacyjnych”. Technologie te umożliwiają czyste wybieranie złoża węgla kamiennego, zmniejszają niekorzystny wpływ eksploatacji na skały nadległe, przez co zapobiegają deformacjom terenu na powierzchni oraz pozostając na dole kopalni nie mają szkodliwego wpływu na środowisko naturalne. W technologiach tych wykorzystuje się odpady kamienne z robot przygotowawczych i udostępniających oraz odpady flotacyjne. Jednak należy podkreślić, że są to przede wszystkim odpady z bieżącej produkcji. W technologiach tych nie wykorzystuje się szeroko odpadów składowanych na hałdach czy zdeponowanych w stawach osadowych.

Wszystkie technologie rozpatrywane w projekcie zostały podzielone na pięć podstawowych grup – kierunków wykorzystania odpadów. Niemniej należy wskazać i podkreślić ich współzależność. Produkty jednej technologii mogą być wykorzystywane w innych technologiach. Najlepszym przykładem są produkty technologii odzysku substancji węglowej z odpadów (Grupa V). W wyniku stosowania tych technologii uzyskuje się dwa produkty handlowe – koncentrat węglowy oraz odpad kamienny. Koncentrat węglowy jest cennym produktem energetycznym natomiast odpad kamienny,

oczyszczony z węgla obniżającego wartość użyteczną tego produktu, może być wykorzystany do produkcji kruszyw (Grupa IV), do rekultywacji terenów, budownictwa hydrotechnicznego lub ziemnego (Grupa I) natomiast w przypadku drobnoziarnistych odpadów uzyskiwanych z technologii wzbogacania odpadów poflotacyjnych lub mułów z osadników ziemnych, do robot likwidacyjnych w kopalniach (Grupa II) oraz podsadzania wyrobisk eksploatacyjnych (Grupa III). Biorąc to pod uwagę można zatem wskazać technologie odzysku substancji węglowej jako najbardziej priorytetowe na przestrzeni następnych lat.

2.1. POZYCJONOWANIE TECHNOLOGII W RAMACH GRUPY I – „BUDOWNICTWO HYDROTECHNICZNE, ZIEMNE, REKULTYWACJA TERENÓW”

Po dokładnym przeanalizowaniu wyników ankiet, analiz i dotychczasowych badań można przedstawić ranking technologii, branych pod uwagę w ramach tego kierunku zagospodarowania odpadów, pod względem ich innowacyjności i priorytetowości:

1. Zagospodarowanie odpadów przeróbczych do rekultywacji technicznej terenów zdegradowanych
2. Zagospodarowanie odpadów przeróbczych w robotach inżynierskich na powierzchni
3. Zagospodarowanie skały płonnej w budownictwie hydrotechnicznym

Jako kluczową, w ramach tego kierunku zagospodarowania odpadów należałoby uznać technologię „Zagospodarowywanie odpadów przeróbczych do rekultywacji technicznej terenów zdegradowanych”. Technologia powyższa rozwiązuje sposoby zagospodarowania odpadów przeróbczych w pełnym zakresie uziarnienia, zarówno z bieżącej produkcji jak i odpady zdeponowane na hałdach, w rekultywacji technicznej terenów zdegradowanych działalnością górniczą. Stosowanie opisywanej technologii pozwala na skuteczną rewitalizację terenów zdegradowanych. Na ogół są to zapadliska i zalewiska, a więc przestrzenie podziemne. Jest to technologia zdolna do adaptowania i wykorzystania najnowszych rozwiązań, technicznych, technologicznych i organizacyjnych. Technologia ta stwarza duże możliwości przekształcenia terenów zdegradowanych w obszary inwestycyjne lub turystyczno-rekreacyjne. O najwyższej pozycji w rankingu decydują trzy czynniki: dostępność odpadów, minimalizacja skutków eksploatacji oraz wysoki stopień wykorzystania odpadów.

Wszystkie powyższe technologie mogą być stosowane po uzyskaniu oceny pozytywnej wpływu na środowisko. Dla oceny przydatności odpadów do wykorzystania ich w wybranej technologii jako materiał to budowy wyżej opisanych obiektów określa się między innymi: uziarnienie, ciężar objętościowy, wilgotność optymalną, kąt tarcia wewnętrznego, kohezję, stopień zagęszczania, moduł ściśliwości, wytrzymałość na ściskanie, granice płynności i plastyczności, współczynnik filtracji, pęcznienie, rozmywalność, aktywność koloidalną zawartość substancji organicznych itp. W każdym przypadku odpady górnicze mogą stanowić podstawowy budulec tego typu obiektów, lub stanowić jedynie ich wypełnienie.

2.2. POZYCJONOWANIE TECHNOLOGII W RAMACH GRUPY II – „ROBOTY LIKWIDACYJNE W KOPALNIACH WĘGLA KAMIENNEGO”

W ramach tej grupy technologii zagospodarowania odpadów ranking technologii pod względem ich innowacyjności i priorytetowości można przedstawić w następujący sposób:

1. Zagospodarowanie skały płonnej do likwidacji pustek po eksploatacji resztek pokładów
2. Zagospodarowanie skały płonnej do likwidacji pustek po eksploatacji pokładów systemem chodnikowym
3. Wytwarzanie mieszaniny samo-zestalającej z wykorzystaniem szlamów z hydrometalurgii cynku i ołowiu oraz popiołów lotnych do wypełniania pustek poeksploatacyjnych
4. Zagospodarowanie odpadów flotacyjnych w doszczelnianiu zrobów zwalowych

5. Zagospodarowanie skały płonnej do likwidacji szybów
6. Zagospodarowanie odpadów przeróbczych do likwidacji szybów

Dwie pierwsze technologie wykorzystania odpadów można uznać za kluczowe w tej grupie. W obu przypadkach wykorzystuje się głównie odpady z bieżącej produkcji i pochodzące głównie z robót udostępniających i przygotowawczych. Zaletą tych technologii jest jednej strony, czyste wybieranie złoża, bez konieczności pozostawiania niewybranych resztek pokładu, które stanowią straty, natomiast z drugiej strony stosowanie odpadów do podsadzki zmniejsza w znaczny sposób niekorzystny wpływ eksploatacji górniczej na skały nadległe i powierzchnię ograniczając, tym samym, deformację terenu. Pozostawienie gruboziarnistych odpadów na dole kopalni ma również inne pozytywne strony. Nie ma z jednej strony konieczności wytransportowania ich na powierzchnię i z drugiej unika się dodatkowych kosztów związanych z ich utylizacją na powierzchni. Technologie należy uznać za priorytetowe z uwagi na możliwość wykorzystania odpadów w pełnym zakresie uziarnienia oraz minimalizowanie skutków eksploatacji na powierzchni obszaru górniczego

Dwie kolejne technologie z powyższego zestawienia również można uznać za równorzędne pod względem ich ważności i innowacyjności. W obu przypadkach odpady drobno-ziarniste są komponentami mieszanin wykorzystywanych do doszczelniania zrobów. Prowadzi to do szybszej rekonsolidacji zwałów, poprawia warunki wentylacyjne w ścianie, eliminuje przepływ powietrza przez zroby, ogranicza zagrożenia pożarowe oraz ogranicza skutki działalności górniczej na powierzchni.

2.3. POZYCJONOWANIE TECHNOLOGII W RAMACH GRUPY III – „PODSADZANIE WYROBISK EKSPLOATACYJNYCH”

Ranking technologii, pod względem ich innowacyjności i priorytetowości, w tej grupie po przeanalizowaniu wcześniejszych badań, powinien się przedstawiać następująco:

1. Zagospodarowanie skały płonnej jako materiału w technologii zawieszinowej
2. Zagospodarowanie odpadów flotacyjnych w podsadzce samo-zestalającej
3. Zagospodarowanie odpadów flotacyjnych w podsadzkach typu „pasta”

Jako kluczową można uznać technologię zagospodarowania skały płonnej jako materiału w technologii zawieszinowej. Technologia ta wykorzystuje zarówno odpady górnicze z bieżącej produkcji jak i zdeponowane w okresach wcześniejszych. Umożliwia wypełnianie pustek poeksploatacyjnych, likwidacji nieczynnych wyrobisk, budowę korków podsadzkowych. Najważniejszym zastosowaniem jest wypełnienie zrobów pozawałowych przy zawałowym systemie eksploatacji. Uszczelniając gruzowisko zawałowe przyczynia się do poprawy warunków wentylacyjnych oraz ogranicza zagrożenia metanowe i pożarowe. Technologię należy zaliczyć do najbardziej priorytetowych z uwagi na możliwość zagospodarowania wszystkich rodzajów odpadów górniczych (po ich uprzednim przygotowaniu, głównie w zakresie uziarnienia).

Dwie kolejne technologie wykorzystują głównie odpady flotacyjne z bieżącej produkcji jako komponenty mieszanek do podsadzek samo-zestalających.

Zaletą wszystkich tych technologii jest zagospodarowanie odpadów z górnictwa węglowego w kompozycji z odpadami energetycznymi (popioły lotne), wodą i środkiem wiążącym (cement) na dole kopalni. Poprawia to z jednej strony niekorzystny wpływ eksploatacji na powierzchnie a z drugiej unika się skomplikowanych procesów utylizacji odpadów w środowisku naturalnym. Technologie te spełniają konieczność osiągnięcia standardów ekologicznych zawartych w krajowych i na poziomie UE uwarunkowaniach prawnych.

2.4. POZYCJONOWANIE TECHNOLOGII W RAMACH GRUPY IV – „KRUSZYWA, CERAMIKA”

Pozycjonowanie technologii w ramach tej grupy powinno przedstawiać się następująco:

1. Produkcja kruszyw z odpadów pozyskiwanych z hałdy oraz instalacji przeróbki
2. Produkcja kruszyw z odpadów
3. Technologia wytwarzania lekkiego kruszywa spiekanego LSA z surowców odpadowych, w tym z odpadów flotacyjnych (mułów) z przeróbki węgla kamiennego
4. Produkcja ceramiki budowlanej ze skały płonnej
5. Produkcja ceramiki budowlanej z odpadów przeróbczych
6. Produkcja kruszyw sztucznych z mułów węglowych powstających w procesie flotacji

Jako kluczowe technologie, w tym kierunku wykorzystania odpadów górnictwa węglowego, można uznać dwie pierwsze. Możliwe są one do zastosowania w przypadku wszystkich odpadów gruboziarnistych zarówno z bieżącej produkcji jak i zdeponowanych w okresach wcześniejszych na hałdach, składowiskach lub zwałowiskach. Produktami tych technologii są kruszywa, które w zależności od ich własności mogą być wykorzystane w budownictwie ziemnym, drogowym, hydroinżynieryjnym lub do podsadzania wyrobisk górniczych. O usytuowaniu tych technologii na pierwszych miejscach rankingu decyduje bardzo szeroki zakres możliwości zastosowań gotowych produktów oraz możliwość zagospodarowania największych ilości odpadów w szerokim zakresie uziarnienia. Niemniej konieczna jest identyfikacja nowych obszarów zastosowań kruszyw wytworzonych na bazie odpadów z górnictwa węgla kamiennego z uwagi na trudności w utrzymaniu stałości parametrów jakościowych surowców odpadowych

Trzecia w rankingu to technologia wykorzystująca najdrobniejsze ziarna odpadowe (muły odpadowe i odpady flotacyjne) w kompozycji z innymi składnikami do produkcji lekkiego kruszywa spiekanego LSA. Produkty tej nowej i innowacyjnej technologii mogą być wykorzystywane do produkcji lekkich betonów konstrukcyjnych, betonu jamistego, drogownictwa, lekkich prefabrykowanych elementów budowlanych, warstw termoizolacyjnych, tynków zapraw i elementów ciepłochłonnych, upraw bezglebowych (jako podłoże), warstw drenażowych itp. Technologia powyższa jest jedną z najbardziej innowacyjnych, ale z uwagi, że ogranicza się jedynie do wykorzystania odpadów najdrobniejszych jej zakres stosowania jest mniejszy.

Dwie równorzędne technologie „Produkcja ceramiki budowlanej ze skały płonnej” oraz „Produkcja ceramiki budowlanej z odpadów przeróbczych” umożliwiają zastąpienie naturalnych surowców kopalnych odpadami z górnictwa węglowego. Produktem technologii jest cegła ceramiczna konstrukcyjna i klinkierowa drażona stosowana do wykonania konstrukcji murowych w dowolnych obiektach budownictwa ogólnego i przemysłowego. Do zalet technologii należą niskie koszty pozyskania surowca, wysoka energetyczność pozwalająca na oszczędność gazu w procesie wypalania cegieł. Wadą tych technologii jest wąski zakres stosowania ze względu na zdefiniowane właściwości odpadów możliwych do wykorzystania w technologii. Do tego celu nadają się jedynie skały płonne zawierające w swym składzie ilowce, mułowce oraz łupki węglowe.

2.5. POZYCJONOWANIE TECHNOLOGII W RAMACH GRUPY V – „ODZYSK SUBSTANCJI WĘGLOWEJ”

Po przeanalizowaniu wcześniejszych badań, ranking technologii, pod względem ich innowacyjności i priorytetowości, w tej grupie, powinien się przedstawiać następująco:

1. Pozyskiwanie węgla z odpadów drobnoziarnistych i poflotacyjnych zdeponowanych w stawach osadowych
2. Pozyskanie węgla z odpadów powęglowych
3. Pozyskanie węgla z odpadów drobnoziarnistych
4. Pozyskanie węgla z odpadów poflotacyjnych
5. Pozyskanie węgla z odpadów flotacyjnych
6. Pozyskanie mikro i nano-węgla jako paliwa żelowego z odpadów flotacyjnych

Jako kluczową technologię należy uznać technologię odzysku węgla z odpadów zdeponowanych w stawach osadowych. Odpady te charakteryzuje stosunkowo duża zawartość substancji węglowej. Jest to wynikiem niedokładnych metod wzbogacania ziarn najdrobniejszych a w wielu przypadkach w osadnikach zalegają niewzbogacane muły surowe pochodzące z procesów klarowania wód. Produktami tej technologii są użyteczny produkt energetyczny oraz pozostałości ilowe, z niewielkimi zawartościami substancji węglowej, mogące być materiałami wykorzystywanymi w rekultywacji terenów pogórnich lub jako składniki posadzki. Technologię należy traktować za priorytetową z uwagi na, z jednej strony, największe zawartości substancji węglowej w przedmiotowych odpadach, a z drugiej strony, że jest technologia umożliwiająca osiągnięcie najwyższych zysków zarówno finansowych jak i środowiskowych.

Drugą w rankingu jest technologia odzysku węgla z odpadów zdeponowanych na składowiskach lub hałdach. W drobniejszych frakcjach ziarnowych często występuje duży udział ziaren węglowych, spowodowane jest to niedokładnością procesów wzbogacania najdrobniejszych klas ziarnowych metodami grawitacyjnymi. Urządzenia wzbogacające cechuje duża imperfekcja w zakresie rozdziału gęstościowego drobnych ziaren. W większości przypadków, odpady zdeponowane na hałdach, mają własności uniemożliwiające ich wykorzystanie z uwagi na występujący w nich węgiel. Produktami technologii są koncentrat węglowy, który może być składnikiem mieszanek energetycznych oraz drugi produkt - odpad kamienny o polepszonej jakości - wykorzystywany w produkcji kruszyw, do rekultywacji terenów pogórnich, budownictwie ziemnym lub do podsadzek.

Jako równorzędne pod względem ich priorytetowości oraz innowacyjności można uznać technologie odzysku węgla z odpadów flotacyjnych. Odpady pochodzące z węzła wzbogacania flotacyjnego zarówno z bieżącej produkcji jak i zdeponowane w osadnikach ziemnych zawierają stosunkowo wysoką zawartość substancji węglowej. Wynika to z niedokładności skomplikowanego procesu flotacji, na którą może składać się wiele czynników takich jak - niedokładna klasyfikacja lub niewłaściwe zagęszczenia nadawy na flotację, niewłaściwy dobór odczynników flotacyjnych lub też nieskuteczne odwadnianie produktów końcowych. Technologie powyższe pozwalają odzyskać tracony w odpadach węgiel oraz zdecydowanie poprawiają jakość odpadów, które można wykorzystać, bez szkody dla środowiska w rekultywacji terenów, do poprawy własności gleby, w produkcji lekkich kruszyw spiekanych oraz do podsadzki. Wszystkie powyższe technologie mają podstawową zaletę, którą jest minimalizowanie skutków eksploatacji na powierzchni obszaru górniczego

LITERATURA

- [1] Baic I., Góralczyk S.: „*Foresight w zakresie priorytetowych i innowacyjnych technologii zagospodarowania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego*”, Monografia „Paliwo – Bezpieczeństwo – Środowisko”, ITG KOMAG, Gliwice 2010
- [2] Baic I., Witkowska-Kita B., Lutyński A., Blaschke W., Kozioł W., Piotrowski Z.: „*Ocena innowacyjności technologii zagospodarowania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego – metoda Delphi*”, Przegląd Górniczy 5/2011,

[3]] Baic I., Witkowska-Kita B., Lutyński A., Blaschke W., Kozioł W., Piotrowski Z.: „Ocena wpływu wybranych czynników na rozwój innowacyjnych technologii zagospodarowania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego – metoda krzyżowej analizy wpływów”, Przegląd Górniczy 5/2011,

[4] Kozioł W., Piotrowski Z., Pomykała R., Machniak Ł.,] Baic I., Witkowska-Kita B., Lutyński A., Blaschke W.: „Ocena innowacyjności technologii zagospodarowania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego – metoda AHP”, Przegląd Górniczy 5/2011,

[5] Kudelko M., Kamiński J, Kaszyński P.: „Foresight OGWK – Metoda Delphi – raport z przeprowadzonej ankietyzacji”, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią, PAN Kraków, Kraków 2010

[6] Praca zbiorowa: „Foresight OGWK – Priorytetowe i innowacyjne technologie zagospodarowania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego – Etap IV”, Warszawa 2009