



Institut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią  
Polskiej Akademii Nauk

## ROZPRAWA DOKTORSKA

mgr inż. Monika Pełowska

# Wpływ górnictwa węglowego na kształtowanie się PKB z wykorzystaniem przepływów międzygałęziowych

Promotor pracy  
dr hab. inż. Piotr Olczak, profesor instytutu

Promotor pomocniczy  
dr inż. Dominik Kryzia

Kraków 2024

*Dziękuję Wszystkim,  
których pomoc i życzliwość przyczyniły się  
do powstania niniejszej pracy.  
Szczególne podziękowania składam na ręce  
Promotora  
Pana profesora Piotra Olczaka,  
za życzliwość, wyrozumiałość i wszelką  
pomoc w trakcie redagowania pracy.  
Składam serdeczne podziękowania  
promotorowi pomocniczemu  
Dominikowi Kryzi  
oraz wszystkim współpracownikom,  
koleżankom i kolegom  
z Instytutu Gospodarki Surowcami  
Mineralnymi i Energią PAN  
za okazaną pomoc i wsparcie.  
Gorąco dziękuję mojemu kochanemu  
mężowi Mariuszowi i dzieciom, za  
nieskończoną cierpliwość, wyrozumiałość  
i wsparcie w chwilach zwątpienia.*

## Spis treści

Indeks oznaczeń.....	5
Indeks oznaczeń używanych w obliczeniach.....	7
1. Wprowadzenie.....	9
Cel, teza i układ pracy.....	12
2. Stan badań w zakresie analizy wpływu górnictwa węglowego na kształtowanie się PKB z wykorzystaniem przepływów międzygałęziowych.....	15
2.1. Wpływ sektorów gospodarki na Produkt Krajowy Brutto.....	17
2.2. Identyfikacja kluczowych sektorów gospodarki przy zastosowaniu metody przepływów międzygałęziowych.....	20
2.3. Udział górnictwa węgla kamiennego oraz przemysłu wydobywczego w PKB.....	23
2.4. Analiza zmian w strukturze gospodarki Polski za pomocą przepływów międzygałęziowych.....	27
2.5. Wykorzystanie przepływów międzygałęziowych w kontekście zmiany/redukcji podaży sektorów gospodarki.....	27
2.6. Podsumowanie przeglądu literatury.....	28
3. Górnictwo węglowe i jego znaczenie w gospodarce.....	31
3.1. Polityka surowcowa.....	32
3.2. Górnictwo węgla kamiennego.....	37
3.3. Górnictwo węgla brunatnego.....	46
4. Gospodarka narodowa – mechanizm funkcjonowania.....	49
4.1. Podstawowe mierniki.....	50
4.2. Systemy rachunków narodowych.....	56
5. Tablica przepływów międzygałęziowych – metoda obliczeniowa.....	58
6. Wpływ górnictwa węglowego na kształtowanie się PKB z wykorzystaniem przepływów międzygałęziowych.....	69
6.1. Struktura tabeli przepływów międzygałęziowych GUS – obliczenie wartości PKB.....	71
6.2. Dekompozycja przepływów w tablicy przepływów międzygałęziowych.....	73
6.2.1. Obliczenia przepływów międzygałęziowych – część I macierz zużycia pośredniego.....	78

6.2.2. Obliczenia przepływów międzygałęziowych – część II macierz popytu końcowego według składników.....	86
6.2.3. Obliczenia przepływów międzygałęziowych – część III macierz wartości dodanej brutto.....	87
6.3. Analiza struktury kopalń węgla kamiennego w 2015 roku.....	92
6.4. Analizy scenariuszowe.....	94
6.4.1. Scenariusze Badawcze – Scenariusz Referencyjny.....	96
6.4.2. Scenariusze Badawcze – Warianty Redukcji.....	96
6.4.3. Model Substytucji.....	99
6.4.4. Scenariusze Badawcze – Warianty Substytucji.....	108
6.4.4.1. Import węgla kamiennego.....	111
6.4.4.2. Import gazu ziemnego.....	114
6.4.4.3. Import energii elektrycznej.....	118
6.4.5. Scenariusze Badawcze – Warianty Migracji.....	128
7. Obliczenia wartości Produktu Krajowego Brutto dla Scenariuszy badawczych.....	142
7.1. Wyniki Scenariuszy Badawczych – Wariant Substytucji WS1.....	142
7.2. Wyniki Scenariuszy Badawczych – Wariant Substytucji WS2.....	144
8. Podsumowanie i wnioski końcowe.....	159
Literatura.....	165
Spis rysunków.....	192
Spis tabel.....	195
Spis załączników.....	196

## Indeks oznaczeń

Symbol	Opis
<i>ARE</i>	Agencja Rynku Energii SA
<i>ARP</i>	Agencja Rozwoju Przemysłu SA
<i>CIF</i>	( <i>Cost, Insurance &amp; Fracht</i> ) formuła dostawy towaru INCOTERMS; opłata obejmuje koszt, ubezpieczenie, fracht
<i>DN</i>	Dochód Narodowy
<i>FOB</i>	( <i>Free On Board</i> ) formuła dostawy towaru INCOTERMS; oznaczony port załadunku
<i>GUS</i>	Główny Urząd Statystyczny
<i>IEA</i>	Międzynarodowa Agencja Energii
<i>JSW</i>	Jastrzębska Spółka Węglowa SA
<i>KWB</i>	Kopalnia węgla brunatnego
<i>KWK</i>	Kopalnia węgla kamiennego
<i>LNG</i>	<i>Liquid Natural Gas</i>
<i>LWB</i>	Lubelski Węgiel Bogdanka SA
<i>MCI</i>	<i>Mining Contribution Index</i>
<i>MKiŚ</i>	Ministerstwo Klimatu i Środowiska
<i>MPK</i>	Macierz popytu końcowego według składników (część II macierzy przepływów międzygałęziowych)
<i>MWD</i>	Macierz wartości dodanej brutto (część III macierzy przepływów międzygałęziowych)
<i>MZP</i>	Macierz zużycia pośredniego (część I macierzy przepływów międzygałęziowych)
<i>OECD</i>	Organizacja Współpracy Gospodarczej i Rozwoju
<i>PE</i>	Parlament Europejski
<i>PEP2040</i>	Polityka Energetyczna Polski do 2040 roku
<i>PGG</i>	Polska Grupa Górnicza SA
<i>PKD</i>	Polska Klasyfikacja Działalności
<i>PN</i>	Polska Norma
<i>PNB</i>	Produkt Narodowy Brutto
<i>PNN</i>	Produkt Narodowy Netto
<i>PSE</i>	Polskie Sieci Elektroenergetyczne SA
<i>SNA</i>	<i>System of National Accounts</i>
<i>TGE</i>	Towarowa Giełda Energii
<i>TPM</i>	Tablica przepływów międzygałęziowych (GUS)
<i>TPMD</i>	Zdekomponowana tablica przepływów międzygałęziowych
<i>UE</i>	Unia Europejska
<i>WIOD</i>	<i>World Input–Output Database</i>
<i>WM</i>	Wariant Migracji
<i>WR</i>	Wariant Redukcji
<i>WR25%</i>	Wariant Redukcji 25%
<i>WR50%</i>	Wariant Redukcji 50%

<i>WR75%</i>	Wariant Redukcji 75%
<i>WR100%</i>	Wariant Redukcji 100%
<i>WREF</i>	Wariant Referencyjny
<i>WS1</i>	Wariant Substytucji WS1
<i>WS2</i>	Wariant Substytucji WS2
<i>ZG</i>	Zakład Górniczy

## Indeks oznaczeń używanych w obliczeniach

Symbol	Jednostka	Opis
<i>C</i>	tys. zł	Cena
<i>Cg<sub>zr</sub></i>	zł/m <sup>3</sup>	Cena gazu ziemnego referencyjna
<i>CI</i>	zł	Cena surowca importowanego
<i>CIT</i>	tys. zł	Podatek dochodowy od osób prawnych
<i>C<sub>wr</sub></i>	tys. zł	Cena węgla kamiennego energetycznego referencyjna
<i>e</i>	kWh/Mg	Energochłonność
<i>ee</i>	–	Energia elektryczna
<i>eel</i>	–	Energia elektryczna z importu
<i>EI</i>	GJ/rok	Całkowita ilość energii, jaką należy zaimportować do substytucji dla substytutu
<i>EIU</i>	GJ/rok	Wartość energetyczna surowca, która będzie potrzebna do zaimportowania (ubytek energii węglowej)
<i>FP i WFGŚP</i>	tys. zł	Składki na Fundusz Pracy, Fundusz Solidarnościowy i Fundusz Gwarantowanych Świadczeń Pracowniczych
<i>gz</i>	–	Gaz ziemny
<i>gzI</i>	–	Gaz ziemny z importu
<i>i</i>	–	Produkt/dostawca produktu/gałęź gospodarki, z której produkt pochodzi
<i>IN</i>	tys. zł/MW	Jednostkowe nakłady inwestycyjne
<i>is</i>	Mg/rok	Ilość surowca w gałęzi <i>i</i>
<i>j</i>	–	Odbiorca produktu/ gałęź gospodarki, do której produkt trafia
<i>KE</i>	tys. zł/rok	Koszty eksploatacyjne zmienne obejmujące koszt zmiany źródła energii (paliwa) <i>s</i> dla gałęzi <i>i</i>
<i>KN</i>	tys. zł/rok	Roczny koszt nakładu inwestycyjnego dla technologii zasilanej źródłem energii (paliwem) <i>s</i> dla gałęzi <i>i</i> ,
<i>KZ</i>	tys. zł	Koszty związane z zatrudnieniem
<i>L<sub>p</sub></i>	l. osób	Całkowita liczba pracowników przechodzących z gałęzi
<i>LT</i>	rok	Liczba lat życia technologii
<i>NO</i>	tys. zł	Nadwyżka operacyjna
<i>O</i>	tys. zł	Suma płatności gałęzi – opłaty górnictwa
<i>PFRON</i>	tys. zł	Składki na Państwowy Fundusz Rehabilitacji Osób Niepełnosprawnych
<i>PIT</i>	tys. zł	Podatek dochodowy od osób fizycznych
<i>PKB</i>	tys. zł	Produkt Krajowy Brutto
<i>PKP</i>	tys. zł/os	Produktywność kosztów pracy
<i>PO</i>	–	Stosunek przychodów netto
<i>POP<sub>dp</sub></i>	tys. zł	Pozostałe podatki pomniejszone o dotacje związane z produkcją
<i>pp</i>	%	Udział osób przechodzących na emeryturę.
<i>PP<sub>dp</sub></i>	–	Podatki od produktów pomniejszone o dotacje do produktów

<i>RP</i>	tys. zł/rok	Razem produkty
<i>RZP</i>	–	Razem zużycie pośrednie/popyt końcowy
<i>s</i>	–	Surowiec (substytut), rodzaj źródła energii (paliwa): węgiel kamienny energetyczny z importu ( <i>wkeI</i> ), gaz ziemny z importu ( <i>gzI</i> ), energia elektryczna z importu ( <i>eel</i> )
<i>SEI</i>	tys. zł	Wartość pieniężna całkowitej ilości energii jaką należy zaimportować do substytucji dla wszystkich substytutów
<i>Swy</i>	tys. zł	Składki obowiązkowe od wynagrodzeń
<i>Ś</i>	tys. zł	Świadczenia na rzecz pracowników
<i>t</i>	h/rok	Średni roczny czas pracy technologii
<i>u</i>	–	Udział zużycia źródła energii <i>s</i> w gałęzi <i>i</i> , jest to zmienna decyzyjna w modelu optymalizacyjnym, wartość dobierana jako rozwiązanie modelu (generowana jako wynikowa)
<i>uI</i>	–	Udział zużycia węgla kamiennego z importu w gałęzi <i>i</i>
<i>USiZ</i>	tys. zł	Składki na ubezpieczenia społeczne i zdrowotne
<i>V</i>	%	Stawka podatku VAT
<i>W</i>	Mg	Wydobycie
<i>wb</i>	–	Węgiel brunatny
<i>WD</i>	tys.zł	Wartość dodana brutto w cenach bazowych
<i>wk</i>	–	Węgiel kamienny
<i>wke</i>		Węgiel kamienny energetyczny
<i>wkeI</i>	–	Węgiel kamienny energetyczny z importu
<i>wkib</i>	–	Węgiel kamienny i brunatny
<i>wkk</i>	–	Węgiel kamienny koksowy
<i>wo</i>	–	Wartość opałowia
<i>WO</i>	tys. zł/Mg	Wysokość obciążenia płatnościami publicznoprawnymi wydobywania węgla
<i>WP</i>	tys.zł	Wzrost produkcji
<i>WS</i>	tys. zł	Wsparcie dla górnictwa
<i>WY</i>	tys. zł	Wynagrodzenia
<i>X</i>	–	Produkcja globalna ogółem w cenach bazowych
<i>x1<sub>i,j</sub></i>	tys. zł	Przepływ z gałęzi <i>i</i> do gałęzi <i>j</i> w tablicy zdekomponowanej
<i>x2<sub>i,j</sub></i>	tys. zł	Przepływ z gałęzi <i>i</i> do gałęzi <i>j</i> z uwzględnieniem Wariantów Redukcji i Substytucji
<i>x3<sub>i,j</sub></i>	tys. zł	Przepływ z gałęzi <i>i</i> do gałęzi <i>j</i> z uwzględnieniem Wariantów Redukcji i Substytucji oraz Wariantu Migracji
<i>x<sub>i,j</sub></i>	tys. zł	Zużycie pośrednie produktów gałęzi <i>i</i> przez gałąź <i>j</i> , popyt pośredni
<i>Y</i>	–	Zużycie końcowe produktów, popyt końcowy
<i>Z</i>	l. osób	Liczba osób zatrudnionych w gałęzi
<i>η</i>	–	Sprawność wykorzystania technologii



## 1. Wprowadzenie

Gospodarka światowa jest systemem łączącym gospodarki narodowe krajów poprzez wspólne obroty handlowe, międzynarodowe przepływy kapitałowe i usługowe (Budnikowski, 2006). W ramach gospodarki tej obserwuje się długotrwałe zróżnicowanie poziomu rozwoju między różnymi krajami, które stale się pogłębia. XX wiek był okresem znacznego przyspieszenia wzrostu gospodarczego, czego dowodem jest wzrost dochodu *per capita*. Obecnie rośnie znaczenie krajów uprzemysławiających się. Wyodrębniają się nowe ośrodki światowej produkcji i wymiany zyskujące silną pozycję konkurencyjną na międzynarodowych rynkach. Bardzo ważną rolę odgrywają Chiny, które są krajem dynamicznie rozwijającym się, posiadającym nadwyżkę handlową. Procesy globalizacji nie osłabiły tendencji do współpracy regionalnej, nadal mocną pozycję na świecie zajmuje Unia Europejska, realizując program globalnej Europy (Zielińska-Głębocka, 2021). Na międzynarodowych rynkach obserwuje się nowe produkty i usługi, co jest efektem postępu technologicznego oraz nowych paradygmatów w realizacji cyklu produkcyjnego przez przedsiębiorstwa.

Fundament i podstawę gospodarki światowej stanowi zbiór gospodarek narodowych. Gospodarka narodowa to całość działalności gospodarczej w danym kraju, obejmująca wszystkie dziedziny produkcji, obrotu i wymiany dóbr oraz usług (Encyklopedia Zarządzania, 2023a). Gospodarką tą kieruje administracja publiczna, a jej struktura zawiera różne sektory, takie jak: sektor pierwotny (rolniczy), który obejmuje działalność rolniczą, rybołówstwo oraz leśnictwo; sektor usługowy, w którym zawiera się szeroki zakres usług (na przykład finansowych, transportowych, ubezpieczeniowych, zdrowotnych, marketingowych czy turystycznych) oraz sektor przemysłowy, w skład którego wchodzi górnictwo, przemysł wydobywczy i przetwórczy oraz budownictwo.

Indywidualne gospodarki narodowe mogą również być częścią międzynarodowych wspólnot, które tworzą państwa dążące do bliższej współpracy. W ostatnich latach gospodarki te stopniowo stają się podobne do siebie, co jest wynikiem zachodzącego procesu globalizacji i gospodarczej integracji w ramach różnych organizacji międzynarodowych, na przykład poprzez członkostwo w Unii Europejskiej (Jarmołowicz, 2014; Milewski i Kwiatkowski, 2018). W obszarze naukowej terminologii, gospodarkę narodową często identyfikuje się także jako gospodarkę krajową lub gospodarkę państwową.

W Polsce gospodarka narodowa opiera się na zasadach rynkowych, jednakże niektóre jej obszary są w dużej mierze kontrolowane przez państwo. Gospodarka narodowa jest także narażona na wpływy zewnętrzne, takie jak kryzysy gospodarcze czy zmiany na rynkach międzynarodowych.

Wzajemna interakcja między gospodarką narodową a globalną wymaga współpracy międzynarodowej oraz uświadamia, że podejmowane decyzje na poziomie krajowym

mają globalne konsekwencje, zaś zmiany na arenie międzynarodowej mogą wpływać na sytuację wewnętrzną państwa. z tego powodu zarządzanie gospodarką narodową powinno uwzględniać globalne konteksty, a równocześnie polityka i działania międzynarodowe powinny respektować różnice i potrzeby poszczególnych krajów.

Gospodarkę narodową można ocenić za pomocą wskaźników ekonomicznych, które ukazują poziom rozwoju, dynamikę wzrostu lub spadku, oraz jej strukturę. Najważniejszym wskaźnikiem makroekonomicznym służącym do oceny wyników gospodarczych jest Produkt Krajowy Brutto (PKB) (Karaca i in., 2017). Od 1986 roku ten podstawowy miernik rozwoju gospodarczego państwa jest podawany rokrocznie w Rocznikach Statystycznych według systemu SNA (*System of National Accounts*) (Tomaszewicz, 1994). Jest to końcowy rezultat działalności produkcyjnej jednostek produkcyjnych będących rezydentami (Dziennik UE, 2013; GUS, 2023a). PKB to jeden z głównych mierników dochodu narodowego, który określa wartość wszystkich dóbr i usług finalnych wytworzonych przez daną gospodarkę w danym roku (Wędrowska i Wojciechowska, 2016; Łopatka, 2015). W Polsce PKB rośnie od wielu lat, choć w niektórych okresach tempo wzrostu było niższe niż w innych krajach Europy czy na świecie. Według publikacji *Rachunki narodowe według sektorów i podsektorów instytucjonalnych w latach 2013–2016* PKB Polski w roku 2015 wynosił 1 799 392 mln zł (GUS, 2018). W 2022 roku 2 623 948 mln zł w cenach bieżących, co oznacza wzrost o 4,9% w porównaniu z 2021 rokiem (GUS, 2023b) i był wzmacniany głównie przez wzrost zapasów, wydatków konsumpcyjnych i publicznych inwestycji (WIG, 2023).

Istotną składową polskiej gospodarki narodowej jest górnictwo, rozumiane jako przemysł zajmujący się wydobywaniem z ziemi kopalin użytecznych (PWN, 2023). Przemysł górniczy dostarcza surowców mineralnych niezbędnych dla innych gałęzi przemysłu i przede wszystkim dla energetyki. Ma także wpływ na środowisko przyrodnicze i społeczne, zarówno pozytywny (na przykład tworzenie miejsc pracy, rozwój infrastruktury) jak i negatywny (na przykład zanieczyszczenie powietrza, wody i gleby, degradacja krajobrazu, zagrożenia dla zdrowia i życia ludzi). Przemysł ten ma w Polsce długą tradycję i jest jedną z większych gałęzi gospodarki narodowej.

Węgiel kamienny stanowi istotny nośnik energii elektrycznej oraz ciepła w kraju (Gawlik i Mokrzycki, 2017). To surowiec, który bezpośrednio bądź pośrednio związany jest z innymi sektorami gospodarki. Głównym zastosowaniem węgla kamiennego jest produkcja energii elektrycznej i ciepła w sektorze energetyki zawodowej, jest również źródłem opału w gospodarstwach domowych i lokalnych kotłowniach. Używany jest bardzo szeroko w przemyśle chemicznym w procesach wytłewania, uwodorniania i zgazowania węgla, w wyniku których otrzymuje się różnego rodzaju paliwa oraz produkty dla innych dziedzin przemysłu chemicznego (koks, gazy opałowe, paliwa silnikowe, benzol, smołę węglową i inne). Znaczące ilości węgla są zużywane w przemyśle metalurgicznym. Węgiel kamienny jest również wykorzystywany jako surowiec w przemyśle kosmetycznym. Ponadto znajduje zastosowanie w produkcji środków ochrony roślin, nawozów, materiałów wybuchowych, barwników do tkanin oraz środków zapachowych. W przemyśle medycznym węgiel kamienny jest używany

do produkcji leków. Natomiast w przemyśle jubilerskim wykorzystywany jest do produkcji ozdób jubilerskich. Węgiel kamienny koksowy to jeden z głównych surowców w produkcji stali, której globalne zużycie stale rośnie (Krzak i Paulo, 2017).

Z górnictwem węglowym powiązanych jest szereg firm świadczących usługi i dostarczających produkty niezbędne do funkcjonowania tej branży, określanych jako przedsiębiorstwa okołogórniczne. Te podmioty usługowe obejmują producentów maszyn i urządzeń górniczych, placówki naukowo-badawcze oraz instytucje rozwojowe o specjalizacji związanej z górnictwem (Pełowska i in., 2017). Przedsiębiorstwa te dostarczają nie tylko materiały, lecz również realizują badania i analizy, wspierając postęp w pracach górniczych. Tym samym można stwierdzić, że sektor górniczy pełni rolę dostawcy dóbr dla innych sektorów gospodarki.

Polskie górnictwo stoi przed szeregiem wyzwań, co jest efektem dynamicznych zmian warunków, w jakich funkcjonuje. Biorąc pod uwagę obecne uwarunkowania, przyszłość sektora górniczego będzie ściśle uzależniona od przyjmowanych na szczeblu międzynarodowym rozwiązań w zakresie regulacji środowiskowych, wpływających bezpośrednio i pośrednio na ten sektor. W szczególności dotyczy to polityk zmierzających do dekarbonizacji gospodarki.

W świetle postawionych przez Unię Europejską wytycznych dotyczących transformacji sektora energetycznego państwa członkowskie, w tym również Polska, podejmują szereg działań mających na celu osiągnięcie neutralności klimatycznej do 2050 roku. Jednym z kierunków wyznaczanych w politykach narodowych jest redukcja wykorzystania paliw kopalnych, w tym węgla kamiennego i brunatnego. W Polsce, istotnym aspektem jest utrzymanie statusu surowców krytycznych, takich jak węgiel koksowy i miedź. Polska odgrywa kluczową rolę jako czołowy producent tych surowców w ramach Unii Europejskiej. Parlament Europejski wciąż ustala spójną politykę w zakresie dokumentu określającego ramy dla surowców krytycznych – dokument *European Critical Raw Materials Act* (Dyrektywa CRM, 2023).

## Cel, teza i układ pracy

Mając na uwadze uwarunkowania zaprezentowane we wprowadzeniu, przedmiotem badań podejmowanych w rozprawie doktorskiej jest górnictwo węgla kamiennego w Polsce. Zakresem badań objęto oddziaływania zachodzące pomiędzy gałęzią górnictwa węgla kamiennego a pozostałymi gałęziami gospodarki krajowej w obszarze dotyczącym wpływu zmniejszenia liczby jednostek wydobywczych (kopalń węgla kamiennego) na wzrost lub spadek wielkości PKB Polski, jako wskaźnika efektywności gospodarczej kraju. Rozprawa poświęcona jest problematyce szacowania i oceny rozmiarów udziału przemysłu górniczego, w zakresie wydobycia węgla kamiennego, w kształtowaniu narodowej sytuacji ekonomicznej.

W świetle zaprezentowanego przedmiotu badań oraz zakresu pracy, głównym celem rozprawy jest: **ilościowa ocena zmiany wartości wskaźnika PKB Polski w wyniku zaprzestania lub ograniczenia wydobycia węgla kamiennego energetycznego.**

Realizacja głównego celu pracy wymaga osiągnięcia celów cząstkowych, które zostały sformułowane następująco:

1. Pozyskanie i zestawienie danych dotyczących rynku węgla kamiennego.
2. Przygotowanie scenariuszy badawczych.
3. Przygotowanie modelu substytucji i analiza migracji pracowników dla zaproponowanych scenariuszy badawczych.
4. Obliczenie wartości PKB dla kombinacji scenariuszy badawczych przy użyciu metody Leontiefa.

W świetle założonych celów pracy, sformułowana została następująca teza badawcza:

**Metoda przepływów międzygałęziowych umożliwi określenie udziału górnictwa węgla kamiennego energetycznego w PKB oraz wpływu redukcji wydobycia węgla kamiennego energetycznego na zmianę PKB.**

Rozwiązanie problemu badawczego postawionego w pracy wymaga zastosowania odpowiedniej metodyki.

Przeprowadzona analiza literatury przedmiotu wykazała, że odpowiednią metodą wykorzystywaną do badań struktury przepływów między gałęziami gospodarki jest analiza przepływów międzygałęziowych Leontiefa. W ramach realizacji postawionych celów, opracowany został algorytm postępowania służący do określenia wpływu górnictwa węglowego na kształtowanie się PKB z wykorzystaniem przepływów międzygałęziowych.

W kontekście realizacji celów pracy opracowane zostały scenariusze badawcze. Scenariusze stanowią złożoną kombinację różnych wariantów, które mogą wystąpić w badanej sytuacji. W analizie uwzględniono trzy główne Warianty: Redukcję, Substytucję i Migrację.

Warianty Redukcji obejmują możliwości redukcji wydobycia węgla kamiennego energetycznego, rozpatrywano cztery przypadki:

- Wariant Redukcji 25% (WR25%) – zawiera założenia obejmujące możliwość redukcji wydobycia krajowego węgla kamiennego energetycznego na poziomie około 25%,
- Wariant Redukcji 50% (WR50%) – zawiera założenia obejmujące możliwość redukcji wydobycia krajowego węgla kamiennego energetycznego na poziomie około 50%,
- Wariant Redukcji 75% (WR75%) – zawiera założenia obejmujące możliwość redukcji wydobycia krajowego węgla kamiennego energetycznego na poziomie około 75%,
- Wariant Redukcji 100% (WR100%) – zawiera założenia obejmujące możliwość całkowitej redukcji wydobycia krajowego węgla kamiennego energetycznego.

Warianty Substytucji obejmują możliwości substytucji ubytków energii w gospodarce spowodowanych niższym wydobyciem węgla kamiennego energetycznego (występujących w zaproponowanych powyżej Wariantach Redukcji), zaproponowano:

- Wariant Substytucji WS1 – zawiera założenia możliwość substytucji węgla kamiennego energetycznego krajowego, węglem kamiennym energetycznym pochodzącym z importu,
- Wariant Substytucji WS2 – zawiera założenia możliwość substytucji węgla kamiennego energetycznego krajowego, surowcami pochodzącym z importu.

W ramach rozprawy doktorskiej przygotowano również Wariant Migracji (WM), zawierający założenia możliwego przejścia do innych gałęzi gospodarki pracowników górnictwa, którzy w wyniku redukcji wydobycia węgla kamiennego energetycznego, stracili prace w przedsiębiorstwach należących do sektora górnictwa węgla kamiennego.

Warianty szczegółowo opisano w poszczególnych rozdziałach rozprawy.

Określonymu przedmiotowi badań, zakresowi pracy oraz zdefiniowanym celom i tezie badawczej podporządkowany został układ pracy, na który składa się osiem rozdziałów w tym wprowadzenie oraz podsumowanie.

Rozdział pierwszy to wstęp do rozprawy doktorskiej. Rozdział drugi zawiera analizę obecnego stanu wiedzy w zakresie wpływu górnictwa węglowego na kształtowanie się PKB z wykorzystaniem przepływów międzygałęziowych. Wyszczególniono zarówno doświadczenia krajowe jak i międzynarodowe we wskazanym zakresie.

W rozdziale trzecim opisano górnictwo węglowe w Polsce. Kolejny rozdział to mechanizmy funkcjonowania gospodarki narodowej. Rozdział piąty zawiera opis metody obliczeniowej stosowanej w rozprawie. Rozdział szósty zawiera opis działań z zakresu wskazania wpływu górnictwa węglowego na kształtowanie się PKB z wykorzystaniem przepływów międzygałęziowych. Kolejny rozdział zawiera wyniki obliczeń.

W podsumowaniu zaprezentowano uzyskane wyniki oraz wnioski wynikające z przeprowadzonych badań, odnoszące się do przyjętych w pracy celów oraz tezy postawionej w rozprawie doktorskiej.

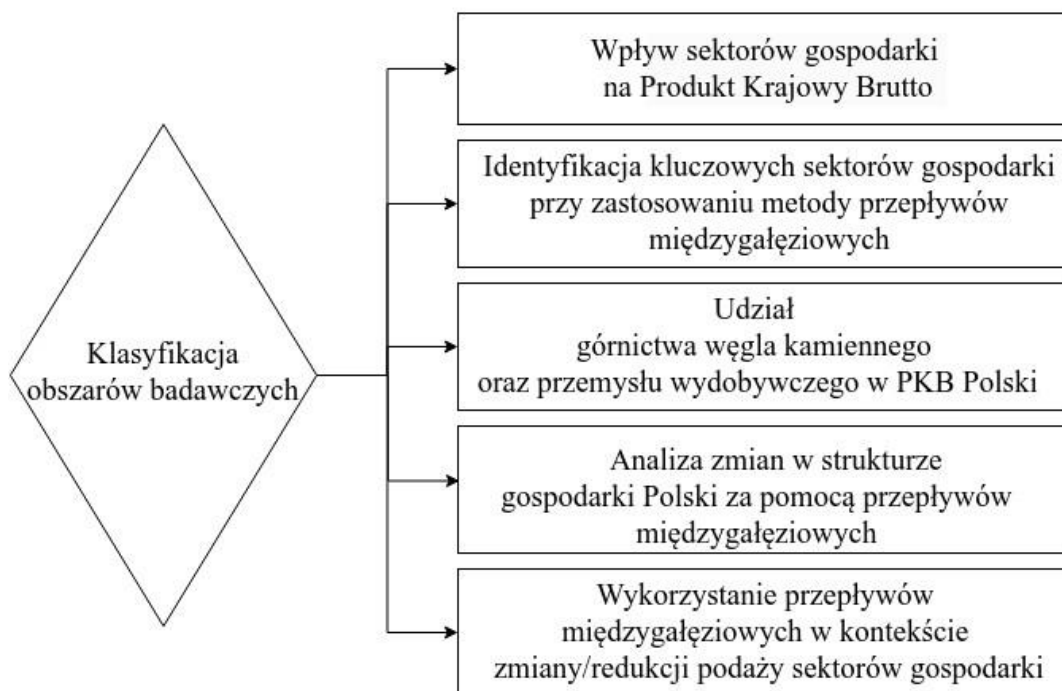
## **2. Stan badań w zakresie analizy wpływu górnictwa węglowego na kształtowanie się PKB z wykorzystaniem przepływów międzygałęziowych**

Celem niniejszego rozdziału jest zaprezentowanie obecnego stanu wiedzy w zakresie analizy wpływu górnictwa węglowego na kształtowanie się PKB z wykorzystaniem przepływów międzygałęziowych oraz badań powiązanych. Ponieważ do badań nad wpływem sektorów gospodarki na ogólny stan gospodarki kraju bardzo często wykorzystywane jest modelowanie matematyczne, w rozdziale przedstawione zostaną również obecne badania modelowe w przedmiotowym obszarze. Šmid (2010) opisuje sektor gospodarki jako ogół przedsiębiorstw produkujących towary lub świadczących usługi o zbliżonym charakterze. Zgodnie z klasyfikacją opracowaną przez Runge i Runge (2008), wyróżniamy trzy główne sektory gospodarki:

- rolniczy – obejmujący rolnictwo, leśnictwo, myślistwo, rybołówstwo i przemysł wydobywczy;
- przemysłowy – obejmujący przemysł przetwórczy, górnictwo i budownictwo;
- usługowy – obejmujący szeroko rozumiane usługi: materialne – związane z produktami, naprawami przedmiotów, generujące fizyczne przedmioty; niematerialne – to te, które nie przekładają się na bezpośrednio fizyczne produkty, lecz obejmują działalność, która nie generuje konkretnych dóbr materialnych, takie jak usługi edukacyjne, opieka zdrowotna, usługi finansowe czy kulturalne.

Każdy sektor gospodarki w Polsce prowadzi działalność wytwarzanych towarów lub usług sklasyfikowaną według Polskiej Klasyfikacji Działalności (PKD), która obejmuje 21 sektorów. Każdy sektor składa się z działów, grup, klas i podklas o określonym zakresie i charakterze (Rada Ministrów RP, 2007). Każdy z sektorów gospodarki ma swój udział w tworzeniu PKB tym samym wpływ każdego z sektorów gospodarczych na PKB kraju jest istotny.

Przeprowadzona analiza literatury przedmiotu objęła ponad sto prac opublikowanych w recenzowanych czasopismach oraz monografiach w latach 1956–2023. Prace były wybierane na podstawie określonych kryteriów, takich jak: ich związek z problemem badawczym, jakość prezentowanych metod, adekwatność wyników oraz ich zgodność z celami analizy. Kolejne etapy selekcji obejmowały eliminację duplikatów, ocenę abstraktów oraz treści pracy, a także uwzględnienie ich znaczenia dla kontekstu badawczego. Powyższe działania pozwoliły na zaklasyfikowanie analizowanych artykułów do pięciu zasadniczych nurtów badawczych powiązanych z zakresem rozprawy, co zaprezentowano na (rys. 2.1). Analizie poddano zarówno materiały opublikowane w czasopismach o zasięgu międzynarodowym, jak i krajowym.



Rys. 2.1. Klasyfikacja obszarów badawczych

Źródło: Opracowanie własne

W ramach wyodrębnionych szczegółowych obszarów literatury przeprowadzono wyszukiwanie przy użyciu słów kluczowych (w bazach naukowych takich jak: *Scopus*, *ScienceDirect*, *Web of Science*, *Google Scholar*):

- wpływ sektorów gospodarki na Produkt Krajowy Brutto – użyte słowa kluczowe to między innymi: sektor gospodarki, PKB, wzrost gospodarczy, wpływ sektorów na PKB, analiza wpływu, makroekonomia, zmiany PKB w zależności od sektorów, tempo wzrostu gospodarczego związane z danymi sektorami;
- identyfikacja kluczowych sektorów gospodarki przy zastosowaniu metody przepływów międzygałęziowych – użyte słowa kluczowe to między innymi: metoda przepływów międzygałęziowych do identyfikacji sektorów, identyfikacja sektorów, sektory kluczowe, analiza gałęziowa, analiza powiązań międzysektorowych, kluczowe gałęzie gospodarki, ocena strategicznych sektorów gospodarczych;
- udział górnictwa węgla kamiennego oraz przemysłu wydobywczego w PKB Polski – użyte słowa kluczowe to między innymi: górnictwo węglowe, analiza udziału sektorów, rola sektorów wydobywczych, przemysł wydobywczy w PKB, wpływ górnictwa na PKB Polski, udział sektorów wydobywczych w PKB, kontrybucja sektorów wydobywczych do PKB Polski, znaczenie górnictwa węgla kamiennego dla gospodarki Polski, analiza udziału sektorów wydobywczych w tworzeniu PKB, struktura gospodarki Polski a udział górnictwa w PKB;



- analiza zmian w strukturze gospodarki Polski za pomocą przepływów międzygałęziowych – użyte słowa kluczowe to między innymi: struktura gospodarki, Polska, analiza zmian, metoda przepływów międzygałęziowych, ewolucja struktury gospodarki, przemiany sektorowe w Polsce, analiza międzysektorowa gospodarki Polski;
- wykorzystanie przepływów międzygałęziowych w kontekście zmiany/redukcji podaży sektorów gospodarki – użyte słowa kluczowe to między innymi: metoda przepływów międzygałęziowych, redukcja podaży sektorów, zmiana podaży w gospodarce, przepływy międzysektorowe, analiza wpływu zmiany podaży, efekty zmiany podaży na strukturę gospodarki, bilans międzysektorowy, skutki wpływu redukcji podaży w sektorach na inne gałęzie gospodarki, ocena zmian w podaży sektorów gospodarki, dynamika zmian podaży a struktura gospodarca.

## **2.1. Wpływ sektorów gospodarki na Produkt Krajowy Brutto**

Pierwszy z analizowanych obszarów to wpływ sektorów gospodarki na Produkt Krajowy Brutto. W literaturze przedmiotu, zarówno w publikacjach polsko – jak i obcojęzycznych – znajduje się wiele pozycji dotyczących tematyki wpływu poszczególnych sektorów gospodarki na PKB kraju.

Badania empiryczne prowadzone w literaturze przedmiotu wykazały, że sektor wydobywczy był i jest postrzegany jako jeden z kluczowych czynników wzrostu i rozwoju gospodarczego wielu krajów takich jak: Chiny, które są największym producentem i konsumentem węgla na świecie, Arabia Saudyjska jest jednym z największych producentów ropy naftowej na świecie, czy też Australia, która posiada zasoby naturalne, takie jak rudy żelaza, węgiel, złoto i inne surowce mineralne (Eggert, 2001; Bridge, 2009; Matheis, 2016). Zasoby surowcowe zapewniają tani dostęp do ważnych czynników w procesie produkcji, co może prowadzić do zwiększenia zatrudnienia i wyższych dochodów (Black i in., 2005), co udowodnili również Michaels (2011) oraz Allcott i Keniston (2018) na przykładzie wydobywania ropy naftowej oraz gazu ziemnego w Stanach Zjednoczonych. Ponadto znaczenie geograficznej bliskości węgla jako czynnika leżącego u podstaw rozwoju gospodarczego Europy podczas rewolucji przemysłowej wykazali Fernihough i O'Rourke (2014), konkludując, że dostępność do zasobów węgla powodowała około 60% wzrostu populacji miast europejskich w latach 1750–1900. Autorzy Fernihough i O'Rourke (2021) wskazują, iż dostęp do węgla stał się ważnym czynnikiem napędzającym regionalny rozwój gospodarczy w XIX wieku, ukazując wyraźny związek między bliskością węgla a rozwojem miast po 1750 roku.

W analizie literatury polskojęzycznej skoncentrowano się na badaniu różnych sektorów gospodarki, szczególnie w kontekście Polski i Unii Europejskiej. Wnioskiem wypływającym z tych badań jest to, że udział rolnictwa, turystyki oraz budownictwa w PKB został szeroko omówiony, co zostało potwierdzone w dostępnych pracach naukowych. Analizę wpływu rolnictwa na wzrost gospodarczy przeprowadzono

w ujęciach ekonomicznym, społecznym i środowiskowym w pracy Kondratowicz-Pozorska (2015). Jak podaje autorka w latach 2012–2014 w krajach wysoko rozwiniętych udział rolnictwa w tworzeniu PKB wynosił około 3%. Dochodotwórcza rola rolnictwa w krajach Unii Europejskiej została podjęta również w pracy Baer-Nawrocka i Kiryluk-Dryjska (2017). Wewnętrzne uwarunkowania rozwoju polskiego rolnictwa przedstawia Ziętara (2008), która powołuje się na Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej za lata 1996–2007 (Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej, 2007). Tematyką rolnictwa i jego udziału w PKB zajmują się także autorzy Jarosz-Angowska (2015) oraz Chudzik (2020). Natomiast Seweryn (2017), na podstawie danych World Travel & Tourism Council (WTTC, 2016) podaje, że wartość PKB wytworzonego przez polski przemysł turystyczny w 2015 roku to 30,14 mld złotych, z kolei cała gospodarka turystyczna wygenerowała w 2015 roku aż 77,91 mld złotych. Podobnych rozważań podejmuje się Marciniuk-Kluska (2014). Na udział budownictwa w PKB wskazuje Barburski (2001), który powołując się na roczniki statystyczne GUS pokazuje udział budownictwa w PKB Polski, podobnie jak Lachońska (2010) oraz Chrzanowska i Zielińska-Sitkiewicz (2014).

Analizę związków przyczynowo-skutkowych pomiędzy zużyciem ropy naftowej oraz gazu ziemnego a wartością produktu krajowego brutto w Polsce w latach 2000–2009 prezentuje Lach (2015). Wnioskuje on, że zmiany w poziomie zużycia ropy naftowej i gazu ziemnego miały jedynie tymczasowy wpływ na tempo wzrostu polskiej gospodarki w analizowanym okresie. Autor stosuje do tego celu między innymi test przyczynowości Grangera (testy przyczynowości Grangera są techniką statystyczną stosowaną do analizy przyczynowości między zmiennymi w szeregach czasowych). Testy te pozwalają ocenić, czy jedna zmienna czasowa może przewidywać lub wyjaśniać zmiany w innej zmiennej czasowej (Orzeszko i Osińska, 2007; Syczewska, 2014). Test ten jest często stosowany w ekonomii do badania zależności między różnymi wskaźnikami makroekonomicznymi, między innymi takimi jak PKB, inflacja, bezrobocie, koniunktura giełdowa, transport, energia (Maziarz, 2015; Sekuła, 2019) oraz techniki bootstrap (metoda bootstrap to metoda uzyskiwania mocnych oszacowań błędów standardowych i przedziałów ufności dla ocen, takich jak średnia, mediana, proporcja, iloraz szans, współczynnik korelacji albo współczynnik regresji (IBM, 2023).

W literaturze przedmiotu znajdziemy również artykuły podejmujące temat wpływu wielkości zużycia energii na PKB poszczególnych krajów. Yang (2000) zastosował obliczenia dla gospodarki Tajwanu, autor analizuje również związek przyczynowy między PKB a kilkoma nośnikami energii, w tym węglem, ropą naftową, gazem ziemnym i energią elektryczną, wykorzystując technikę Grangera. Stwierdził on dwukierunkową przyczynowość między całkowitym zużyciem energii a wartościami PKB. Obliczenia dla gospodarki Tajwanu wykonali również Hwang i Gum (1991). Jak dowiadujemy się z artykułu Kraft i Kraft (1978), pierwsze badania, które dotyczyły współzależności między wzrostem gospodarczym a popytem na energię, koncentrowały się głównie na gospodarce amerykańskiej, autorzy wykorzystali dane dotyczące gospodarki amerykańskiej za okres 1947–1974. Autorzy stwierdzili, że istnieje związek

między nimi. Wskazali, że wzrost dochodu narodowego spowodował wzrost zużycia energii.

Studium Polski podejmujące temat wpływu wielkości zużycia energii na PKB znajdziemy w publikacjach autorów Gurgul i Lach (2011a) oraz Gurgul i Lach (2012), których celem była analiza związku przyczynowo-skutkowego pomiędzy całkowitym zużyciem energii w polskiej gospodarce a wartością PKB z wykorzystaniem testu przyczynowości Grangera oraz technik bootstrap. Wyniki uzyskane przez autorów prowadzą do stwierdzenia, że zużycie energii jest powiązane ze zmianą PKB w Polsce w ostatniej dekadzie. Dodatkowo padło również stwierdzenie, że dla zatrudnienia i PKB istniał dwukierunkowy długookresowy związek przyczynowy Grangera. Istniały również pewne dowody na krótkookresowy wpływ zatrudnienia na PKB. Ponadto autorzy stwierdzają, że zużycie energii było pośrednim czynnikiem przyczynowym dla zatrudnienia, ponieważ bezpośrednio powodowało zmianę wartości PKB.

Tematem popularnym w literaturze międzynarodowej, podobnie jak w przypadku literatury polskiej, jest rola oraz wkład sektorów turystycznego, rolniczego i finansowego w produkt krajowy brutto. W ramach sektora turystycznego znajdują się między innymi artykuły Ali (2018), Cristian (2020), Sofronov (2018) oraz Manzoor i in. (2019) – wszystkie z wymienionych bazują na danych ogólnodostępnych, w zakresie wymienionych artykułów nie były prowadzone szczegółowe obliczenia udziału sektora w PKB, jedynie przytoczono liczby, powołując się na dane źródłowe. Próbę estymacji wielkości udziału w PKB w przypadku sektora rolniczego podjął Anwer i in. (2015), który obliczył wartość udziału sektora rolnego w PKB gospodarki Pakistanu, w latach 1975–2012. Podobnie jak autorzy Razzaq i in. (2013), natomiast Anthony (2010) przedstawił analizę wkładu rolnictwa w PKB Nigerii. Sektor finansowy i jego udział w PKB analizuje natomiast Pradhan i in. (2013), w artykule zawarto badanie empiryczne związku między rozwojem sektora finansowego, a wzrostem gospodarczym w sześciu krajach Azji Południowej: Bangladeszu, Indiach, Pakistanie, Sri Lance, Nepalu i Butanie w latach 1972–1994. W zbliżonej tematyce utrzymują się pozycje Rathinam i Raja (2010) oraz Singh i in. (2023) ukazujące przykład Indii. Natomiast artykuły Jalil i Ma (2008) oraz Jali i in. (2010) to studium przypadku Pakistanu i Chin. Publikacje autorstwa Lavine (1997) oraz Lavine (1999) wskazują szereg przykładów literaturowych do stworzenia ram analitycznych powiązania finansów ze wzrostem gospodarczym, a następnie oceniają ilościowe znaczenie systemu finansowego dla wzrostu gospodarczego, podobnie jak obliczenia, które wykonali Christopoulos i Tsionas (2004). Sektor finansowy poruszają również opracowania Berthelemy i Varoudakis (1996), Beck i in. (2000), Xu (2000) oraz Greenwood i Smith (1997).

W trakcie analizy literatury zwrócono również uwagę na publikację Aroca (2014), której głównym celem było zmierzenie wpływu sektora wydobywczego, przy uwzględnieniu wydobycia miedzi, na region Chile II i ocena warunków wpływających na wielkość tego oddziaływania. Korzystając z macierzy *input-output* dla regionu, którą autor zbudował samodzielnie, obliczony został wpływ górnictwa miedzi na produkcję, dochód oraz zatrudnienie w regionie.

## 2.2. Identyfikacja kluczowych sektorów gospodarki przy zastosowaniu metody przepływów międzygałęziowych

Drugim z analizowanych obszarów jest identyfikacja kluczowych sektorów gospodarki przy zastosowaniu metody przepływów międzygałęziowych.

W analizie literatury przedmiotu istnieje szereg analiz z zakresu identyfikacji sektorów kluczowych gospodarki przy wykorzystaniu metody *input-output*. Identyfikacja kluczowych sektorów jest postrzegana jako zabieg przydatny w planowaniu gospodarczym, zwłaszcza w krajach rozwijających się (Lenzen, 2003). Istniejące badania skupiają się na identyfikowaniu istotnych sektorów, a podstawy do ich opisanie zostały wyznaczone przez wcześniejsze prace Rasmussen (1956), Hirschmann (1958) oraz Chenery i Watanabe (1958). Tematykę podejścia do analiz sektorów kluczowych poruszają w swojej publikacji Gurgul i Lach (2018b). W artykule Xesús Pereira i in. (2021) autorzy proponują metodę alternatywną do metody Leontiefa stosowaną do wskazywania kluczowych sektorów, autor posługuje się tabelami przepływów międzygałęziowych z 2010 roku dla Polski i Hiszpanii (Pereira-López i in., 2022).

Przykładem literatury anglojęzycznej z tej tematyki jest artykuł Alcántara i Padilla (2003), w którym to z perspektywy *input-output* analizowano kluczowe sektory mające wpływ na wielkość końcowego zużycia energii. Autorzy, bazując na metodyce, założeniach i równaniach metody przepływów międzygałęziowych opracowali metodykę opartą o wpływ elastyczności popytu na wielkość zużycia energii końcowej. Proponowana w publikacji Alcántara i Padilla (2003) metoda jest rozszerzeniem do tej opracowanej przez Alcántara i Roca (1995). Alcántara i Padilla (2003) wykorzystują tabelę *input-output* z 1995 roku przygotowaną dla Hiszpanii przez Eurostat. Autorzy proponują metodę szacowania zapotrzebowania na energię i wielkość emisji dwutlenku węgla. Jak podają, w przeciwieństwie do wcześniej przeprowadzanych analiz, nie dzielą zapotrzebowania na energię pod względem zużycia końcowego, ale pod względem zapotrzebowania na energię pierwotną i nie traktują sektora energetycznego jako sektora gospodarczego. Zaproponowana metoda polega na znalezieniu wektora, który dla dowolnej jednostki ilościowej energii (takiej jak energia elektryczna, produkty ropopochodne, gaz – wyrażone np. W kWh) pokazuje zapotrzebowanie na różne źródła energii pierwotnej. W artykule zastosowano tę metodę do analizy przypadku Hiszpanii w okresie od 1980 do 1990 roku. Autorzy wskazują, że sektory kluczowe w przypadku Hiszpanii to transport, przemysł chemiczny i budownictwo (Alcántara i Padilla, 2003).

Rolę transportu, w tym kolejowego, drogowego, wodnego i lotniczego, w gospodarce Korei metodą analizy *input-output* przybliżyli autorzy Lee i Yoo (2016). Przemysł transportowy odegrał ważną rolę w rozwoju gospodarczym Korei: jak podają, autorzy transport stanowił około 3,0% PKB Korei. W artykule podjęto próbę analizy ekonomicznej wkładu wykorzystania czterech rodzajów transportu przy zastosowaniu analizy przepływów międzygałęziowych. Autorzy obliczają różne efekty ekonomiczne każdego rodzaju transportu w okresie 2000–2010. Efekty te obejmują efekty indukowania produkcji, efekty niedoboru podaży, efekty cenowe, efekty powiązań

wstecznych i efekty powiązań następczych. Autorzy stwierdzają, że transport drogowy ma największy wpływ na gospodarkę pod względem produkcji, cen i powiązań, natomiast najmniejszy wpływ ma transport kolejowy. Aby poradzić sobie z bezpośrednim i pośrednim wpływem ograniczeń podaży opracowano model *input-output* oparty na podaży. Bazujący na pracy Davis i Salkin (1984) rolę sektora rolniczego i rybołówstwa metodą przepływów międzygałęziowych wskazali Lee i Yoo (2014), autorzy uwzględnili zarówno stronę podażową, jak i popytową, jednak wpływu na gospodarkę autorzy nie analizują za pomocą wskaźnika PKB oraz nie wskazują możliwości substytucji surowców. Należy również zaznaczyć, że w przytaczanych pracach autorzy posługują się modelami o zasięgu regionalnym.

Związek pomiędzy wykorzystaniem usług transportowych, a usługami komunikacji na poziomie narodowym opisuje Plaut (1997). Autor zwraca uwagę na to, że większość usług transportowych i komunikacyjnych jest wykorzystywana przez przemysł, a nie przez gospodarstwa domowe. W artykule przedstawiono wyniki badań nad związkami między wykorzystaniem usług transportowych i komunikacyjnych przez przemysł w krajach wspólnoty europejskiej. Autor wykorzystał tablice przepływów międzygałęziowych dla członków wspólnoty Europejskiej z 1980 roku, aby na ich podstawie zbadać korelacje transportu i komunikacji w poszczególnych sektorach gospodarek krajów wspólnoty Europejskiej. Związek między usługami transportowymi i komunikacyjnymi został zmierzony poprzez oszacowanie korelacji między intensywnością wykorzystania tych dwóch usług w różnych sektorach przemysłu w gospodarkach krajów wspólnoty europejskiej i całej wspólnoty. Jako najbardziej odpowiednią miarę wybrano współczynniki korelacji Spearmana (współczynnik korelacji rang Spearmana jest jedną z nieparametrycznych miar monotonicznej zależności statystyczne między zmiennymi losowymi). Współczynnik ten jest wykorzystywany do opisu siły korelacji dwóch cech, wtedy gdy są one mierzalne, badana zbiorowość jest nieliczna oraz mają charakter jakościowy i istnieje możliwość ich uporządkowania. Miarę tę stosuje się również do badania zależności między cechami ilościowymi w przypadku niewielkiej liczby obserwacji (Encyklopedia zarządzania, 2023b).

Przemysł morski ma znaczący wkład w koreańską gospodarkę narodową, co zostało podkreślone w kilku badaniach, między innymi Kwak i inni (2005) oraz Choi i inni (2008). Wykorzystali oni model *input-output* do zbadania roli przemysłu morskiego w koreańskiej gospodarce narodowej. Autorzy stosowali analizę przepływów międzygałęziowych do zbadania roli branży, przy czym Kwak i inni skupili się na latach 1975–1998, a Choi na latach 1995–2003. Kwak i inni (2005) analizują sektor morski, skupiając się na powiązaniach w przepływach międzysektorowych w kolejnych latach. Autorzy posiłkują się danymi z tablic przepływów międzygałęziowych dla gospodarki Korei przygotowanych przez Bank Korei. Kwak i inni (2005) tworzą ranking 32 sektorów w gospodarce Korei w sześciu tablicach przepływów międzygałęziowych porównując wartość przepływów międzygałęziowych rok do roku, wyciągając wnioski, jak w tym rankingu wypada przemysł morski. Metoda użyta

w artykule jednak różni się od metody podjętej w ramach niniejszej rozprawy, ponieważ przyjmuje się w niej, że strona podażowa zmienia się ze względu na redukcję i zamykanie konkretnych obiektów górniczych (kopalń węgla kamiennego). We wskazanym artykule, autorzy nie biorą pod uwagę substytucji produktów podczas zamknięcia jednego sektora gospodarczego, co w przypadku niniejszej rozprawy doktorskiej jest uwzględniane. Ponadto autor nie podejmuje tematyki wpływu na PKB zmian przeprowadzanych w ramach jednego z sektorów. W rozprawie doktorskiej analizowane są skutki wprowadzone w konkretnym roku, nie są natomiast analizowane szeregi czasowe zmian.

Metodę *input-output* wykorzystano w analizie przemysłu wydobywczego w artykule San Cristóbal i Biezma (2006). Autorzy wyliczają współczynniki powiązań w przód i w tył dla Austrii, Belgii, Danii, Finlandii, Niemiec, Włoch, Holandii, Hiszpanii, Szwecji i Wielkiej Brytanii. W artykule wykazano, że trzy podsektory można uznać za kluczowe, to jest: wydobywanie węgla kamiennego i brunatnego oraz wydobywanie torfu w Niemczech; wydobywanie rud metali w Szwecji; górnictwo i kopalnictwo w Austrii, Danii i Hiszpanii. Jak wnioskują autorzy sektory te są bardziej stymulowane przez ogólny wzrost przemysłu niż inne sektory i mają większy wpływ na gospodarkę krajową pod względem wydatków inwestycyjnych niż inne sektory. Wartości powiązań w przód i w tył wskazują, że branża górnictwa i wydobywania wykazywałaby większą stymulację ze strony wzrostu produkcji gospodarki regionalnej niż inne sektory. Jednakże wzrost produkcji w sektorze przemysłu górniczego i wydobywczego nie stymulowałby tej gospodarki regionalnej bardziej niż wzrost w innych sektorach. Pomimo że analiza dotyczyła Unii Europejskiej to autor nie brał pod uwagę studium przypadku Polski (pomimo faktu, że Polska jest największym producentem węgla kamiennego i drugim co do wielkości producentem węgla brunatnego w Unii Europejskiej (Brauers i Oei, 2020)).

Autorzy Ivanova i Rolfe (2011) oraz Lei i inni (2013) stwierdzili, że wydobywanie węgla może mieć znaczący wpływ na PKB, przy czym w pierwszej publikacji zwrócono uwagę na potencjał wpływu gospodarczego na poziomie lokalnym, a druga podkreśliła rolę przemysłu w zwiększaniu inwestycji w środki trwałe i PKB w Chinach. Stilwell i inni (2000) ostrzegali jednak, że wpływ górnictwa na gospodarkę RPA może nie być tak znaczący, jak wcześniej sądzono. Al-mulali i Che Sab (2018) badali związek między zużyciem węgla, emisjami CO<sub>2</sub> i wzrostem PKB.

Stilwell i inni (2000) wykorzystują tablice *input-output* przygotowane przez Urząd Statystyczny Republiki Południowej Afryki do analizy wpływu wydobywania złota, platynowców, tytanu, chromu, manganu, wanadu, cyrkonu, fosforanów, antymonu, węgla oraz niklu na gospodarkę, zmiany PKB Republiki Południowej Afryki (RPA) w latach 1971–1993. Autorzy łączą wszystkie tablice w jedną pokazując wielkość przepływów jakie generują w przepływach pośrednich i popycie końcowym. Na podstawie przeprowadzonych badań pojawia się konkluzja, że produkcja górnicza i zatrudnienie nie zmieniły się znacząco na przestrzeni lat. Pokazując wartości zależności jednego sektora gospodarki od innego, wskazując wartość współczynników

technicznych dla macierzy Leontiefa pokazuje, że było niewiele powiązań między branżą górnictwem, a pozostałymi sektorami gospodarki w przypadku RPA. Wyniki analizy sugerują, że działalność górnictwa w analizowanym kraju zwiększy swoje dochody i wielkość zatrudnienia w branżach górniczych tylko wtedy, gdy wzrośnie eksport surowców lub jeśli zostaną ustanowione dokumenty polityki państwowej, między innymi ustawy i rozporządzenia nakazujące zwiększenie współpracy międzysektorowej pomiędzy sektorem górnictwem, a pozostałymi sektorami w ramach gospodarki kraju.

Istnieją również przykłady w literaturze polskojęzycznej zastosowania przepływów międzygałęziowych do identyfikacji kluczowych sektorów gospodarki polskiej. W publikacji Olczyk (2011) autorka przeprowadziła rozpoznanie wykorzystując tablice *input-output*, publikowane przez Główny Urząd Statystyczny w Polsce za lata 1995, 2000 i 2004. Olczyk przytoczyła dwie różne metody, które posłużyły jej do identyfikacji sektorów kluczowych. Autorka wykorzystowała podejście Rasmussena (Rasmussen, 1956), które umożliwiło wskazanie technicznych powiązań między sektorami. Sektory produkcji i dystrybucji elektryczności, gazu i wody, sektor transportowy i sektor chemiczno-farmaceutyczny zostały wytypowane jako czołowe w rankingu. Drugą z użytych metod była metoda ważona Rasmussena, uwzględniająca rolę sektorów w tworzeniu wartości dodanej i ich udział w popycie finalnym, przy jej wykorzystaniu jako dominujące w rankingu sektorów kluczowych gospodarki określone zostały sektory usługowe (budownictwo, handel). Autorka zastrzega, iż wyniki te należy traktować jako wstępne, wskazując jednocześnie, że dla zweryfikowania postawionych w pracy też powinno się zastosować inne techniki identyfikacji sektorów kluczowych metodą *input-output*. Wskazując między innymi metodę ekstrakcji (podejście Dietzenbacher van der Lindena – proponowana metoda ekstrakcji, w której zamiast wyodrębniać jeden sektor z modelu sektorowego, rozważane są skutki hipotetycznego wyodrębnienia regionu z modelu obejmującego wiele regionów (Dietzenbacher i in., 1993)).

Analizę sektorów kluczowych gospodarki polskiej na podstawie tablic przepływów międzygałęziowych przygotowanych przez GUS w latach 1990–2000 przeprowadzali w swoich pracach Gurgul i Majdosz (2005). Badania te posłużyły stwierdzeniu, że struktura polskiej gospodarki nadal pozostaje charakterystyczna dla gospodarki centralnie planowanej, a nie gospodarki rynkowej. Zmodyfikowane podejście do analizy kluczowych sektorów, które rozszerza stosowalność tradycyjnej metodologii *input-output* na przypadek badania grup krajów bazując na Światowej bazie danych przepływów międzygałęziowych (*World Input-Output Database*) obejmując okres 1995–2011 proponują również Gurgul i Lach (2015).

### **2.3. Udział górnictwa węgla kamiennego oraz przemysłu wydobywczego w PKB**

Trzecim analizowanym nurtem jest udział górnictwa węgla kamiennego oraz przemysłu wydobywczego w PKB Polski.

Problematyka udziału górnictwa w PKB kraju była poruszana w przypadku kilku prac wymienionych poniżej. Ponieważ temat górnictwa i wydobywania surowców mineralnych jest tematem szerokim literaturze przedmiotu omówiona jest w tym zakresie od ogółu – spojrzenia na cały przemysł wydobywczy do szczegółu – zwrócenie uwagi bezpośrednio na górnictwo węglowe. Temat znaczenia górnictwa w miksie energetycznym Polski poruszany był w artykułach Gawlik i Mokrzycki (2014) oraz Dubiński i Turek (2007). W badaniach dotyczących sektora górniczego analizowano w wielu przykładach literaturowych tematykę wpływu górnictwa węgla kamiennego na środowisko w krajach, studium Polski analizują autorzy Mokrzycki i Uliasz-Bocheńczyk (2009), przypadek górnictwa niemieckiego opisują Fischer i Busch (2002), Stany Zjednoczone – Bell i York (2012), kolejnym jest Australia którą analizują Valley i inni (2010). Autorzy Al-mulali i Che Sab (2018) wskazują na długookresowy związek między zużyciem węgla, a wzrostem PKB.

Wpływ wydobycia węgla na rozwój PKB w Polsce jest złożonym zagadnieniem. Kopacz i inni (2017) ocenili zrównoważony rozwój przemysłu wydobywczego węgla kamiennego, odnotowując ograniczoną poprawę w wymiarze ekonomicznym. Jonek-Kowalska (2019) skupiła się na efektywności finansowej i wydajności pracy w polskich kopalniach węgla kamiennego, jednocześnie ukazując metody zarządzania branżą. Badania prezentowane w wyżej wymienionych pozycjach sugerują, że chociaż górnictwo węgla kamiennego ma pewien wpływ na wzrost PKB w Polsce, związek ten nie jest prosty i zależy od różnych czynników.

Natomiast Ranosz (2014) opisał rolę przemysłu wydobywczego, rozumianego jako przemysł produkcji surowców mineralnych, w rozwoju gospodarczym poszczególnych państw. Autor przedstawił procentowy udział w PKB w różnych państwach w 2010 roku. W swoich rozważaniach posługuje się wskaźnikiem *Mining Contribution Index* (MCI), który jest obliczany na podstawie wkładu górnictwa do gospodarki w kraju. Do określenia wkładu przemysłu wydobywczego w gospodarkę przy użyciu niniejszego wskaźnika należy znać wartości takie jak: wielkość produkcji surowców mineralnych dla danego roku, zmianę wielkości produkcji w stosunku do lat ubiegłych, wielkość PKB dla danego kraju. MCI jest przygotowywany w ramach raportu *Role of Mining in National Economies* publikowanego przez *International Council on Mining and Metals*. Według raportu z 2020 roku, Polska zajęła trzydzieste drugie miejsce na liście stu osiemdziesięciu trzech krajów pod względem wartości MCI (*International Council on Mining and Metals*, 2020). Ranosz (2014) nie określił udziału górnictwa węgla kamiennego w PKB, ale całości przemysłu wydobywczego surowców mineralnych dla różnych krajów.

Kolejnym przykładem jest praca Kot-Niewiadomska (2017), w której autorka w ramach projektu międzynarodowego przeanalizowała gospodarki państw uczestniczących w projekcie międzynarodowym pod względem zasobów surowcowych. W wymienionych krajach wielkość udziału górnictwa w PKB kraju jest znacząca i wynosi odpowiednio: dla Australii – 9% (Francis, 2015), RPA – 8% (Statistics South Africa, 2023), Kanady – 7% (Ipsium i Sit, 2016). Podano również wartości dla USA,



gdzie udział jest niski na poziomie 1,4% (Elton, 2021) oraz Japonii mieszczący się w przedziale 0,1–0,2% (Elton, 2021). Należy zaznaczyć, że podobnie jak w powyższych publikacjach, również w tym przypadku pod uwagę wzięty był udział górnictwa obejmujący wszystkie rodzaje surowców mineralnych.

Biorąc pod uwagę wyłącznie górnictwo węglowe, w pozycjach literatury krajowej znajdziemy opracowania Lis i Kotelska (2022a, 2022b), gdzie autorki podają, że wydobycie węgla wyniosło 61,86 mln ton w 2019 roku w Polsce, aby w 2020 roku zmniejszyć się do około 54,4 mln ton (spadek o 11,7%). Udział górnictwa węglowego w PKB według autorek wynosi około 1%.

W swoich publikacjach Franik (2014, 2016) wskazał na istotność miary wielkości gospodarki jaką jest PKB oraz wskazał udział kapitału trwałego przemysłu i górnictwa oraz górnictwa węglowego w kapitale trwałym całej gospodarki krajowej w latach 1995–2012. Jako górnictwo węglowe autor określał górnictwo węgla kamiennego i brunatnego. Obserwując efekty gospodarcze w analizowanym okresie, mierzone wielkością wytworzonego PKB, wskazał, że udział przemysłu w Polsce obniżył się z poziomu 25,06% w 1995 roku do 21,82% w 2012 roku. Natomiast udział krajowego górnictwa spadł w tym okresie z poziomu 3,27% do 2,20%. Autor bazuje na danych statystyki krajowej podawanej w *Rocznikach statystycznych Polski*. Tym samym na podstawie wtórnych danych autor określa udział górnictwa nie tylko węgla kamiennego energetycznego, ale łącznie górnictwa węgla kamiennego i brunatnego.

Głównym celem opracowania Gurgul i Lach (2011b) była analiza związków przyczynowo–skutkowych pomiędzy kwartalnym zużyciem węgla (zarówno węgla kamiennego i węgla brunatnego) w polskiej gospodarce a PKB. Autorzy podejmują temat zatrudnienia w celu zbadania dynamicznych zależności między PKB, zużyciem węgla (kamiennego, brunatnego i ogółem), a zatrudnieniem w Polsce zastosowano kilka narzędzi ekonometrycznych. W pracy posłużono się: liniowym testem przyczynowości Grangera, procedurą Toda–Yamamoto, algorytmem bootstrap Andrews'a i Buchinsky'ego oraz nieliniowym test przyczynowości Grangera Diksa i Panczenki. Obliczenia przeprowadzone dla okresu od pierwszego kwartału 2000 roku do czwartego kwartału 2009 roku, potwierdziły neutralność zużycia węgla kamiennego względem wzrostu gospodarczego. z drugiej strony, obliczenia dla par węgiel brunatny–PKB i zużycie węgla ogółem–PKB wykazały nieliniową przyczynowość od zużycia węgla do wzrostu gospodarczego. Jak podają autorzy, jest to dowód na to, że węgiel brunatny odgrywa ważną rolę we wzroście gospodarczym polskiej gospodarki.

W artykule Aryee (2001) podany jest przykład Ghany, gdzie autor górnictwo definiuje jako działalność związaną z wydobywaniem wszelkich substancji w postaci stałej lub ciekłej występujących naturalnie w ziemi lub na ziemi, na dnie morskim lub pod dnem morskim, powstałych w wyniku procesu geologicznego lub podlegających temu procesowi, w tym minerałów budowlanych i przemysłowych, ale nie obejmuje ropy naftowej ani wody. Kraj ten jest największym w Afryce producentem złota, posiada bogate zasoby diamentów boksytu i ropy (DHiWM, 2020). Publikacja zawiera wyniki badania rzeczywiście działających firm wydobywczych w celu określenia, jak znaczący

był ich wkład i w jakich obszarach wnieśli ten wkład oraz przegląd porównawczy względnego wkładu górnictwa w niektóre krajowe wskaźniki ekonomiczne. Jak podają autorzy sektor wydobywczy generuje około 5,7% PKB Ghany. Analizy w niniejszej publikacji bazują na wielkości opłat uiszczanych przez spółki górnicze w ramach podatków i danin do budżetu Państwa.

W artykule Jahanmiri i inni (2021) przyjęto heurystyczne podejście do przewidywania wkładu sektora wydobywczego we wzrost wskaźnika PKB. W tym celu zebrano informacje z bazy danych osiemdziesięciu siedmiu krajów, które prowadzą działalność wydobywczą i zbadano wpływ trzech parametrów, a mianowicie wartości dodanej PKB, wartości produkcji przemysłowej na mieszkańca i wartości dodanej na mieszkańca przy użyciu sztucznej inteligencji. Do oszacowania udziału górnictwa węglowego w PKB zastosowano wybrane techniki stosowania sztucznej inteligencji. Stosowano zatem odmienną propozycję do tej, która będzie użyta w niniejszej pracy. Autor bazując na danych OECD wskazał, że wkład sektora wydobywczego w Polsce w PKB w 2017 roku wynosił 0,7%.

Autorzy Olalekan i inni (2016) analizują gospodarkę Nigerii. Jak podają udział górnictwa w PKB w Nigerii wynosi 0,15%. W okresie kolonialnym węgiel i cyna zajmowały wysoką pozycję jako źródła dochodu Nigerii w wymianie zagranicznej, a po uzyskaniu przez ten kraj niepodległości w 1960 roku inne surowce mineralne, takie jak wapień, złoto, marmur, glina, były wydobywane w mniejszym stopniu, głównie na potrzeby lokalnej konsumpcji (Chukwuma i in., 2018). Kraj ten to istotny przypadek z naszej perspektywy, ponieważ Polska rozważyła możliwość importu węgla z Nigerii. Autorzy wyżej wymienionej publikacji przygotowali model korekcji błędów i opierając się na założeniach, że: ropa naftowa i gaz ziemny, surowce mineralne stałe, produkcja i rolnictwo determinują rozwój gospodarczy w Nigerii, właściwa eksploatacja i wykorzystanie determinują wyniki wydobywania i produkcji we wszystkich sektorach. Autorzy podali równanie, które pokazuje funkcjonalny związek między dochodem na mieszkańca, wartością ropy naftowej i gazu, wartością surowców mineralnych stałych, wartością produkcji i wartością rolnictwa. Na podstawie analizy trendów wyżej wymienionych zmiennych określona została wartość wpływu na PKB na mieszkańca.

Przemysł górniczy, w rozumieniu górnictwa surowców mineralnych w Tanzanii i jego wpływ na krajowy PKB opisuje Muganyizi (2014). Tanzania jest bogata w zasoby mineralne o wysokim potencjale gospodarczym. Surowce mineralne produkowane w kraju obejmują złoto, diament, węgiel, miedź, srebro, tanzanit i inne odmiany kamieni szlachetnych. Udział sektora wydobywczego w PKB stale wzrastał z 1,4 w 1998 roku do 3% w 2008 roku, ale spadł do 2,5 i 2,4% odpowiednio w latach 2009 i 2010. Sektor wydobywczy odnotował dwucyfrowe wzrosty (przez większość okresu), ale i znaczny spadek w latach 2008–2010. Pod względem operacyjnym sektor złota nadal osiągał lepsze wyniki, chociaż dochody uzyskane przez rząd były poniżej oczekiwań, szczególnie biorąc pod uwagę znaczny wzrost produkcji złota.

Jak podają Hartlieb i inni (2016), Turcja ma silnie zdywersyfikowany przemysł wydobywczy, ale stanowi on jedynie 1,5% produktu krajowego brutto. W 2013 roku

Turecja wyprodukowała co najmniej pięćdziesiąt trzy różne surowce (w tym węgiel, rudy i surowce przemysłowe) z 4500 złóż.

#### **2.4. Analiza zmian w strukturze gospodarki Polski za pomocą przepływów międzygałęziowych**

Czwarty obszar to analiza zmian w strukturze gospodarki Polski za pomocą przepływów międzygałęziowych.

Obecnie bazą polskiego rynku surowcowego jest węgiel kamienny zarówno energetyczny, jak i koksowy. Analiza zmian w strukturze gospodarki Polski, dotycząca w szczególności górnictwa węgla kamiennego i brunatnego w aspekcie wykorzystania i ważności surowca w polskiej gospodarce jest tematem często podejmowanym w publikacjach krajowych (Snopkowski, 2000; Karbownik i Turek, 2011; Snopkowski i Napieraj, 2011; Grudziński i Stala-Szlugaj, 2014; Magda i Woźny, 2014; Turek i Jonek-Kowalska, 2014; Pepłowska, 2021; Olkuski i in., 2021; Grudziński, 2023; Stala-Szlugaj, 2023). Jednakże autorzy, żadnej z wyżej wymienionych publikacji nie posługiwali się metodą przepływów międzygałęziowych.

W swoim artykule Czyżewski i Grzelak (2014) przedstawiają idee modelu przepływów międzygałęziowych w zakresie ocen makroekonomicznych gospodarki uwzględniając dotychczasowe doświadczenia oraz formułując konkluzje odnośnie do możliwych zastosowań w przyszłości. Podobnie jest w przypadku publikacji Kujaczyński (2009), autor prezentuje możliwości wykorzystania bilansu przepływów międzygałęziowych do oceny zmian zachodzących w strukturach gospodarczych w długich okresach.

Przepływy międzygałęziowe do analizy zmian w strukturze gospodarki Polski wykorzystały Kudrycka i Górka (1983). Opracowanie przedstawia metodę i wyniki badań nad wpływem zmian w strukturze gospodarki Polski na jej rozwój w latach 1975–1980. Autorki porównują w niej macierze współczynników nakładów bezpośrednich. Zwracają także uwagę na problematykę wykonywania analiz dynamicznych i wynikających z nich konieczności przeliczeń tablicy przepływów międzygałęziowych na ceny stałe.

Jednym z sektorów gospodarki Polski analizowanych metodą *input-output* w pracach Czyżewski i Mrówczyńska-Kamińska (2011) oraz Mrówczyńska-Kamińska (2014, 2015) jest rolnictwo. Autorzy posługiwali się tablicą przepływów międzygałęziowych, jednakże nie obliczali wpływu zmian sektorowych w sektorze rolnictwa na PKB kraju na jej podstawie.

#### **2.5. Wykorzystanie przepływów międzygałęziowych w kontekście zmiany/redukcji podaży sektorów gospodarki**

Ostatnim z analizowanych obszarów jest wykorzystanie przepływów międzygałęziowych w kontekście zmiany/redukcji podaży sektorów gospodarki.

Model przepływów międzygałęziowych został użyty do analizy sytuacji, w których potrzebne było określenie ilości produkcji w poszczególnych sektorach (podaży) bez uwzględnienia popytu. Kwestia ograniczeń po stronie podaży spowodowanych uszkodzeniami zakładów produkcyjnych została za pomocą modelu przepływów międzygałęziowych poruszona w pracy Davis i Salkin (1984). Jednakże z późniejszych publikacji dowiadujemy się, że model tych autorów został później zmodyfikowany przez Steinback (2004). Redukcja podaży sektorów gospodarki jest również analizowana w kontekście jej zmniejszenia, powodowanego zmianami w polityce, analizę taką znajdziemy w pracach Roberts (1994), Waters i inni (1997) oraz Leung i Pooley (2001). Publikacja Petkovich i Chauncey (1978) analizuje tematykę wyczerpania surowców. Praca Marcouiller i inni (1996) analizuje sytuację, w których produkcja wzrasta z powodu regionalnych zmian w produkcji sektorowej. Podobnie jak w publikacji Eiser i Roberts (2002), gdzie analizowana jest realokacja ilości zasobów pomiędzy sektorami gospodarki.

Podejście od strony podażowej, w przypadku wystąpienia szybkich niespodziewanych zmian tak zwanego szoku, w modelu przepływów międzygałęziowych wykorzystali w swoich pracach również Ham i inni (2005). Model międzyregionalnych przepływów towarowych, obejmujący regionalne relacje nakładów i wyników oraz odpowiadające im przepływy sieci transportowej, został zastosowany do oceny skutków ekonomicznych takiego nieoczekiwanego zdarzenia, jakim jest trzęsienie Ziemi.

Należy natomiast zauważyć, że metoda zaproponowana w niniejszej rozprawie ma w zamyśle zwrócić uwagę zarówno na zmianę produkcji, jak i popytu.

## **2.6. Podsumowanie przeglądu literatury**

W przeglądzie literatury istotnej z zakresu zamierzonych badań uzyskano następujące wnioski.

1. Zarówno w literaturze polskojęzycznej, jak i międzynarodowej – w każdej z dostępnych obecnie prac – nie stosowano obliczeń udziału PKB, w których brane pod uwagę byłyby wszystkie składowe niezbędne do obliczeń wartości PKB. Wszystkie z wymienionych prac stosują zaczerpnięte dane statystyczne wtórne, z publikowanych ogólnodostępnych raportów dla porównania wielkości PKB, obliczenie udziału w PKB i znaczenia w PKB poszczególnych sektorów. Brak jest natomiast szczegółowych, samodzielnych, obliczeń każdej ze składowych PKB oraz brak jest obliczeń udziału w PKB dla wydzielonej gałęzi gospodarki jaką jest górnictwo węgla kamiennego energetycznego.
2. Autorzy w literaturze przedmiotu w różnoraki sposób interpretują pojęcia takie jak: „sektor górnictwa”, „górnictwo”, „górnictwo i wydobywanie” – rozpatruje się je na różnych poziomach szczegółowości – jako górnictwo surowców mineralnych, czy też jako górnictwo zarówno węgla kamiennego jak i brunatnego łącznie, w żadnym wypadku nie wydzielano górnictwa węgla kamiennego energetycznego. Zdecydowanie brak jest publikacji, zarówno

w bazach krajowych jak i światowych, prezentujących obliczenia i wyniki dotyczące udziału górnictwa węgla kamiennego energetycznego w PKB Polski.

3. Metoda *input-output* w zdecydowanej większości przypadków użyta była do identyfikacji sektorów kluczowych w gospodarkach, stosując powiązania w przód i w tył w szeregach czasowych.
4. Analizując różne z sektorów gospodarki w ramach wcześniejszych prac, metodyka w powyższych zaproponowana, różni się od tej podjętej w ramach niniejszej rozprawy, ponieważ w ramach rozprawy doktorskiej strona podaźowa zmienia się ze względu na zamykanie konkretnych obiektów górniczych (kopalń węgla kamiennego).
5. Metoda analizy przepływów międzygałęziowych *input-output* daje możliwość wyznaczania sektorów kluczowych dla gospodarki i jest ona szeroko w tym zakresie wykorzystywana. Literatura przedmiotu stosuje różne podejścia i rozszerzenia metody Leontiefa. Stosowane są zarówno podejście od strony popytowej (najbardziej popularne) jak i modele stosujące podejście od strony podaźowej, jednakże w żadnej dotychczasowej pracy nie badano jednoczesnej zmiany dla podaży i popytu.
6. Nie ma obecnie opracowań, które zajmują się zarówno zmianą strony popytowej i podaźowej przy zastosowaniu substytucji w sektorze gospodarki w którym chcemy zmniejszyć podaź, z wykorzystaniem metody przepływów międzygałęziowych. Prace z zakresu analiz przepływów międzygałęziowych dotyczące zmian po stronie podaźowej skupiają się na zamknięciu jednego ze źródeł surowcowych, bądź likwidacji całej gałęzi, żadna z nich nie wprowadza możliwości substytucji podaży oraz nie proponuje metodyki substytucji oraz migracji pracowników, którzy w wyniku tych działań mogą stracić pracę.
7. Ponadto nie ma takich analiz w literaturze polsko i obcojęzycznej, które dałyby pełny obraz zakończenia eksploatacji górnictwa węgla kamiennego w Polsce i jego wpływu na krajowe PKB z zastosowaniem metody przepływów międzygałęziowych. W trakcie analizy literatury zauważono także istotną lukę w obszarze badań, identyfikowaną jako analiza zmian w strukturze gospodarki Polski przy użyciu przepływów międzygałęziowych. To potwierdza brak prac w tym obszarze dotyczących studium przypadku na poziomie krajowym.
8. Pomimo zidentyfikowania artykułów, które analizują wpływ sektora wydobywczego na gospodarkę narodową (na zmiany PKB) metodą *input-output*, to są to publikacje dotyczące połączeń w przód–tył, a nie analiza zmian w konkretnej gałęzi przygotowana dla roku bieżącego. Należy zwrócić uwagę, że w wyżej przytaczanych pracach, często wykorzystywane były przez wskazanych autorów, regionalne tablice przepływów międzygałęziowych, a nie jak w przypadku niniejszej rozprawy, tablice krajowe obejmujące całość gospodarki

Polski. Natomiast sektor wydobywczy w wielu wskazanych w niniejszym rozdziale publikacjach jest rozumiany jako sektor wydobycia różnego rodzaju surowców. Ponadto analizą *input-output* często objętych jest kilka do kilkunastu gałęzi produkcyjnych, a nie jak w niniejszej rozprawie, gdzie rozpatrywanych jest 79 gałęzi.

W świetle przedstawionych rozważań, temat, który został podjęty w ramach niniejszej rozprawy doktorskiej, dotychczas nie został należycie zgłębiony ani zbadany. Wciąż istnieje potrzeba pogłębienia analizy w tych obszarach, aby pełniej zrozumieć wpływ potencjalnych zmian na strukturę gospodarki Polski.

### 3. Górnictwo węglowe i jego znaczenie w gospodarce

Według danych Międzynarodowej Agencji Energii (IEA) światowe rezerwy węgla ogółem wynosiły około 880 miliardów Mg w 2020 roku. Wśród krajów posiadających największe rezerwy węgla na świecie wymienia się: Chiny, Rosję, USA, Indie i Australię. Rezerwy węgla to zasoby węgla, które są znane i mogą być wydobywane zgodnie z obecnymi technologiami i cenami rynkowymi. Węgiel jest jednym z najważniejszych źródeł energii na świecie i jest wykorzystywany głównie do produkcji energii elektrycznej. Jednak jego spalanie powoduje emisję dużych ilości dwutlenku węgla, co przyczynia się do zmian klimatu i globalnego ocieplenia (Froggatt i in., 2013). W wielu krajach na świecie coraz większy nacisk kładzie się na rozwój odnawialnych źródeł energii i ograniczenie wykorzystania węgla (Williams i Ottinger, 2002; Xia i Xia, 2010).

Górnictwo to gałąź przemysłu wydobywczego, która dostarcza surowce potrzebne do produkcji wielu dóbr. Ten sektor może służyć jako podstawa dla innych przemysłów, zwłaszcza tych związanych z produkcją ciężkich maszyn i materiałów. Dodatkowo, górnictwo często pełni rolę kluczowego eksportera, co można zobaczyć na przykładzie Australii (WEI, 2014). Kolejnym kierunkiem może być również zasilanie innych sektorów gospodarki. Specyfika przedsiębiorstw górniczych prowadzących podziemną eksploatację złóż wynika przede wszystkim z faktu, że w przedsiębiorstwie górniczym produktem wprowadzanym na rynek bezpośrednio lub w formie przetworzonej jest kopalina użyteczna pozyskiwana ze złoża i doprowadzana do postaci użytkowej (Lisowski, 2001). Złóża kopaliny użytecznych są własnością państwa, porządek prawny obowiązujący w eksploatacji złóż określa Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (PIGG, 2011). Przedsiębiorstwa i zakłady górnicze podlegają przepisom tego prawa oraz wielu pochodnym do niego aktom normatywnym.

Sektor górnictwa węglowego w Polsce od wielu lat stanowi fundament gospodarki surowcowej kraju. Obecnie jest on wciąż jednym z ważniejszych sektorów przemysłowych. Polska od kilkunastu lat należy do czołówki krajów Unii Europejskiej pod względem wielkości produkcji węgla (Olkuski, 2013; Suwała, Wyrwa i in., 2017).

W kontekście niniejszej rozprawy istotna jest również analiza roli węgla w rewolucji przemysłowej, w tym zakresie jego znaczenie argumentowano w pracach (Deane, 1965; Kander i in., 2017; Fernihough i O'Rourke, 2021).

Znaczenie oraz udział górnictwa węglowego w kształtowaniu sytuacji ekonomicznej kraju w dużej mierze zależy od poszczególnych agregatów makroekonomicznych, do których jest bezpośrednio odnoszony. Zaliczamy tu przede wszystkim inwestycje krajowe, inwestycje zagraniczne, eksport, handel zagraniczny netto, dochody rządowe, PKB, poziom zatrudnienia i wynagrodzeń (Ranosz, 2014). Zatem wielkość wartości wkładu ekonomicznego górnictwa zależy od takich czynników jak: wielkość wartości produkcji oraz wielkość płatności na rzecz czynników produkcyjnych (podmiotów

zależnych uczestniczących pośrednio w produkcji). Zwiększające wkład czynniki obejmują: opłaty za dostarczone towary i usługi do sektora górnictwa, wynagrodzenia pracowników i spłaty odsetek od pożyczonych kredytów. Również firmy górnicze muszą przekazywać dywidendy (dla akcjonariuszy krajowych lub zagranicznych). Kluczowymi składnikami tworzącymi wartość produkcji i kluczowymi czynnikami określającymi wkład górnictwa w gospodarkę są (ICMM, 2012):

- wydatki operacyjne – na które składają się między innymi materiały eksploatacyjne (paliwo, energia, opony, odczynniki, woda, transport); lekkie prace inżynierskie,
- wydatki inwestycyjne (inwestycje i amortyzacja) – na które składają się między innymi rozwój i budowa zakładów, w tym portów i zakłady przetwórcze; instalacja maszyn i urządzeń,
- wynagrodzenia i płace w firmie – na które składają się między innymi płatności po opodatkowaniu na rzecz dostawców pracy; podatki od wynagrodzeń,
- wydatki firmy na cele społeczne – na które składają się między innymi projekty w zakresie zdrowia, edukacji i generowania dochodu,
- podatki i inne płatności na rzecz administracji publicznej – na które składają się między innymi opłaty licencyjne; podatek dochodowy od osób prawnych; zmienne podatki od zysków,
- koszty finansowania – na które składają się między innymi płatności odsetek od pożyczek krótko- i długoterminowych,
- zysk dla akcjonariuszy – na który składają się między innymi dywidendy dla udziałowców (w tym zarówno inwestorów prywatnych, jak i rządowych).

### **3.1. Polityka surowcowa**

W ciągu ostatnich lat Komisja Europejska wydała szereg ustaw i rozporządzeń klimatycznych, które muszą przełożyć się na cele do zrealizowania przez poszczególnych członków UE. Unia Europejska we wprowadzonych dokumentach ustaliła cele redukcji zanieczyszczeń powietrza, głównie ditlenkiem węgla. Za głównego emitenta tego zanieczyszczenia w przypadku Polski uznaje się górnictwo węglowe. Celem wprowadzonym przez pakiet klimatyczno-energetyczny na 2030 rok będzie ograniczenie o co najmniej 40% emisji gazów cieplarnianych (w stosunku do poziomu z 1990 roku) z planem osiągnięcia celu zmniejszenia emisji o 80–95% do 2050 roku, natomiast przedstawiony komunikat Unii Europejskiej (*Ambitniejszy cel klimatyczny Europy do 2030 r. – Inwestowanie w przyszłość neutralną dla klimatu z korzyścią dla obywateli* (Komisja Europejska, 2020)) zakłada znaczący wzrost tych obostrzeń. Przedstawione wartości redukcji emisji gazów cieplarnianych w całej gospodarce UE do 2030 r. W porównaniu z 1990 roku o co najmniej 55%.

W związku z tym można stwierdzić, że przyszłość górnictwa węglowego jest ściśle uzależniona od przyjmowanych na szczeblu międzynarodowym rozwiązań w zakresie



regulacji środowiskowych, wpływających bezpośrednio i pośrednio na ten sektor. W szczególności dotyczy to polityk zmierzających do dekarbonizacji gospodarki. Największy wpływ na górnictwo węglowe mogą mieć następujące regulacje dotyczące również największego odbiorcy węgla, jakim jest w Polsce sektor energetyki:

- dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2003/87/WE w sprawie ustanowienia systemu handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych – (tzw. dyrektywa ETS) oraz dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/29/WE usprawniająca i rozszerzająca wspólnotowy system handlu emisjami (Dyrektywa ETS, 2003);
- dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/75/UE w sprawie emisji przemysłowych (tzw. dyrektywa IED) (Dyrektywa IED, 2010), która zastąpiła m. in. Dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/1/WE dotyczącą zintegrowanego zapobiegania zanieczyszczeniom i ich kontroli (tzw. dyrektywa IPPC) (Dyrektywa IPPC, 2008) oraz dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2001/80/WE w sprawie ograniczenia emisji niektórych zanieczyszczeń do powietrza z dużych obiektów energetycznego spalania (tzw. dyrektywa LCP) (Dyrektywa LCP, 2001);
- dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2001 z dnia 11 grudnia 2018 r. W sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych (Dyrektywa OZE, 2018) (tzw. dyrektywa OZE), zmieniająca i uchylająca dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych (Dz. U. WE 2009 L. 140/16, 2009);
- dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/27/UE w sprawie efektywności energetycznej (Dyrektywa EE, 2012), uchylająca m.in. dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2006/32/WE w sprawie efektywności końcowego wykorzystania energii i usług energetycznych (Dyrektywa EE, 2006);
- dyrektywa Parlamentu Europejskiej i Rady 2014/94/UE w sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych (Dyrektywa PA, 2014).

Tematykę prawodawstwa unijnego oraz jego wpływu na gospodarkę krajową oraz poszczególne jej sektory znajdziemy w pracach Kaszyński (2016), który przedstawia długoterminowy model wdrażania regulacji środowiskowych w systemie wytwarzania energii elektrycznej oraz Malec i inni (2016), gdzie autorzy dokonują przeglądu zarówno przepisów obowiązujących na poziomie unijnym, jak i regulacji krajowych, które mogą w znaczący sposób wpłynąć na redukcję zapotrzebowania na węgiel kamienny, zwłaszcza w sektorze elektroenergetycznym. Podobnie jak w powyższych artykułach, Wojtkowska-Łodej (2014) omawia regulacje wynikające z prowadzonej przez Unię Europejską polityki energetycznej, ze szczególnym uwzględnieniem polityki klimatycznej oraz zwraca uwagę na zaangażowanie instytucji europejskich na arenie międzynarodowej w podejmowaniu czynności na rzecz przeciwdziałania ociepleniu klimatu. W niniejszym artykule autorka podejmuje również próbę wskazania

uwarunkowań wewnętrznych i zewnętrznych istotnych z punktu widzenia realnej możliwości wprowadzania celów polityki klimatycznej i energetycznej.

Na poziomie unijnym przyjęty został pakiet rozporządzeń, Europejski Zielony Ład, w ramach którego państwa członkowskie UE zobowiązały się osiągnąć neutralność klimatyczną do 2050 roku i wypełnić w ten sposób swoje zobowiązania wynikające z porozumienia paryskiego. Jest to pakiet inicjatyw politycznych, którego celem jest skierowanie UE na drogę transformacji ekologicznej, wynikiem czego będzie finalnie osiągnięcie neutralności klimatycznej do 2050 roku. Europejski Zielony Ład został zainicjowany przez Komisję w grudniu 2019 roku, do szeregu inicjatyw należą między innymi: Pakiet *Gotowi na 55*, Europejskie prawo klimatyczne czy też Strategia UE w zakresie przystosowania się do zmiany klimatu (EZŁ, 2023). Przepisy zawarte w wymienionych powyżej dyrektywach są konsekwentnie transponowane do prawodawstwa krajowego. Państwo ma wpływ na rozwój i kształtowanie się gospodarki narodowej. Jednym ze sposobów jest prowadzenie przez organy władzy – polityki gospodarczej, przemysłowej oraz surowcowej. Istnieje wiele definicji polityki gospodarczej, które znajdziemy między innymi w publikacjach Balcerowicz (1989) oraz Bąk i inni (1990), natomiast w ramach niniejszej rozprawy doktorskiej, za politykę gospodarczą uważa się świadome i celowe przedsięwzięcia oraz działania instytucji oraz organów władz państwowych (zwłaszcza rządowych i samorządowych), zgodnie z przyjmowanymi wcześniej celami i zasadami oraz realnie wpływające na przebieg procesów i zjawisk gospodarczych (Jarmołowicz, 2014). Polityka przemysłowa rozumiana jest jako każdy rodzaj polityki, który wpływa na kształtowanie struktury gospodarczej kraju (Dorożyński i Świerkocki, 2022).

Do najważniejszych ustaw przyjętych przez Parlament Rzeczypospolitej Polskiej dotyczących gospodarki kraju należy dokument Polityka energetyczna Polski (PEP 2040, 2021). Polityka Energetyczna Polski do 2040 roku (zwana dalej PEP2040) to jeden z najważniejszych aktów prawnych w kraju, który wyznacza ramy transformacji energetycznej w Polsce. W dokumencie zawarto informacje strategiczne przesądzenia w zakresie doboru technologii służących budowie niskoemisyjnego systemu energetycznego. PEP2040 stanowi wkład w realizację Porozumienia paryskiego zawartego w grudniu 2015 roku podczas 21. konferencji stron Ramowej Konwencji Organizacji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu (COP21) z uwzględnieniem konieczności przeprowadzenia transformacji w sposób sprawiedliwy i solidarny. Ponadto stanowi krajową kontrybucję w realizację polityki klimatyczno-energetycznej Unii Europejskiej. Przedstawiony dokument uwzględnia skalę wyzwań związanych z dostosowaniem krajowej gospodarki do uwarunkowań regulacyjnych UE związanych z celami klimatyczno-energetycznymi na 2030 rok, Europejskim Zielonym Ładem, planem odbudowy gospodarczej po pandemii COVID i dążeniem do osiągnięcia neutralności klimatycznej w II połowie XX wieku. Celem PEP2040 jest zagwarantowanie bezpieczeństwa energetycznego przy zapewnieniu konkurencyjności gospodarki, efektywności energetycznej i zmniejszenia oddziaływania sektora energii na środowisko, przy optymalnym wykorzystaniu własnych zasobów energetycznych.

Za miarę realizacji niniejszego celu przyjęto wskaźniki (PEP 2040, 2021), najbardziej istotnym z punktu widzenia tematu rozprawy doktorskiej jest wskaźnik 56% węgla kamiennego w wytwarzaniu energii elektrycznej w 2030 roku.

Wprowadzenie dokumentu PEP2040 wywołało szereg protestów grup społecznych oraz napływ sprzeciwu społecznego szczególnie ze strony przedstawicieli związków zawodowych górnictwa węglowego, oponującym przeciwko zamknięciu górnictwa w kraju. Kluczowe jest również spojrzenie na tematykę z perspektywy globalnej. Należy zaznaczyć, że jednym z głównych powodów zamykania krajowych kopalń jest podejmowanie działań zgodnych z polityką unijną, a idąc za tym Polityką energetyczną Polski. Przemysł górniczy i nierentowne kopalnie nie mogą być zgodnie z prawem unijnym i krajowym wspomagane i dotowane, dlatego też stale spada rentowność wydobycia i rośnie zadłużenie kopalń (Gawlik i Peplowska, 2017a).

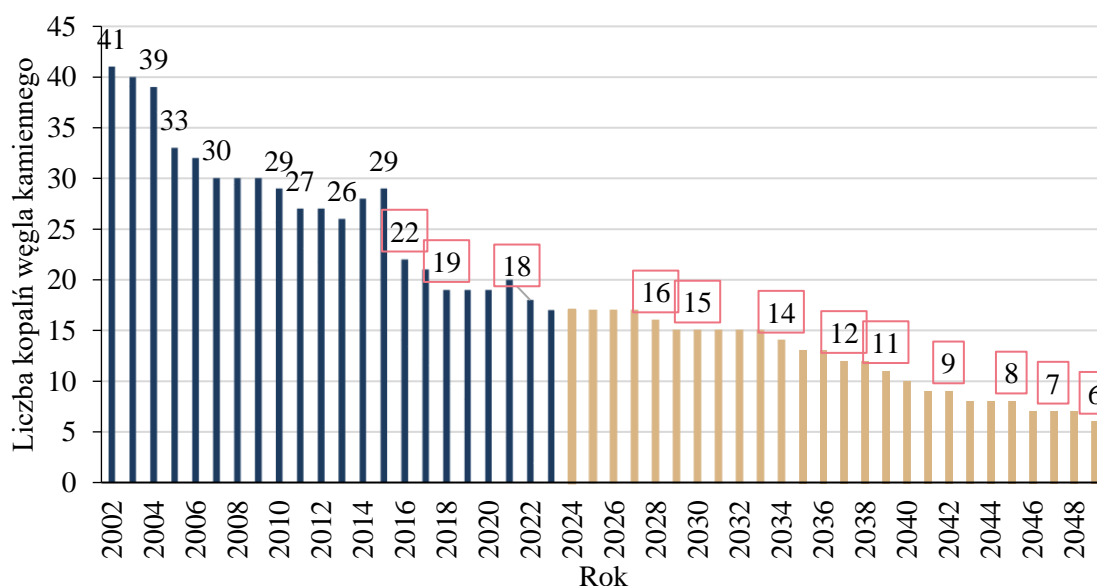
W efekcie rosnących negatywnych nastrojów w Polsce krajowi przedstawiciele struktur rządzących podjęli rozmowy z przedstawicielami górnictwa węglowego. Efektem prowadzonych rozmów było podpisanie dokumentu – *Umowa Społeczna dotycząca transformacji sektora górnictwa węgla kamiennego oraz wybranych procesów transformacji województwa śląskiego* (Umowa Społeczna, 2021). Pismo to zawiera uzgodnione wspólnie zapisy dotyczące mechanizmu finansowania spółek sektora górnictwa węgla kamiennego, indeksacji wynagrodzeń, zasad budowy i wdrażania instalacji tak zwanego czystego węgla, powołania specjalnego Funduszu Transformacji Śląska, gwarancji zatrudnienia oraz pakietu świadczeń socjalnych dla pracowników likwidowanych jednostek produkcyjnych. Ustawodawcy w porozumieniu ze związkami zawodowymi reprezentującymi interesy górników, zgodnie z obustronnie podpisanym dokumentem wyznaczyły datę zakończenia produkcji węgla kamiennego w poszczególnych kopalniach w Polsce. Ostateczne zakończenie eksploatacji kopalń wyznaczono na koniec 2049 roku. Według wstępnego harmonogramu transformacji sektora górnictwa węgla kamiennego stanowiącego załącznik niniejszego porozumienia plan zamknięcia kopalń wygląda następująco (tabela 3.1).

Tabela. 3.1. Harmonogram transformacji sektora górnictwa węglowego w Polsce

Rok	Działanie
2021	Zamknięcie KWK Wujek z KWK Murcki–Staszic
2021	Koniec eksploatacji KWK Ruda Ruch – Pokój
2022	Analiza możliwości wykorzystania zasobów węgla kamiennego koksowego z KWK Ruda Ruch Bielszowice
2023	Połączenie KWK Ruda Ruch Bielszowice i KWK Ruda Ruch Halemba
2028	Koniec eksploatacji KWK Bolesław Śmiały
2029	Koniec eksploatacji KWK Sośnica
2034	Koniec eksploatacji w kopalniach KWK Ruda Ruch Bielszowice i KWK Ruda Ruch Halemba
2035	Koniec eksploatacji KWK Piast-Ziemowit Ruch Piast
2037	Koniec eksploatacji KWK Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit
2039	Koniec eksploatacji KWK Murcki–Staszic
2040	Koniec eksploatacji KWK Bobrek
2041	Koniec eksploatacji KWK Mysłowice–Wesoła
2043	Koniec eksploatacji KWK ROW Ruch Rydułtowy
2046	Koniec eksploatacji KWK ROW Ruch Marcel
2049	Koniec eksploatacji KWK ROW Ruch Chwałowice i KWK ROW Ruch Jankowice

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Umowa Społeczna, 2021)

Bazując na porozumieniu podpisanym przez związki zawodowe górników oraz stronę rządową przygotowano wykres obrazujący zmniejszającą się liczbę kopalń w kolejnych latach (rys 3.1).



Rys. 3.1. Spodziewany spadek liczby czynnych kopalń państwowych, wraz z uwzględnieniem postanowień Umowy społecznej

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Umowa Społeczna, 2021)

Nie bez znaczenia jest fakt, że ze względu na wciąż dynamiczną i zmieniającą się sytuację geopolityczną, której przyczynkiem jest konflikt wojenny na terenie

sąsiadującej z granicą Polski Ukrainą, pojawiają się opóźnienia w procesie zamykania kopalń.

Tematyka restrukturyzacji górnictwa węgla kamiennego oraz możliwości działań naprawczych jest przedmiotem dyskusji wielu naukowców między innymi Lisowski (2021), który przeprowadza szeroką analizę funkcjonowania górnictwa oraz Tajduś (2021).

Rząd Polski podejmował również na przestrzeni lat szereg działań dotyczących restrukturyzacji polskiego górnictwa. W literaturze przedmiotu znajdziemy również wiele artykułów dotyczących wpływu restrukturyzacji polskiego górnictwa węgla kamiennego na kondycję sektora i kopalń (Lisowski, 2005, 2006; Paszcza, 2010).

### **3.2. Górnictwo węgla kamiennego**

Podrozdział zawiera opis górnictwa węgla kamiennego w Polsce, z podziałem na sektor górnictwa węgla kamiennego energetycznego i koksowego oraz sektor górnictwa węgla brunatnego.

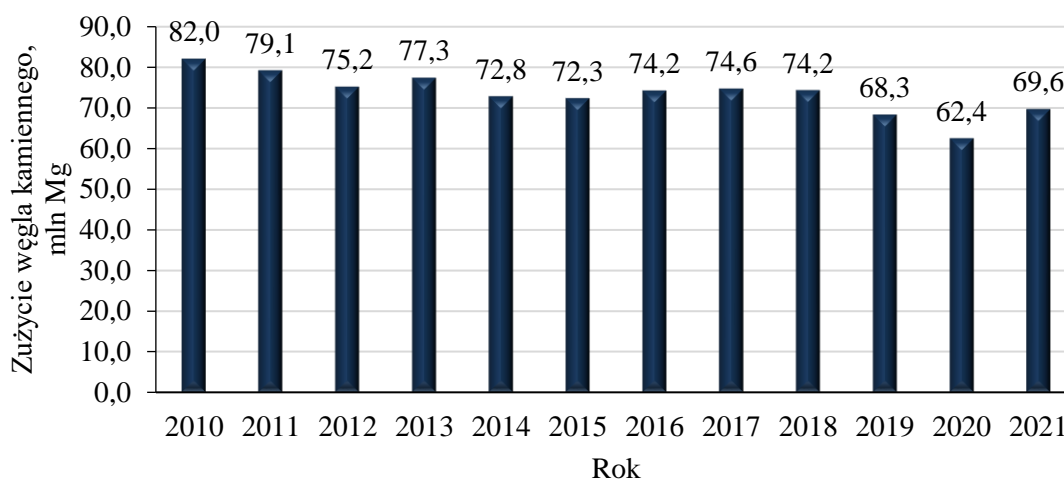
Potrzeba klasyfikacji węgla kamiennego wynika z chęci usystematyzowania jego właściwości, takich jak: fizyczne, chemiczne, petrograficzne i geologiczne, a także oceny jego przydatności do różnych procesów technologicznych. Proces klasyfikacji węgla jest skomplikowany, ponieważ jest to bardzo złożony surowiec. Rozgraniczenie pomiędzy różnymi rodzajami węgla różni się w zależności od systemów klasyfikacji stosowanych w poszczególnych krajach. Klasyfikacje często opierają się na kilku wybranych parametrach, takich jak: wartość opałowa, zawartość substancji lotnych, zawartość węgla stałego, zdolność do spiekania i koksowania, lub też na kombinacjach dwóch lub więcej wymienionych kryteriów. Nie ma obecnie jednolitej światowej klasyfikacji węgla kamiennego, jedynie kraje ustalają swoje kryteria. Obecnie w Polsce wykonywana jest według znowelizowanej normy PN-G-97002: 2018-11 Węgiel kamienny – Klasyfikacja – typy. Podstawą klasyfikacji węgla kamiennego znajdującą się w niniejszej normie są naturalne cechy, charakteryzujące przydatność technologiczną węgla kamiennego określane według wskaźników: zawartość części lotnych w węglu, refleksyjność wityritu, wskaźnik spiekalności, dylatacja i ciepło spalania.

Aktualnie wydobycie węgla kamiennego prowadzone jest w 17 kopalniach, w tym dwu kopalniach zespolonych (2022 rok). Polska Grupa Górnicza SA jest głównym dostawcą węgla dla krajowej energetyki zawodowej. Spółka wydobywa węgiel energetyczny w typach 31.2, 32.1, 32.2 i 33 (Rogała i Hochuł, 2017; Rogała i Hochuł, 2018; Gąsior i in., 2023). Węgiel kamienny energetyczny wydobywany jest w zespolonej Kopalni Węgla Kamiennego ROW składającej się z czterech zakładów: Ruch Marcel, Ruch Rydułtowy, Ruch Jankowice, Ruch Chwałowice; Kopalni Węgla Kamiennego Ruda złożonej z dwóch zakładów: Ruch Bielszowice, Ruch Halemba; Kopalni Węgla Kamiennego Piast-Ziemowit składającej się z dwóch zakładów: Ruch Piast i Ruch Ziemowit oraz kopalni jednoruchowych Kopalni Węgla Kamiennego Staszic-Wujek

Ruch Murcki–Staszic, Kopalni Węgla Kamiennego Bolesław Śmiały, Kopalni Węgla Kamiennego Sośnica oraz Kopalni Węgla Kamiennego Mysłowice–Wesoła. Produkcja węgla kamiennego energetycznego w Jastrzębskiej Spółce Węglowej SA odbywa się w kopalniach Kopalni Węgla Kamiennego Budryk oraz Kopalni Węgla Kamiennego Knurów–Szczygłowice, jednak specjalnością Jastrzębskiej Spółki Węglowej SA jest węgiel koksowy, produkowany (w typie 34 i 35) we wszystkich kopalniach Spółki. Pozostałe kopalnie prowadzą wydobywanie jedynie węgla kamiennego energetycznego. Tauron Wydobywanie SA (obecnie Południowy Koncern Węglowy) posiada trzy Zakłady Górnicze: ZG Janina, ZG Sobieski oraz ZG Brzeszcze, dostarczające węgiel do celów energetycznych w typach 31.1 oraz 33. Węglkoks Kraj Sp. z o.o. Wydobywa węgiel do celów energetycznych w Kopalni Węgla Kamiennego Bobrek. Produkcja węgla do celów energetycznych odbywa się także na terenie Lubelskiego Zagłębia Węglowego w spółce Lubelski Węgiel Bogdanka SA (KWK Bogdanka), a także w trzech kopalniach prywatnych: KWK Silesia, której właścicielem jest PG Silesia Sp. z o.o., ZG Siltech własność Siltech Sp. z o.o. oraz ZG Eko–Plus własność ZG Eko–Plus Sp. z o.o.

Krajowe wydobywanie węgla kamiennego w ostatnich latach sukcesywnie spada, sytuacja ta miała miejsce do 2022 roku (biorąc pod uwagę węgiel kamienny energetyczny). Wpływ na to mają głównie działania restrukturyzacyjne oraz polityka zeroemisyjności, wskutek czego zmniejszana jest eksploatacja w nierentownych kopalniach lub ich częściach. W porównaniu z 2014 rokiem liczba kopalń państwowych zmniejszyła się z 29 do 17. Wydobywanie węgla kamiennego zarówno energetycznego i koksowego wzrosło w ostatnich dwóch latach (2022–2023), co spowodowane jest rosnącym zapotrzebowaniem na ten surowiec, do czego przyczynkiem jest między innymi wojna w Ukrainie.

Analizując zużycie węgla kamiennego w Polsce w okresie od 2010 do 2021 roku, obserwujemy ogólny trend spadkowy (rys. 3.2). Pomimo pewnych fluktuacji, istnieje wyraźna tendencja zmniejszania się zużycia węgla kamiennego w tym okresie. Możemy wyróżnić pewne istotne momenty. Początek okresu 2010 rok – zużycie węgla kamiennego na stosunkowo wysokim poziomie, ale już w 2011 roku zaczyna maleć, co może być rezultatem zmian w polityce energetycznej lub dywersyfikacji źródeł energii. Stabilizacja i kolejne spadki w latach 2012–2016: po pewnym okresie stabilizacji, zużycie węgla kamiennego nadal spadało, co może być związane z rosnącym wpływem innych, bardziej ekologicznych źródeł energii oraz postępem technologicznym w sektorze energetycznym. Kolejne obniżenie w latach 2017–2021 – w tym okresie obserwowano kontynuację spadku zużycia węgla kamiennego, co może być efektem dalszej dywersyfikacji miksu energetycznego i promocji alternatywnych źródeł energii, takich jak odnawialne źródła energii. Ogólnie rzecz biorąc, spadek zużycia węgla kamiennego w Polsce w badanym okresie może być wynikiem zmian w polityce energetycznej, wzrostu świadomości ekologicznej oraz rozwoju technologii, które umożliwiają bardziej efektywne wykorzystanie energii. W 2021 roku zużycie węgla kamiennego ogółem wyniosło 69,6 mln Mg i wzrosło o 11,6% w porównaniu z 2020 rokiem (GUS, 2022f).



Rys. 3.2. Zużycie węgla kamiennego ogółem w Polsce w latach 2010–2021, mln Mg

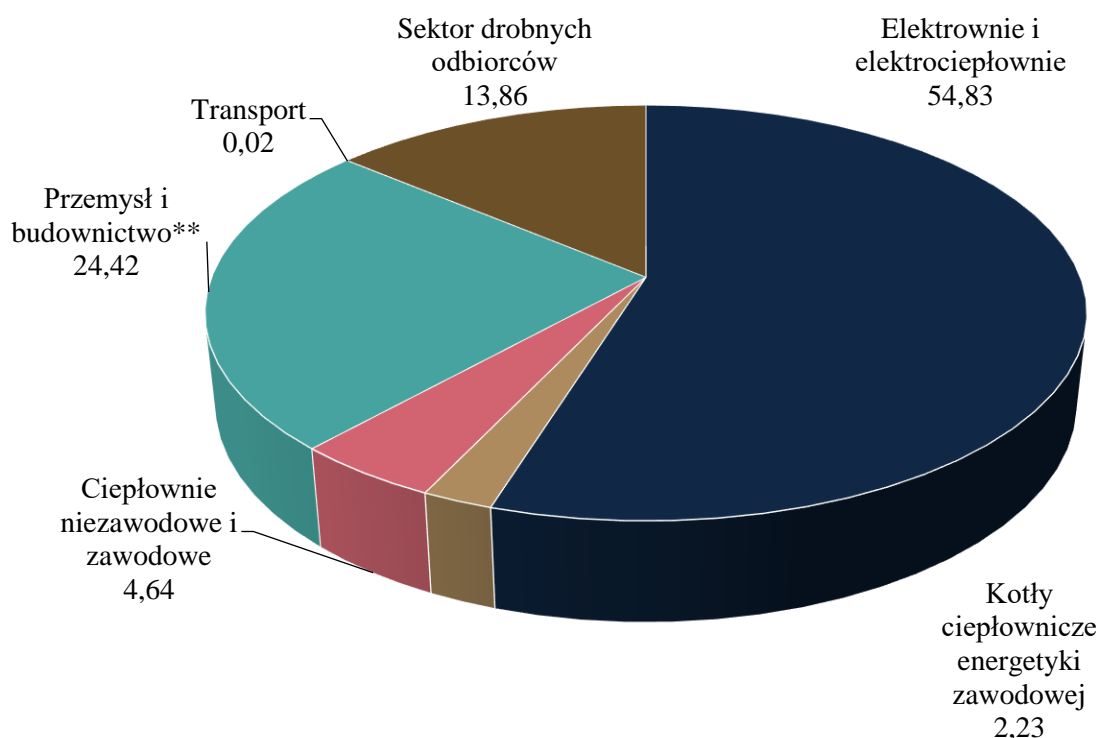
\* nie obejmuje zużycia bezpośredniego na ogrzewanie w podmiotach zaliczanych do sekcji D „Wytwarzanie i zaopatrywanie w energię elektryczną, gaz, parę wodną, gorącą wodę i powietrze do układów klimatyzacyjnych”

\*\* także zużycie własne kopalń oraz zużycie na wsad przemian w koksowniach

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: GUS (2022f)

Struktura zużycia węgla kamiennego według sektorów wskazuje, że był on wykorzystywany głównie w elektrowniach i elektrociepłowniach (55%) oraz w przemyśle i budownictwie (24%). Wysoki udział w strukturze zużycia węgla w 2021 roku wykazuje również sektor drobnych odbiorców. Łączny udział pozostałych sektorów (ciepłownie niezawodowe i zawodowe, kotły ciepłownicze energetyki zawodowej oraz transport) nie przekracza 7%.

Analiza struktury zużycia węgla kamiennego według województw pokazuje, że największe zużycie wystąpiło w województwach śląskim, mazowieckim i opolskim, natomiast najmniejsze w lubuskim, podlaskim i warmińsko-mazurskim. Województwo śląskie wykazywało się największym zużyciem węgla, jednakże w sektorze energii i drobnych odbiorców dominowało województwo mazowieckie, a w przemyśle i budownictwie – województwo opolskie. Koksownie zlokalizowane w województwach śląskim i opolskim miały duży wpływ na wielkość zużycia w przemyśle i budownictwie. Zużycie węgla kamiennego ogółem w Polsce w 2021 roku w podziale na sektory przedstawiono na rys. 3.3.



Rys. 3.3. Zużycie węgla kamiennego ogółem w Polsce w 2021 roku w podziale na sektory, %

\* nie obejmuje zużycia bezpośredniego na ogrzewanie w podmiotach zaliczanych do sekcji D Wytwarzanie i zaopatrywanie w energię elektryczną, gaz, parę wodną, gorącą wodę i powietrze do układów klimatyzacyjnych

\*\* także zużycie własne kopalń oraz zużycie na wsad przemian w koksowniach

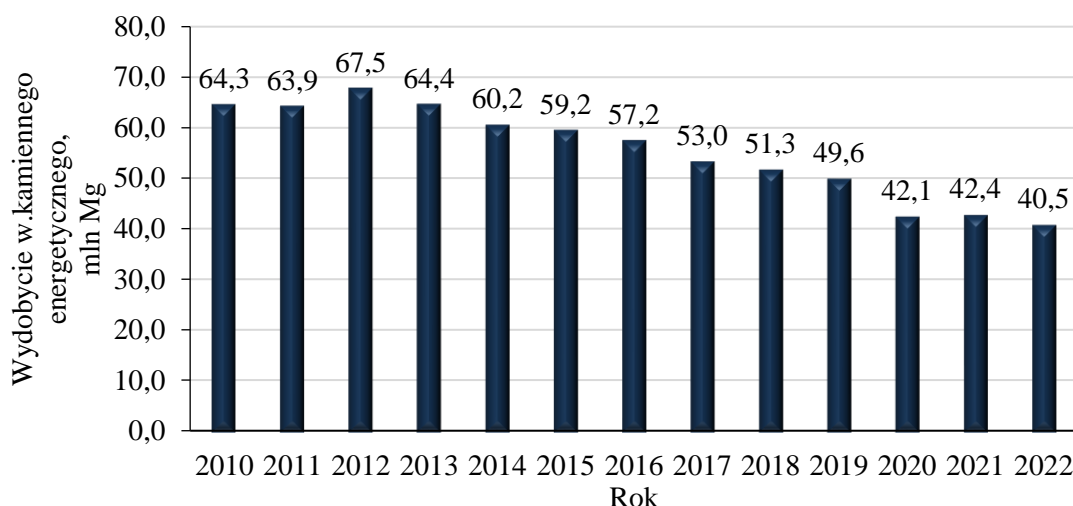
Źródło: Opracowanie własne na podstawie: GUS (2022f)

### Węgiel kamienny energetyczny

Węgiel kamienny energetyczny wydobywany jest przez przedsiębiorstwa takie jak Polska Grupa Górnicza SA (27,6 mln Mg w 2019 roku) oraz LW Bogdanka SA (9,4 mln Mg w 2019 roku). Jastrzębska Spółka Węglowa SA, Węglokoks Kraj Sp. z o.o., Tauron Wydobycie SA (1 stycznia 2023 roku Tauron Wydobycie stała się jednoosobową Spółką Skarbu Państwa i od tego momentu funkcjonuje poza strukturami kapitałowymi Grupy Tauron. Od 2 stycznia 2024 roku Spółka funkcjonuje pod nazwą Południowy Koncern Węglowy SA. (PKW SA, 2024) i pozostałe spółki górnicze odpowiadają łącznie za około 25% produkcji (Malec, 2022).

Analizując okres 2010–2021 najwyższy poziom wydobycia węgla kamiennego energetycznego sięgający 67,5 mln Mg odnotowano w 2012 roku (rys. 3.4). Najniższy natomiast zanotowano w 2022 roku.

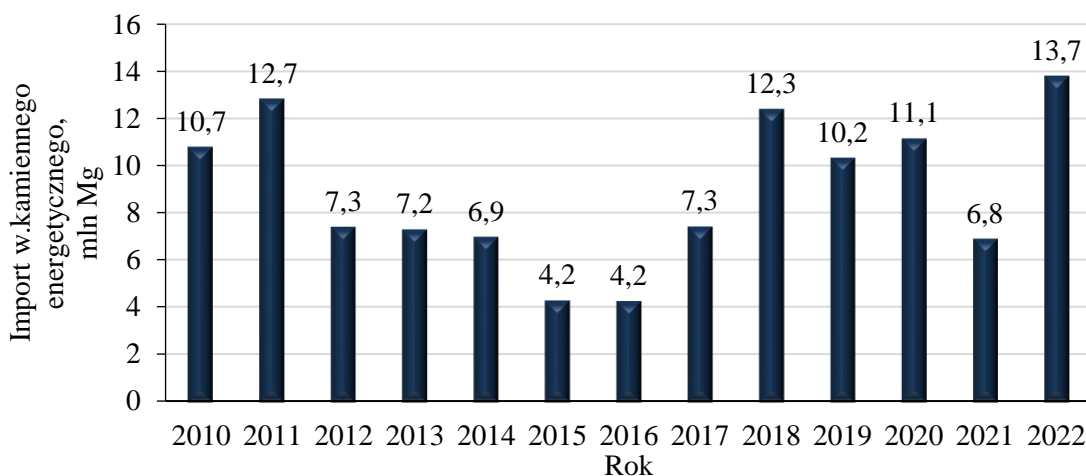




Rys. 3.4. Wydobycie węgla kamiennego energetycznego w Polsce w latach 2010–2022, mln Mg

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: ARP SA (2023c)

W latach 2010–2022 import węgla kamiennego energetycznego do Polski podlegał znacznym fluktuacjom (rys. 3.5). Przez ten okres obserwowano zarówno wzrosty, jak i spadki w ilości importowanego węgla. Najwyższe poziomy importu wystąpiły w latach 2011, 2018 i 2022 (13,7 mln Mg), podczas gdy najniższe wartości odnotowano w 2015 roku. Wahania importu mogłyby być spowodowane różnymi czynnikami, takimi jak zmiany w polityce energetycznej, popyt na energię, dostępność alternatywnych źródeł energii oraz zmiany cen na rynkach światowych.

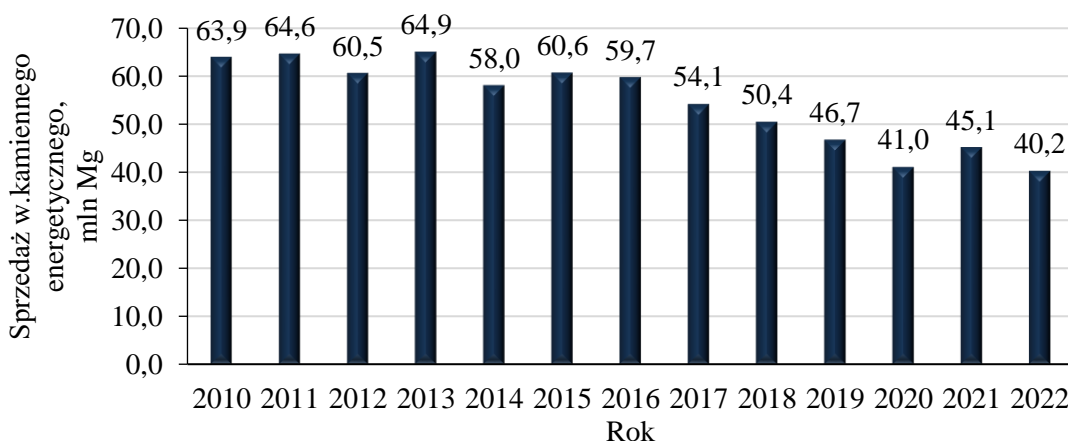


Rys. 3.5. Import węgla kamiennego energetycznego w Polsce w latach 2010–2022, mln Mg

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: ARP SA (2022b)

W latach 2010–2022 notowane były zarówno spadki, jak i wzrost wolumenu sprzedaży węgla kamiennego energetycznego (rys. 3.6). Ogólna tendencja dla danego okresu w zakresie sprzedaży węgla kamiennego energetycznego jest spadkowa. Najniższą sprzedaż zanotowano w 2020 roku (względny pandemiczny) i wyniosła 40,9 mln Mg.

Taka sytuacja spowodowała natomiast, że w 2021 roku zanotowano wzrost o ponad 5 mln Mg do poziomu 45,1 mln Mg (ARP SA, 2022).



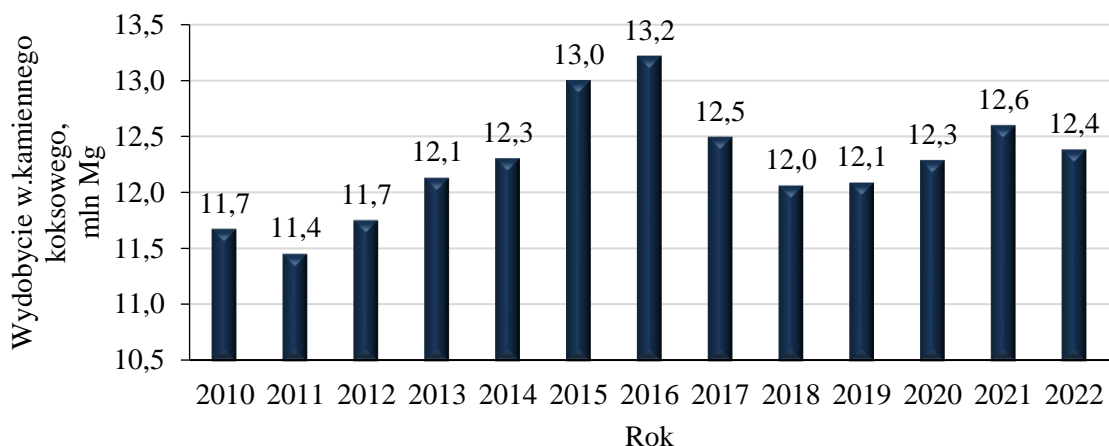
Rys. 3.6. Sprzedaż węgla kamiennego energetycznego w Polsce w latach 2010–2022, mln Mg

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: ARP SA (2023c)

### Węgiel kamienny koksowy

Badając aspekt węgla kamiennego koksowego, należy zauważyć, że głównym dostawcą tego typu węgla jest Jastrzębska Spółka Węglowa SA. Firma ta specjalizuje się w dostarczaniu węgla kamiennego koksowego o charakterystyce typu 35 (*hard*) i odgrywa istotną rolę jako producent w Unii Europejskiej.

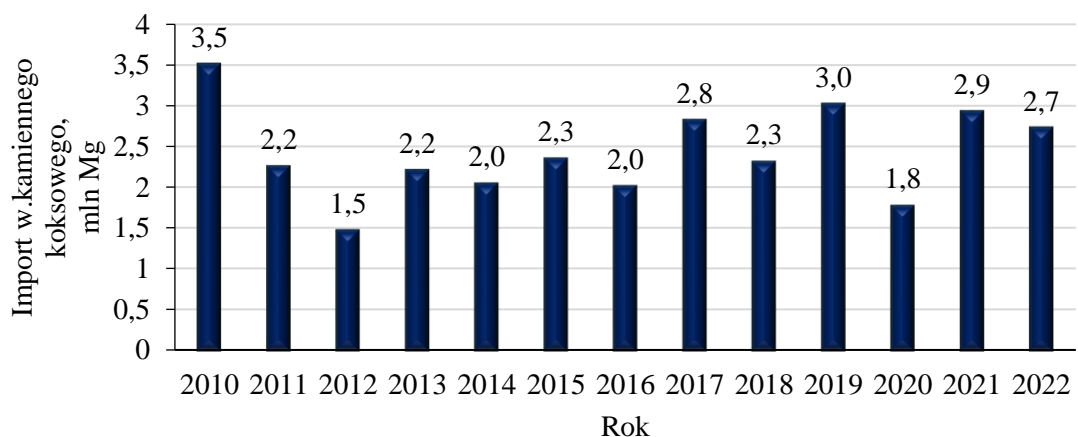
Wydobycie węgla kamiennego koksowego w Polsce w latach 2010–2022 ulegało zmianom (rys. 3.7). W początkowym okresie analizy lata 2010 do 2011 roku notowany jest nieznaczny spadek wydobycia węgla kamiennego koksowego. Od 2011 do 2016 roku wydobycie węgla kamiennego koksowego miało tendencję wzrostową, osiągając maksimum 13,2 mln Mg.



Rys. 3.7. Wydobycie węgla kamiennego koksowego w Polsce w latach 2010–2022, mln Mg

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: ARP SA (2023c)

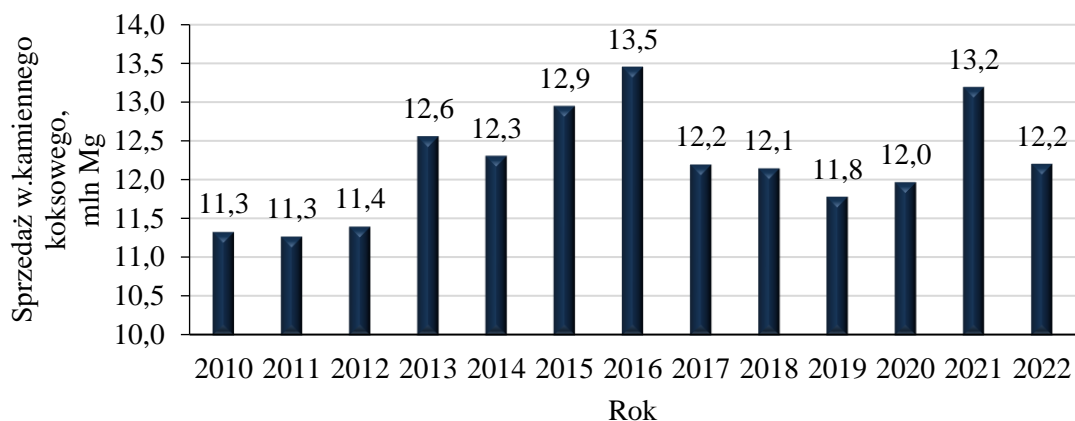
Zakup węgla kamiennego koksowego z zagranicy kształtuje się w całym rozpatrywanym okresie, lata 2010–2022, na stabilnym poziomie osiągając wartości około 2 do 3 mln Mg z najwyższym importem zanotowanym 2010 roku (rys. 3.8).



Rys. 3.8. Import węgla kamiennego koksowego w Polsce w latach 2010–2022, mln Mg

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: ARP SA (2023b)

Biorąc pod uwagę wielkość sprzedaży węgla kamiennego koksowego, notujemy w latach 2010 do 2012 poziom nieco ponad 11 mln Mg (rys. 3. 9). Rok 2013 to 12,6 mln Mg, w kolejnym nastąpił niewielki spadek, aby w 2016 roku osiągnąć poziom 13,5 mln Mg. Jest to najwyższy poziom sprzedaży węgla kamiennego koksowego w analizowanym okresie. Po 2016 roku nastąpił spadek sprzedaży trwający do 2019 roku. Natomiast po 2019 roku nastąpił wzrost sprzedaży trwający do 2021 roku sięgający poziomu 13,2 mln Mg.

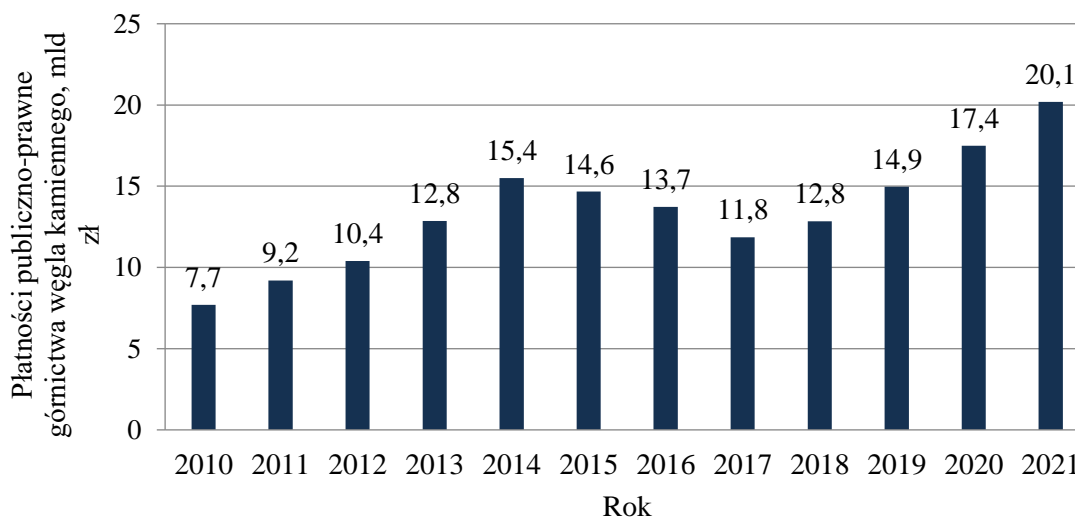


Rys. 3.9. Sprzedaż węgla kamiennego koksowego w Polsce w latach 2010–2022, mln Mg

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: ARP SA (2023d)

Analizując temat górnictwa węglowego w Polsce oraz jego wpływu na krajową gospodarkę, nie sposób pominąć istotności wpłat uiszczanych przez górnictwo w postaci danin do budżetu państwa. Tematykę płatności publicznoprawnych górnictwa węgla kamiennego w swoich publikacjach poruszają (Olszowski, 2010; Peplowska i Gawlik, 2019; Gawlik i in., 2016).

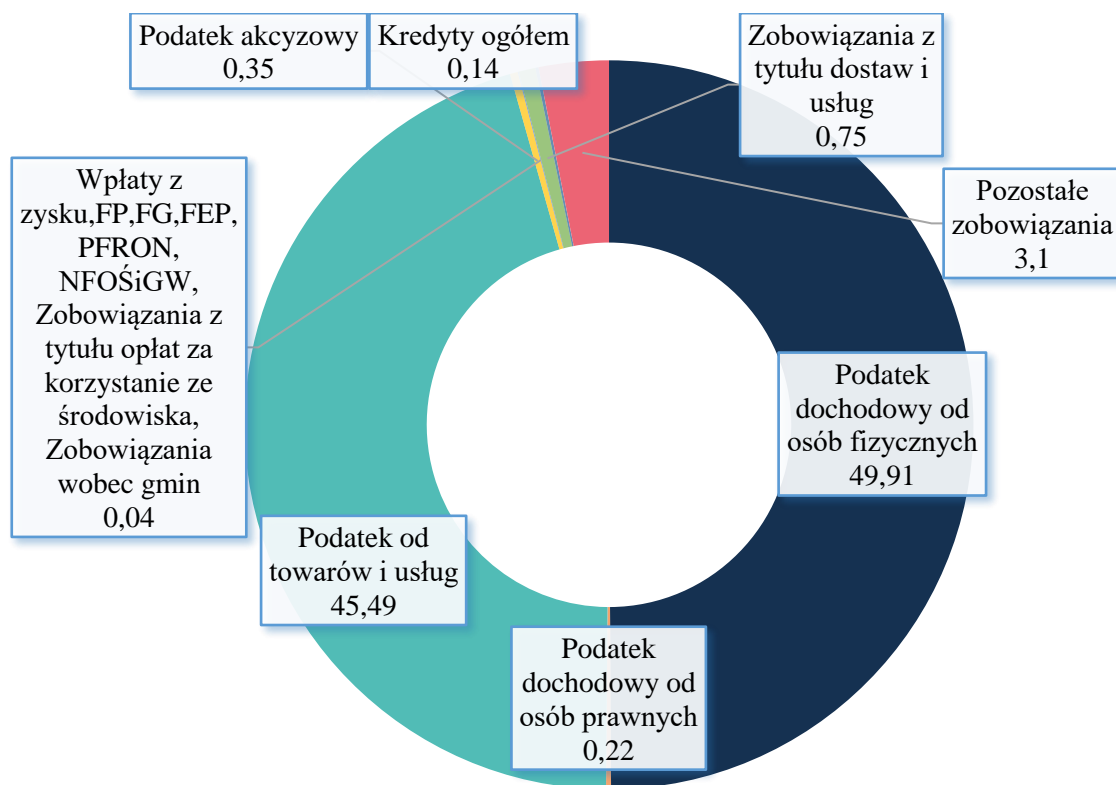
Pomimo ciężkiej sytuacji branży górniczej w ostatnich latach, poziom ponoszonych płatności przez przedsiębiorstwa górnicze wciąż rośnie, osiągając w 2021 roku szczytowy poziom wpłat w ciągu całego rozpatrywanego okresu (rys. 3.10).



Rys. 3.10. Płatności publicznoprawne górnictwa węgla kamiennego w latach 2010–2021, mld zł

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: ARP SA (2022a)

Największym obciążeniem w 2021 roku były wpłaty z tytułu zatrudnienia osób, prawie 35% wpłat to wpłaty uiszczane w postaci podatku dochodowego od osób fizycznych (rys. 3.11). Kolejnym znaczącym obciążeniem w budżecie jest podatek od towarów i usług. To dwa najbardziej znaczące obciążenia.

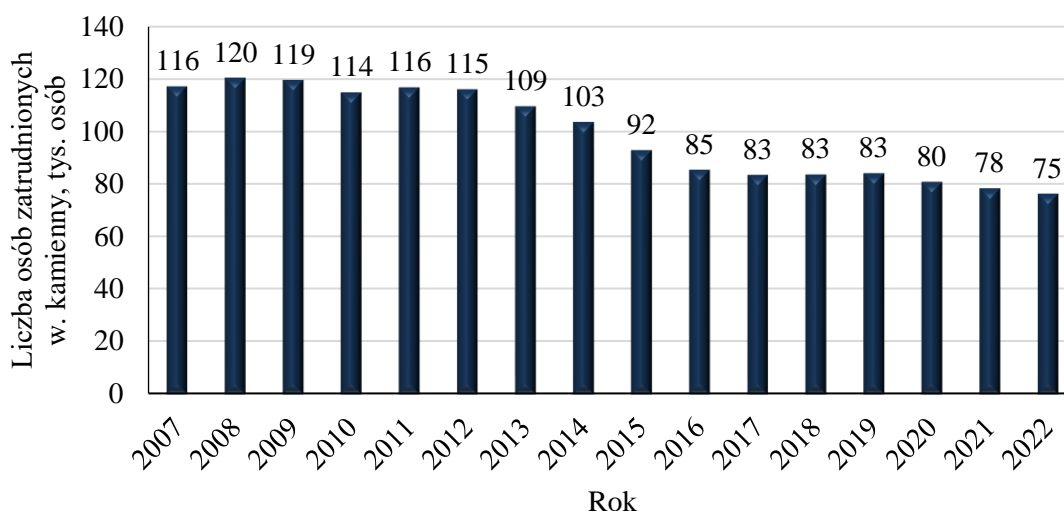


Rys. 3.11. Struktura płatności publicznoprawnych górnictwa w. kamiennego w 2021 roku, %

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: ARP SA (2022a)

Wokół górnictwa węgla kamiennego powstało i rozwinęło się wiele przedsiębiorstw, których funkcjonowanie zależy od kondycji firm górniczych oraz wzajemnej współpracy. Przedsiębiorstwa współpracujące z górnictwem węgla kamiennego to firmy handlowe, usługowe i doradcze, nazywane przedsiębiorstwami okołogórnictwem. To również wszystkie te powiązane branże generują wpływy do budżetu publicznego, co szeroko opisano w publikacji Gawlik i Peplowska (2017).

Zauważalne jest to, że liczba osób zatrudnionych w górnictwie węgla kamiennego sukcesywnie spada, z maksymalnego poziomu zatrudnienia (od 2007 roku) osiągniętego w 2009 roku, gdzie stan zatrudnienia wyniósł ponad 120 tysięcy osób do 2022 roku, w którym stan zatrudnienia wyniósł nieco ponad 74 tysięcy osób (rys. 3.12).



Rys. 3.12. Liczba osób zatrudnionych w górnictwie węgla kamiennego w latach 2007–2022

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: ARP SA (2023a)

W przypadku redukcji bądź zamknięcia górnictwa węgla kamiennego w kraju gospodarka musi liczyć się z wzrostem poziomu bezrobocia lub też z koniecznością przebranżowienia pracowników.

### 3.3. Górnictwo węgla brunatnego

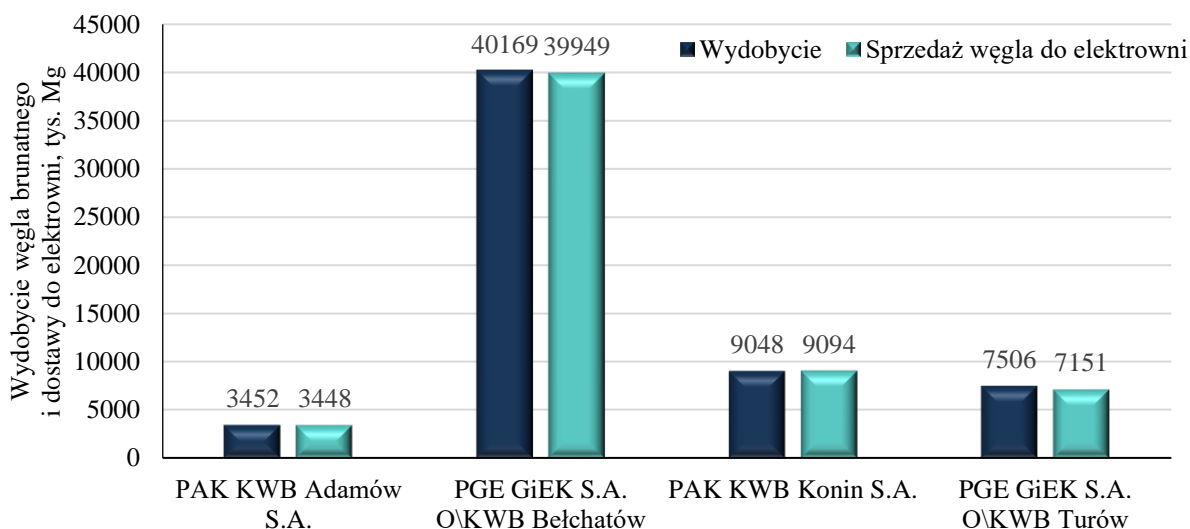
Węgiel brunatny stanowi połączenie cech zarówno torfu, jak i węgla kamiennego, pełniąc rolę istotnego ogniwa pośredniego. Jego charakterystyka przejawia się głównie w aspektach związanych z wykorzystaniem. Węgłe brunatne wykorzystywane są w elektrowniach zlokalizowanych w miejscu ich eksploatacji, ze względu na brak opłacalności ich transportu. Temat istotności górnictwa węgla brunatnego w polskiej gospodarce jest przedmiotem wielu publikacji między innymi (Ptak i Kasztelewicz, 2014; Kasztelewicz i Ptak, 2016; Kasztelewicz i in., 2018).

Wykorzystanie węgla brunatnego w innym celu niż energetyczny ma marginalne znaczenie, w skali świata 85% wydobytego węgla brunatnego jest użytkowane w elektrowniach i elektrociepłowniach znajdujących się w pobliżu kopalń. Pozostałe 15% to węgiel przeznaczony dla przemysłu i gospodarstw domowych (PIG, 2020).

Niemniej węgiel brunatny może być cennym surowcem dla przemysłu chemicznego (między innymi do otrzymywania półkoks, smoły wytłewnej, gazów przemysłowych, wosku montanowego). Osobnym zagadnieniem jest zgazowanie węgla brunatnego, produkty uzyskiwane w wyniku tego procesu mogą być stosowane do wytwarzania paliw płynnych i gazowych oraz innych materiałów chemicznych (między innymi siarczanu amonowego, amoniaku, kwasu krezolowego, ksenonu, ciekłego azotu, fenoli). Podczas obróbki i sortowania węgla brunatnego powstaje pył węglowy, który może stanowić surowiec do produkcji sorbentów, preparatów owado- i grzybobójczych (pestycydy i herbicydy), preparatów glebotwórczych oraz suplementów glebowych służących do nawożenia gleb uprawnych. Węgiel brunatny może być również użyty

w postaci mieszanki z nawozami mineralnymi. Jako nawóz może być również stosowany popiół pochodzący ze spalania węgla brunatnego.

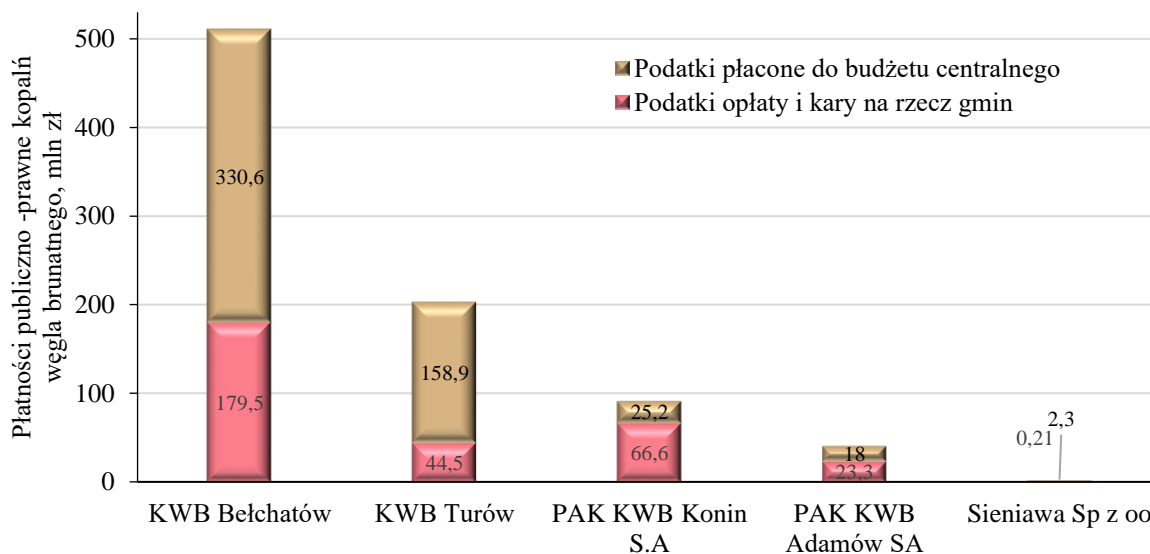
Praktycznie cała produkcja węgla brunatnego jest na bieżąco przeznaczana do elektrowni ciepłych zawodowych. W 2015 roku elektrownie te wygenerowały 52,9 TWh energii elektrycznej, co stanowiło 32,1% całkowitej mocy generowanej w Polsce (Ministerstwo Energii, 2018). Pozostałe 907 tys. Mg węgla brunatnego (węgiel w postaci sortowanej), był wykorzystywany na potrzeby zakładów wydobywczych i był przedmiotem sprzedaży na rynku lokalnym (rys. 3.13).



Rys. 3.13. Wydobycie węgla brunatnego i sprzedaż do elektrowni w 2016 roku, tys. Mg

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Pietraszewski, 2017)

Podobnie jak w przypadku przedsiębiorstw branży węgla kamiennego, przedsiębiorstwa wydobywające węgiel brunatny również obciążone są licznymi opłatami. Przedsiębiorstwa górnicze są zobowiązane do opłacania ponad 30 różnych podatków i opłat publicznych, które stanowią znaczny dochód dla budżetu państwa i jednostek samorządu terytorialnego, na terenie których prowadzą działalność. Corocznie, tytułem płatności publicznoprawnych, sektor publiczny otrzymuje ponad miliard złotych z kopalni węgla brunatnego. Duża część tych dochodów trafia do gmin, na których terenie znajdują się kompleksy paliwowo-energetyczne. Można to zauważyć szczególnie na przykładzie gminy Kleszczów, gdzie zlokalizowane są Kopalnia Bełchatów i Elektrownia Bełchatów. Sumarycznie w 2016 roku kopalnie węgla brunatnego wpłaciły z tytułu płatności publicznoprawnych kwotę 849 mln zł, co przełożyło się na wielkość obciążenia Mg wydobytego węgla w wysokości 14,1 mln zł (rys. 3.14).



Rysunek 3.14. Płatności publicznoprawne kopalń węgla brunatnego w 2016, mln zł

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Ministerstwo Energii, 2018)

W Polsce eksport oraz import węgla brunatnego wiąże się jedynie z wymianą z Czechami i w ograniczonym stopniu z Niemcami, Węgrami, Belgią oraz Austrią. Saldo obrotów było ujemne w 2018 roku i wynosiło – 66,7 mln zł, w tym samym roku (2018) z Polski wyeksportowano łącznie około 0,5% wydobycia, importowano 320 tys. Mg (PIG, 2020).

Restrukturyzacja branży węgla brunatnego przyczyniła się do zwiększenia wydajności poprzez systematyczną redukcję zatrudnienia. W ciągu ostatnich 25 lat wydajność kopalń węgla brunatnego wzrosła prawie trzykrotnie, a zatrudnienie zmniejszyło się z 27 179 osób w 1991 roku do 9074 osób w 2016 roku. W 2016 roku najwięcej pracowników zatrudniały PGE GiEK SA O/KWB Bełchatów (4954 osoby) oraz PGE GiEK SA O/KWB Turów (2587 osoby). z kolei zatrudnienie w PAK KWB Konin SA wynosiło 1118 osób, a w PAK KWB Adamów SA – 415 osób. Od 1991 roku ciągle obserwuje się spadek liczby pracowników w kopalniach węgla brunatnego. W sumie, na koniec 2016 roku zatrudnienie w branży węgla brunatnego wynosiło około 23,5 tysiąca pracowników, z czego 11 tysięcy zatrudnionych było w rejonie Kopalni Bełchatów i Elektrowni Bełchatów, 6 tysięcy w rejonie Kopalni Turów i Elektrowni Turów, a 6,5 tysiąca w rejonie Kopalni Adamów, Konin i Zespołu Elektrowni Adamów, Konin i Pątnów wraz z działającymi spółkami (Ministerstwo Energii, 2018).



## 4. Gospodarka narodowa – mechanizm funkcjonowania

Istnieje wiele definicji pojęcia „gospodarka narodowa”. Gospodarka narodowa rozumiana jest jako ogół działań w obrębie państwa, realizowanych w interesie wszystkich obywateli, związanych z tworzeniem wartości komercyjnych i ich podziałem (Meredyk, 2007). Gospodarka danego kraju składa się z wielu różnorodnych działów wzajemnie ze sobą powiązanych i pełni wiele funkcji jedną z nich jest funkcja społeczna, którą sprowadzić można do wytwarzania i dystrybucji odpowiednich dóbr, określających społeczny dobrobyt. Dobra te muszą być wytwarzane oraz sprzedawane, to znaczy, że przy określonych dostawach i istniejącym zapotrzebowaniu, muszą być wymienne na inne dobra. W związku z powyższym wytwarzanie (produkcja), podział i konsumpcja stanowią więc równorzędne fazy procesu gospodarczego.

Według Jarmołowicz (2014) gospodarka narodowa to, w sensie instytucjonalnym, organizm gospodarczy złożony z szeregu podmiotów ekonomicznych, tworzących (w zależności od przedmiotu ich działalności) określone części czy ogniwa zwane działami, sektorami, branżami, sekcjami i tym podobne. Części te wyodrębnione są zależnie od celów i kryteriów. Określone części gospodarki występują jako mniejsze lub większe agregaty, tworząc jednolity system stale ze sobą współpracujący. Poszczególne działy gospodarki narodowej ciągle przekazują sobie różne elementy i otrzymują w zamian inne. To, co jest im tu dostarczane, przez inne działy a także przez posiadane przez siebie i wcześniej zgromadzone rezerwy, podmioty te zużywają we właściwy dla siebie sposób. Elementy zużyte w procesie produkcji stają się poniesionym nakładem. Ten z kolei jest przetwarzany i dostarczony innym działom czy też gałęziom. Natomiast wszystko co zostanie im dostarczone w procesie produkcji oraz powstająca nadwyżka stają się efektem produkcyjnym. Niemal każda z wyodrębnionych części gospodarki (działu, ogniwa), którą możemy potraktować jako określoną gałąź produkcyjną, współpracuje z innymi, a także określone dostawy od innych gałęzi oraz własne rezerwy zużywa w postaci nakładów, w efekcie których pojawiają się również efekty zasilające inne gałęzie bądź też własne rezerwy. Niniejsze zależności realizowane są poprzez transakcje sprzedaży i kupna dóbr oraz usług, które integrują wszystkie podmioty gospodarcze. Wymiernym efektem przeprowadzonych transakcji są strumienie, które mają charakter strukturotwórczy. Ich wartość decyduje natomiast o sile zależności pomiędzy poszczególnymi działami. Istnienie przepływów produktów (usług) pomiędzy poszczególnymi działami w gospodarce stwarza zapotrzebowanie na analizę nakładów i wyników w skali poszczególnych działów (grup przedsiębiorstw) oraz całej gospodarki narodowej. Wszystkie powyższe pozwalają na przedstawienie przebiegu powyższych procesów i ich analizę w ramach schematu nazywanego tabelą nakładów i efektów bądź tabelą *input-output*, czy też tabelą przepływów międzygałęziowych. Tym samym można stwierdzić, że mechanizm funkcjonowania gospodarki narodowej jest systemem bardzo złożonym

i wieloaspektowym. Do jego opisu należy uwzględnić wszystkie elementy gospodarki oraz wzajemne związki występujące między nimi.

Reasumując, gospodarka narodowa składa się z dużej liczby podmiotów gospodarczych: gospodarstw domowych, przedsiębiorstw, a także jednostek aparatu państwa szczebla centralnego i lokalnego wzajemnie powiązanych i kooperujących.

#### 4.1. Podstawowe mierniki

Syntetyczną miarą wielkości produkcji wytworzonej w gospodarce narodowej w ciągu roku jest produkt krajowy brutto (PKB) (Milewski i Kwiatkowski, 2018). PKB w zależności od podejścia może być zdefiniowany na trzy sposoby (GUS, 2023a):

- a) od strony produkcji: PKB stanowi sumę wartości dodanej brutto poszczególnych sektorów instytucjonalnych lub poszczególnych gałęzi powiększoną o podatki od produktów pomniejszone o dotacje do produktów (które nie są przydzielone do sektorów czy gałęzi). Jest on też pozycją bilansującą rachunku produkcji gospodarki ogółem. Możemy zapisać jako:

$$PKB = \sum \text{wartości dodanych brutto} \quad (1)$$

- b) od strony rozdysponowania: PKB stanowi sumę końcowego wykorzystania wyrobów i usług przez jednostki instytucjonalne będące rezydentami (spożycia i akumulacji brutto), powiększonego o eksport i pomniejszonego o import towarów i usług:

$$PKB = \sum \text{końcowego wykorzystania wyrobów i usług} + \text{eksport} - \text{import} \quad (2)$$

- c) podejście od strony dochodów (metoda sumowania dochodów): PKB stanowi sumę rozchodów na rachunku tworzenia dochodów gospodarki ogółem (kosztów związanych z zatrudnieniem, podatków związanych z produkcją i importem pomniejszonych o dotacje, nadwyżki operacyjnej brutto oraz dochodu mieszanego gospodarki ogółem):

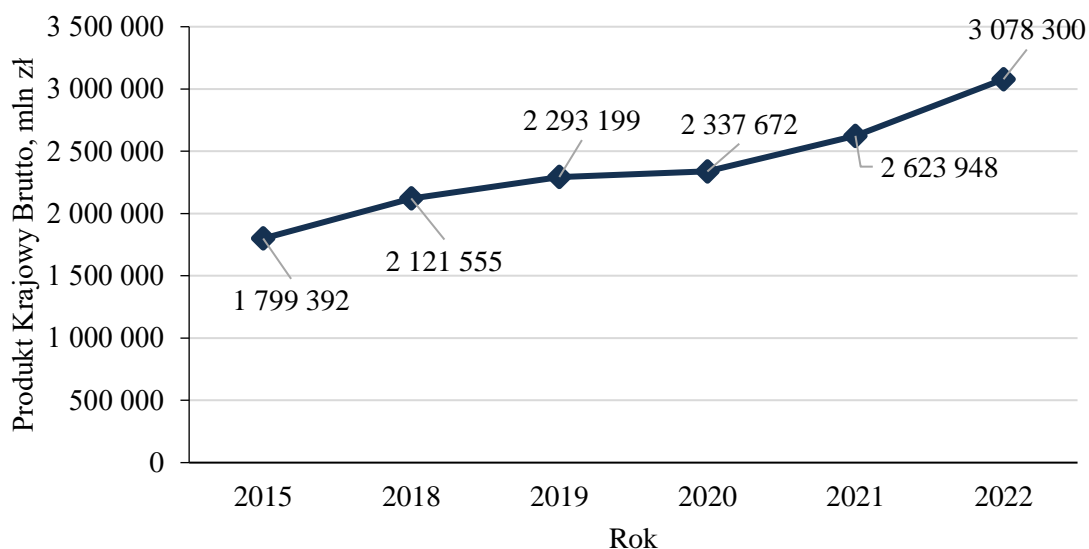
$$PKB = \sum \text{rozchodów na rachunku tworzenia dochodów gospodarki ogółem} \quad (3)$$

Przy tej metodzie uwzględnia się jedynie te dochody, które powstają w związku z wytworzeniem dóbr i usług.

Potencjalnymi czynnikami mogącymi mieć wpływ na zmiany wartości PKB są:

- wydatki konsumpcyjne: wysokie wydatki konsumpcyjne prowadzą do zwiększenia popytu na produkty i usługi, co z kolei może prowadzić do wzrostu wartości PKB;
- inwestycje: inwestycje w infrastrukturę, technologie i inne aktywa przemysłowe, takie jak maszyny i urządzenia, mogą przyczynić się do zwiększenia wartości PKB;
- wydatki rządowe: wydatki rządowe na programy społeczne, takie jak opieka zdrowotna i edukacja, a także na projekty infrastrukturalne, takie jak drogi, mosty i lotniska, mogą przyczynić się do wzrostu wartości PKB;
- eksport i import: eksport zwiększa dochody krajowe, podczas gdy import zmniejsza je. Gdy eksport przewyższa import, wartość PKB wzrasta, podczas gdy w przeciwnym przypadku wartość PKB spada;
- ceny surowców i energii: ceny surowców i energii wpływają na koszty produkcji i mogą wpłynąć na ceny produktów. Jeśli ceny wzrosną, to może to prowadzić do inflacji, co może wpłynąć na wartość PKB;
- polityka monetarna: polityka monetarna prowadzona przez bank centralny może wpłynąć na poziom stóp procentowych i poziom inflacji. Wysokie stopy procentowe mogą zmniejszyć popyt i spowolnić gospodarkę, podczas gdy niskie stopy procentowe mogą zwiększyć popyt i przyczynić się do wzrostu wartości PKB;
- polityka fiskalna: polityka fiskalna rządu, takie jak podatki i wydatki, może również wpłynąć na wartość PKB. Na przykład, zmniejszenie podatków może zachęcić do większych wydatków konsumpcyjnych, podczas gdy zwiększenie podatków może zmniejszyć wydatki konsumpcyjne i inwestycje.

Ich wpływ na wartość PKB może być odmienny w różnych krajach. Rokrocznie, planując budżet państwa, szacuje się wartość produktu krajowego brutto w kolejnym roku. Wzrost PKB jest istotnym celem polityki gospodarczej państwa (Beksiak, 2000). Parametr wielkości PKB w Polsce szacuje Główny Urząd Statystyczny, zestawienie i udział poszczególnych działów gospodarki w latach ukazano w tabeli 4.1, ogółem w latach przedstawia rys. 4.1.



Rys. 4.1. Produkt Krajowy Brutto w Polsce w latach 2015–2022, mln zł

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: GUS (2018, 2023c)

Tabela 4.1. Produkt krajowy brutto w Polsce w latach 2015–2021, mln zł

Dział gospodarki	Rok	PKB
Ogółem	2015	1 799 392
	2018	2 121 555
	2019	2 293 199
	2020	2 337 672
	2021	2 623 948
Rolnictwo, leśnictwo, łowiectwo i rybactwo	2015	41 514
	2018	49 611
	2019	53 127
	2020	60 051
	2021	58 356
Przemysł *górnictwo i wydobywanie	2015	419 646 * 27 956
	2018	463 400 *32 448
	2019	495 931 *32 404

Dział gospodarki	Rok	PKB
	2020	508 938 * 30 682
	2021	573 391 *36 338
Budownictwo	2015	125 025
	2018	142 022
	2019	144 108
	2020	153 753
	2021	157 770
Handel; naprawa pojazdów samochodowych	2015	280 347
	2018	329 932
	2019	355 305
	2020	328 740
	2021	365 941
Transport i gospodarka magazynowa	2015	100 627
	2018	130 518
	2019	141 694
	2020	137 987
	2021	150 526
Zakwaterowanie i gastronomia	2015	18 395
	2018	24 540
	2019	26 585
	2020	23 356
	2021	28 260
Informacja i komunikacja	2015	65 103
	2018	79 216
	2019	86 685
	2020	93 983
	2021	111 635
Działalność finansowa i ubezpieczeniowa	2015	63 088
	2018	77 322
	2019	82 999

Dział gospodarki	Rok	PKB
	2020	86 756
	2021	93 176
Obsługa rynku nieruchomości	2015	84 330
	2018	90 796
	2019	110 649
	2020	118 922
	2021	136 816
Działalność profesjonalna, naukowa i techniczna	2015	92 106
	2018	109 816
	2019	118 986
	2020	123 135
	2021	139 234
Administrowanie i działalność wspierająca	2015	34 748
	2018	48 817
	2019	53 859
	2020	64 970
	2021	69 361
Administracja publiczna i obrona narodowa; obowiązkowe zabezpieczenia społeczne	2015	88 524
	2018	101 614
	2019	110 807
	2020	119 524
	2021	127 555
Edukacja	2015	76 740
	2018	85 085
	2019	92 714
	2020	101 384
	2021	109 046
Opieka zdrowotna i pomoc społeczna	2015	68 103
	2018	82 865
	2019	90 868
	2020	98 552

Dział gospodarki	Rok	PKB
	2021	119 898
Działalność związana z kulturą rozrywką i rekreacją	2015	11 793
	2018	14 259
	2019	14 786
	2020	16 607
	2021	16 976
Pozostała działalność usługowa	2015	22 077
	2018	25 170
	2019	28 329
	2020	22 208
	2021	24 401
Gospodarstwa domowe zatrudniające pracowników oraz wytwarzający produkty na własne potrzeby	2015	194
	2018	2 499
	2019	2 619
	2020	190
	2021	202

Źródło: Opracowanie własne na podstawie GUS (2018, 2023c)

Jak już zostało zaznaczone, PKB jest miernikiem wartości produkcji w danym kraju w ciągu roku. Większość produkcji odbywa się przy użyciu krajowych zasobów, natomiast na rynku krajowym istnieją także firmy z udziałem kapitału zagranicznego. Przykłady takich firm można znaleźć w Polsce, a ich produkcja jest uwzględniana w polskim PKB. Jednak zyski tych firm częściowo przynależą właścicielom zagranicznym i mogą być kierowane do kraju, w którym zamieszkuje właściciel. Podobnie jest również w przypadku, gdy obcokrajowcy pracujący w Polsce przesyłają swoje dochody za granicę, a także polskie firmy inwestujące i działające za granicą oraz Polacy pracujący w innych krajach, którzy mogą przekazywać swoje dochody do Polski. W wyniku tych przepływów i dochodów wartość krajowej produkcji może różnić się od łącznych dochodów uzyskiwanych przez krajowe gospodarstwa domowe. Dla uwzględnienia powyższych sytuacji wprowadza się kategorię Produktu Narodowego Brutto (PNB), która uwzględnia wyżej opisane przepływy dochodów. Ponieważ dochody te związane są głównie z własnością czynników produkcji, nazywa się je dochodami z własności. PNB jest zatem miarą łącznych dochodów obywateli danego kraju, niezależnie od miejsca, gdzie świadczone są usługi przez czynniki produkcji (Milewski i Kwiatkowski, 2018). PNB jest wartością PKB powiększoną o dochody netto ze względu na własność za granicą. Dochody netto oznaczają nadwyżkę przepływu dochodów z tytułu produkcji za granicą nad odpływem dochodów

wynikających z usług cudzoziemców świadczonych przez czynniki produkcji w kraju. Możemy to zapisać w sposób następujący:

$$\begin{aligned} \text{PNB w cenach czynników produkcji} \\ = \text{PKB w cenach czynników produkcji} \\ + \text{dochody netto z tytułu własności za granicą} \end{aligned} \quad (4)$$

Analizując miernik PNB należy pamiętać, że dotyczy on tylko dóbr finalnych, które przeszły przez rynek, do PNB nie wchodzi też transfery rzeczowe i pieniężne (Księżyk, 2000). W PKB i PNB nie bierze się pod uwagę tego, że wyposażenie kapitałowe wykorzystywane w procesie produkcji, to jest maszyny czy urządzenia produkcyjne, zużywają się. Ekonomicznym odzwierciedleniem procesu zużywania się istniejącego zasobu kapitałowego kapitału trwałego jest amortyzacja. Amortyzacja odzwierciedla wartości zużycia się zasobu kapitału w danym okresie. Zarówno PKB, jak i PNB są miarami produkcji włączającymi inwestycje brutto. Miarą produkcji uwzględniającą inwestycje netto jest produkt narodowy netto (PNN) nazywany również dochodem narodowym (DN). Na DN w danym roku składa się wartość wytworzonych w produkcji dóbr i usług materialnych powiększonych o istniejący wcześniej zasób (Jarmołowicz, 2014). Wskaźnik ten jest różnicą między PNB a amortyzacją co możemy zapisać w następujący sposób:

$$\begin{aligned} \text{PNN w cenach czynników produkcji} = \text{Dochód narodowy (DN)} = \\ \text{PNB w cenach czynników produkcji} - \text{Amortyzacja} \end{aligned} \quad (5)$$

Zarówno PKB, jak i DN odnosi się do gospodarki jako całości, wskazują one na wielkość produkcji wytworzonej w danej gospodarce, dlatego też są przydatne przy porównywaniu rozmiarów gospodarek państw. Natomiast do oceny poziomu rozwoju gospodarczego kraju i przeciętnego standardu życiowego ludności należy wykorzystać wartość PKB na jednego mieszkańca kraju tak zwane PKB *per capita*.

#### 4.2. Systemy rachunków narodowych

Aby obliczyć podstawowe wskaźniki ekonomiczne (takie jak PKB, PNB i PNN), stosuje się następujące metody (Księżyk, 2000):

- metoda MPS (*Material Product System*) opiera się na koncepcji produkcji materialnej. Wskaźniki makroekonomiczne obliczane tą metodą uwzględniają tylko efekty produkcji materialnej oraz usług materialnych. Jednak cała sfera usług niematerialnych, takich jak nauka, kultura itp., jest pomijana w miarach dochodu narodowego. Metodę tę stosowano w byłych krajach socjalistycznych,
- metoda SNA (*System of National Accounts*) używana w wielu krajach na świecie, z wyjątkiem Europy Środkowej, do obliczania podstawowych wskaźników makroekonomicznych. Ta metoda opiera się na założeniu, że każda praca społecznie użyteczna przyczynia się do wzrostu dobrobytu społecznego, dlatego jej efekty są uwzględniane w miarach produktu i dochodu narodowego.



Warto zaznaczyć że od 1986 roku GUS systematycznie przedstawia w Rocznikach statystycznych kategorie według SNA.

W gospodarce światowej obowiązują obecnie dwie metody pomiaru efektów działalności gospodarczej:

- zalecana przez ONZ (SNA 93),
- zalecana przez Unię Europejską (ESA 95 zmieniona na ESA 2010).

Standardy, określające rachunki narodowe, zapisane są w *System of National Accounts* (SNA) 1993 (SNA, 2023), dokument ten został uzgodniony i podpisany przez najważniejsze światowe organizacje decydujące o sprawach gospodarczych: ONZ, Międzynarodowy Fundusz Walutowy, OECD, Bank Światowy i Komisję Europejską. Drugim dokumentem jest *European System of Accounts* (ESA) (ESA, 2023), który jest w pełni zgodny z SNA i stanowiący podstawę prawną systemu sprawozdawczości statystycznej obowiązującego w Unii Europejskiej. Polski system rachunków narodowych został oparty na ESA 2010 (GUS, 2014).

## 5. Tablica przepływów międzygałęziowych – metoda obliczeniowa

W rozdziale zaprezentowano metodę przepływów międzygałęziowych Leontiefa, schemat obliczeń w ramach postępowania według metody *input-output*. Zgodnie z definicją Klein (1982) model ekonomiczny jest to schematyczne uproszczenie, pomijające nieistotne aspekty w celu wyjaśnienia wewnętrznego działania, formy lub konstrukcji bardziej skomplikowanego mechanizmu. W nurcie badań poświęconych modelowemu przedstawieniu powiązań gospodarki szczególne miejsce zajmuje analiza *input-output*, nazywana w polskim piśmiennictwie również analizą nakładów i wyników lub analizą przepływów międzygałęziowych. Jak podaje Plich (2002), jest to prawdopodobnie najczęściej wykorzystywana w tym kontekście metoda badawcza. Matematyczny model ekonomiczny jest układem zależności (równań, nierówności, relacji) opisujących procesy gospodarcze (Sarama, 2015). Zależności te wyrażają związki pomiędzy zmiennymi i stanowią postać matematyczną przyjętych założeń ekonomicznych. W literaturze znaleźć można wiele definicji modelu matematycznego, jest on rozumiany jako odwzorowanie sytuacji rzeczywistej poprzez prezentację danego obiektu w mniejszej skali, bądź opisu zjawiska w uproszczony sposób (Gutenbaum, 2003; Awrejcewicz, 2007; Kamiński, 2010). Definicja ta znajduje zastosowanie również przy budowie modeli matematycznych opisujących zjawiska ekonomiczne. Chcąc zbudować model matematyczny, opisujemy zależności (relacje) występujące pomiędzy składowymi modelu (elementami) wyrażone w języku matematycznym (najczęściej jako układ równań i nierówności), w celu określenia przewidywanych zdarzeń bądź rozwiązania problemu.

W związku z powyższym, oraz po przeanalizowaniu literatury przedmiotu (rozdział 2) zdecydowano się na zastosowanie w rozprawie doktorskiej modelu przepływów międzygałęziowych, który jest znaczącym narzędziem planowania gospodarczego, pozwalającym na pokazanie nie tylko skutków finansowych danej zmiany w zakresie polityki, ale także skutków, które wywołują te zmiany w gospodarce.

Model przepływów międzygałęziowych (*input-output*) to model ekonomiczny, który odzwierciedla zależności między sektorami gospodarki, jest najbardziej transparentnym modelem relacji dostawca–nabywca (Lach, 2020). Model ten przedstawia, jak produkcja jednego sektora staje się wejściem do innego sektora i jak zmiany w popycie lub podaży wpływają na całą gospodarkę. Fakt ten daje szerokie możliwości jego zastosowania. Model *input-output* został zaproponowany przez Wassily W. Leontiefa, zainspirowany był twórczością François Quesnaya i Léona Walrasa (Clark, 1984; Schachter, 1991; Ormazabal, 2002; Steenge i Van Den Berg, 2007; Akhbar i Lallement, 2010). Model *input-output* Leontiefa miał pierwotnie na celu zwiększenie funkcjonalności modelu równowagi ogólnej i współzależności Léona Walrasa (Miernyk, 2020). Dlatego też Leontief zdefiniował *input-output* jako adaptację neoklasycznego modelu równowagi (Blaug, 1997). Leontief nie tylko skonceptualizował teorię produkcji opartą na idei współzależności gospodarczej, lecz

również dostarczył jej solidne podstawy empiryczne, rozwiązując problematykę, z którą borykali się badacze przed nim. W 1936 roku opublikował szczegółową tabelę przepływów międzygałęziowych dla amerykańskiej gospodarki (W. Leontief, 1936). Według Dorfmana, Leontief uprościł uogólniony model Walrasa, przekształcając go w empirycznie kwantyfikowalne równania (Dorfman, 1954). Leontief stworzył przełomowy obraz gospodarki Stanów Zjednoczonych, jego praca przyniosła mu światowy rozgłos, gdy w 1973 roku otrzymał Nagrodę Nobla w dziedzinie ekonomii (Dietzenbacher i in., 2004; Siekierski, 2007). Do najważniejszych jego prac należą Leontief, (1936, 1970, 1974a, 1974b) oraz Leontief i Daniel (1972) a także Leontief i Carter (1977).

Model *input-output* Leontiefa (zwany również modelem przepływów międzygałęziowych Leontiefa) to model, który opiera się na macierzy przepływów międzygałęziowych. Opisuje on zależności między różnymi branżami lub regionami gospodarki, a jego celem jest zrozumienie wzajemnych zależności i złożoności gospodarki, a tym samym warunków utrzymania równowagi między podażą a popytem. Istota modelu sprowadza się do założenia, że gospodarka narodowa jest agregatem zasobów i strumieni, które wspólnie tworzą kilka powiązanych ze sobą systemów, a wszystkie są opisane w ramach tabelarycznego podejścia wejścia-wyjścia. Wszystkie przepływy opisują gospodarkę jako całość w której skład wchodzi produkcja, usługi, handel międzynarodowy, gospodarstwa domowe, budżet i banki. Model ten opiera się na założeniu, że każdy sektor gospodarki zależy od innych sektorów, zarówno w zakresie wykorzystywanych surowców, jak i sprzedawanych produktów. Dlatego też model Leontiefa zakłada, że zmiany w jednym sektorze będą wpływać na inne sektory i na całą gospodarkę (Kiuila, 2001).

Ponieważ model Leontiefa bazuje na analizie macierzy *input-output*, która przedstawia wartość produkcji każdego sektora w stosunku do wartości produkcji innych sektorów można wyznaczyć tak zwaną wielokrotność zmiany (mnożnik), czyli w jakim stopniu wzrost produkcji w jednym sektorze wpłynie na produkcję pozostałych sektorów. Związane jest to z tym, że metoda przepływów międzygałęziowych Leontiefa odnosi się do gospodarki narodowej jako do całości (Kopeć i in., 2022).

Model ten znajduje szerokie zastosowanie w różnych dziedzinach gospodarczych, takich jak planowanie gospodarcze, analiza rozwoju regionalnego czy ocena wpływu zmian klimatu na gospodarkę. Istnieje również wiele modeli *input-output*, które integrują tematykę ekonomii z ekologią (Plich, 2002). W literaturze przedmiotu informacje dotyczące modelowania *input-output* możemy znaleźć w publikacji (Miller i Blair, 2009). W kontekście złożoności procesów zachodzących w gospodarce narodowej oraz ich wzajemnych zależności, istnieje potrzeba wykorzystania w makroekonomicznych ocenach wielu teorii i modeli. Jednym z podejść jest możliwość wykorzystania bilansów pieniężnych przepływów międzygałęziowych. Tworząc analizę strumieni przepływów wyrażających wartość transakcji pomiędzy dostawcami i odbiorcami (*input-output*) model przepływów międzygałęziowych Leontiefa konkretyzuje idee funkcjonowania gospodarki (mechanizmu rynkowego

i budżetowego), jego wewnętrzne powiązania, struktury i zależności oraz efekty decydujące o procesach reprodukcji (Tomaszewicz, 1994). Fakt ten jest tym bardziej uzasadniony, że istnieją interesujące przesłanki dalszego rozwoju podejścia *input-output* w analizach ekonomicznych (Boratyński i in., 2015). Korzystając z założeń teorii równowagi ogólnej, umożliwia badanie procesu powstawania i rozdziału wyników makroekonomicznych oraz wpływu globalnych procesów na gospodarkę poprzez handel zagraniczny. Model ma zdolność do wnioskowania dedukcyjnego, co sprawia, że można go szeroko wykorzystać, również w ramach programów nauczania w dziedzinie ekonomii. Ponadto, możliwość adaptacji modelu w różnych aspektach gospodarki pozwala na badanie wzajemnych zależności między gospodarkami różnych krajów, włączając w to analizę skutków zmian aktywności gospodarczej (Bess i Ambargis, 2011). Powyższe potwierdza również analiza charakterystycznych cech systemów gospodarczych, które są niezależne od sposobu regulacji produkcji i jej dystrybucji (Stankiewicz, 2007). Możliwość wykorzystania modelu przepływów międzygałęziowych w zakresie oceny gospodarki potwierdza i szeroko opisuje w swoich pracach Czyżewski i Grzelak (2012, 2014, 2018).

W związku z powyższym i po przeanalizowaniu literatury z zakresu przepływów międzygałęziowych i możliwości jego wykorzystania w aspekcie analizy gospodarki kraju stwierdzono, że zastosowanie metody w ramach rozprawy będzie najkorzystniejszym wyborem. Ponadto model *input-output* jest elastycznym instrumentem, umożliwiającym ocenę funkcjonowania gospodarek w różnych systemach. Dotychczas został przeprowadzony szereg badań oraz prac dotyczących zarówno oceny przydatności metody Leontiefa, jak i jej wykorzystania. Stosowano również metodę *input-output* do oceny gospodarek narodowych, jednakże elementem nowości w realizowanej rozprawie doktorskiej jest podejście dotyczące analizy sektora górnictwa w Polsce z wykorzystaniem tablic przepływów międzygałęziowych prezentowanych przez Główny Urząd Statystyczny, rozbudowanie niniejszych tablic, uwzględnienie substytucji surowca węglowego w gospodarce, zwrócenie uwagi na konieczność migracji osób zatrudnionych w branży górniczej, a następnie obliczenie wartości PKB dla gospodarki dla przygotowanych scenariuszy.

Jak wskazano powyżej, istnieje wiele przesłanek, że metoda ta jest narzędziem opisującym w niezwykle dokładnym stopniu procesy gospodarcze danego kraju, ponadto jest metodą uniwersalną, dzięki której można porównać gospodarkę Polski z innymi gospodarkami w Europie i na świecie.

Model *input-output* Leontiefa opiera się na macierzach zależności między sektorami gospodarki. Macierze te przedstawiają tablice nakładów i wyników produkcji dla każdego sektora gospodarki, a schemat takiej tablicy ukazano poniżej (tabela 5.1).

Tabela 5.1. Schemat tablicy przepływów międzygałęziowych

Kierunki wykorzystania			Miejsce przeznaczenia										Produkt globalny
			zużycie pośrednie					zużycie końcowe					
			sektory					kategorie					
			1	2	...	n	spożycie indywidualne	wydatki rządowe	inwestycje	eksport	zmiany zapasów		
Produkty			1	$x_{1,1}$	$x_{1,2}$	...	$x_{1,n}$	$C_1$	$G_1$	$J_1$	$E_1$	$R_1$	$X_1$
Miejsce pochodzenia	czynniki wtórne	sektory	1	$x_{1,1}$	$x_{1,2}$	...	$x_{1,n}$	$C_1$	$G_1$	$J_1$	$E_1$	$R_1$	$X_1$
			2	$x_{2,1}$	$x_{2,2}$	...	$x_{2,n}$	$C_2$	$G_2$	$J_2$	$E_2$	$R_2$	$X_2$
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
			n	$x_{n,1}$	$x_{n,2}$	...	$x_{n,n}$	$C_n$	$G_n$	$J_n$	$E_n$	$R_n$	$X_n$
czynniki pierwotne	wartość dodana	podatki pośrednie	$T_1$	$T_2$	...	$T_n$							
		wynagrodzenia	$W_1$	$W_2$	...	$W_n$							
		zyski	$Z_1$	$Z_2$	...	$Z_n$							
Produkt globalny			$X_1$	$X_2$	...	$X_n$							

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Plich, 2002)

W tablicy przepływów międzygałęziowych wyodrębnia się trzy części (czasem cztery – część IV poświęcona jest podziałowi dochodu narodowego brutto) (Thlon, 2019):

- część I – macierz zużycia pośredniego (*MZP*), zwana również macierzą transakcji, w (skład której wchodzi wzajemne transakcje między sektorami. W wierszach przedstawiony został strumień popytu pośredniego. Są to zakupy produktów (usług), które służą dalszemu przetworzeniu. z kolei kolumny interpretujemy jako strukturę kosztów bezosobowych poszczególnych sektorów;
- część II – macierz popytu końcowego według składników (*MPK*) (w skład której wchodzi: spożycie w sektorze gospodarstw domowych, w sektorze instytucji niekomercyjnych działających na rzecz gospodarstw domowych oraz w sektorze instytucji rządowych i samorządowych, nakłady brutto na środki trwałe, przyrost rzeczowych środków obrotowych oraz aktywów o wyjątkowej wartości, eksport);
- część III – macierz wartości dodanej brutto (*MWD*) (w skład której wchodzi: koszty związane z zatrudnieniem, pozostałe podatki pomniejszone o dotacje związane z produkcją, amortyzacja, nadwyżka operacyjna netto/dochód mieszany netto, nadwyżka operacyjna brutto/dochód mieszany brutto).

W tabeli przepływów międzygałęziowych dla danego roku, dla każdego sektora/gałęzi gospodarki ( $i = 1, \dots, n$ ) wyróżnia się produkcję  $X_i$ , która jest dzielona na zużycie pośrednie w gałęziach  $x_{i,j}$  oraz na zużycie końcowe  $Y_i$  przez gospodarstwa domowe, sektor rządowy oraz akumulację i eksport. W związku z powyższym produkcję globalną dla  $i$ -tej gałęzi (sektora) gospodarki zgodnie z tabelą 5.1 obliczamy w następujący sposób (Czechowski, 1958; Kudrycka i Górska, 1983; Tomaszewicz, 1994; Mućk, 2016):

$$X_i = x_{i,1} + x_{i,2} + \dots + x_{i,j} + \dots + x_{i,n} + Y_i \text{ dla } i, j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

gdzie:

$i$  – produkt/dostawca produktu/gałęź gospodarki z której produkt pochodzi,

$j$  – odbiorca produktu/gałęź gospodarki do której produkt trafia,

$X_i$  – produkcja globalna gałęzi  $i$ ,

$x_{i,j}$  – zużycie pośrednie produktów gałęzi  $i$  przez gałąź  $j$ , popyt pośredni,

$Y_i$  – zużycie końcowe produktów gałęzi  $i$ , popyt końcowy.

Podstawowym założeniem w analizie *input-output* jest to, że przepływ produktów z gałęzi  $i$  do gałęzi  $j$  zależy wyłącznie od poziomu produkcji globalnej gałęzi  $j$ . W praktyce oznacza to, że im większa jest produkcja w gałęzi, tym większe są zapotrzebowania na surowce. Analizując konkretną sytuację, jesteśmy w stanie ustalić, w jakiej proporcji powiązane są nakłady i wartość globalna. Współczynnik  $a_{i,j}$ , który opisuje udział nakładów i wartości produkcji globalnej w danej gałęzi  $j$ , nazywany jest współczynnikiem technicznym lub współczynnikiem nakładów bezpośrednich, współczynnikiem produktywności lub też współczynnikiem *input-output*. Warto zaznaczyć, że produkcja i przepływy produktów są wyrażane w jednostkach pieniężnych, a współczynnik  $a_{i,j}$  jest interpretowany jako wartość nakładów wymaganych do produkcji w gałęzi  $j$ . Wartości współczynników  $a_{i,j}$ , charakteryzujące udział nakładu gałęzi  $i$  w wartości (produkcji) globalnej gałęzi  $j$ , wyznaczane są za pomocą wzoru:

$$a_{i,j} = \frac{x_{i,j}}{X_j} \quad (7)$$

Stąd równanie:

$$X_j = \sum_{i=1}^n x_{i,j} + Y \quad (8)$$



relacji i pozwala na rozważanie wpływu zmian w produkcji jednego sektora na całą gospodarkę. W praktyce może być używana do obliczeń analizy wpływu popytu końcowego na produkcję gospodarczą. Interpretacja elementów macierzy odwrotnej do macierzy Leontiefa  $L^{-1}$  – macierz ta opisuje jaki przyrost produkcji globalnej w gałęzi  $i$  spowoduje wzrost produktu końcowego w gałęzi  $j$  o jednostkę.

Model *input-output* Leontiefa jest narzędziem służącym do krótkookresowego prognozowania przyszłej wartości wektora produktu końcowego lub globalnego pod warunkiem, że zasadne jest założenie niezmienniej technologii produkcji, czyli stałe w czasie wartości elementów macierzy  $a$  (Thlon, 2019).

Jeżeli w oparciu o model  $(I - A) * X = Y$  wyznaczany jest wektor produktu końcowego dla zadanego przyszłego wektora produktu globalnego, mówimy o prognozie pierwszego rodzaju. Gdy ustalony jest pożądany przyszły wektor produktu końcowego, wówczas na podstawie  $(I - A)^{-1} * Y = X$  wyznaczany jest wektor produktu globalnego, który umożliwi osiągnięcie produktu końcowego na oczekiwanym poziomie, prognozę taką określamy jako prognozę II rodzaju. Ostatnim rodzajem prognozy wyznaczonej na podstawie modelu Leontiefa jest prognoza mieszana, która polega na prognozowaniu wybranych elementów wektora produktu globalnego i końcowego jeśli ustalone są pozostałe elementy obu wektorów. Podsumowując w modelu Leontiefa stosowane są następujące prognozy:

- prognozy I rodzaju: znane  $X$  (lub  $\Delta X$ ) i nieznane  $Y$  (lub  $\Delta Y$ ):

$$L * X = Y \quad (13)$$

- prognozy II rodzaju: znane  $Y$  (lub  $\Delta Y$ ) i nieznane  $X$  (lub  $\Delta X$ ):

$$L^{-1} * Y = X \quad (14)$$

Występują również prognozy mieszane. Jak wynika z przeglądu literatury (rozdział 2) w większości dotychczasowych badań istota zastosowań modelu *input-output* w analizach makroekonomicznych polegała na badaniu wpływu zmian w elementach popytu finalnego, traktowanych jako egzogeniczne w modelu. Kluczowe znaczenie w tej analizie mają elementy macierzy  $(I - A)^{-1}$ . Bazując na elementach macierzy konstruowane są pewne miary znane pod nazwą mnożników *input-output*, które w syntetyczny sposób pozwalają ustalić wpływ egzogenicznych zmian w popycie finalnym na produkcję danej gałęzi, a poprzez nią na zmiany na przykład we wzroście wydatków konsumpcyjnych, w związku ze wzrostem produkcji, w zatrudnieniu czy potrzebach importowych.

W przypadku budowy tablicy przepływów międzygałęziowych, oprócz założenia gałęziowej struktury układu gospodarczego, uwzględniamy dodatkowo, że (Kacprzak, 2017):

- układ jest zamknięty, czyli dla każdej gałęzi środkami produkcji są produkty wytworzone w tym układzie,



- układ jest statyczny, czyli nakłady na produkcję w danym okresie są produktami wytworzonymi w tym samym okresie,
- produkcja jest niesubstytucyjna czyli produktów danej gałęzi nie można zastąpić produktami innych gałęzi.

Wartość wytworzonej produkcji dóbr i usług w ciągu roku w przedsiębiorstwie nazywamy produkcją globalną danej gałęzi. Można ją podzielić na dwie części: część przeznaczoną na cele produkcyjne układu – tak zwane przepływy między przedsiębiorstwami oraz pozostałą część, czyli produkcję końcową, finalną. Produkcja globalna jest sumą wartości przeniesionej (nabyte z zewnątrz i zużyte w produkcji surowca materiały półprodukty oraz paliwo i energię) oraz wartości dodanej (sumy nowo wytworzonej wartości w przedsiębiorstwie do której włącza się amortyzację). Produkcja globalna wszystkich podmiotów w gałęzi gospodarki narodowej tworzy produkt globalny działu, natomiast zsumowanie produkcji globalnych stanowi produkt globalny gospodarki narodowej. Produkcja globalna jest podstawą do obliczenia produkcji finalnej i wartości dodanej. Wartość dodaną w każdym dziale obliczamy odejmując od produkcji globalnej sumę poniesionych nakładów materiałowych pochodzących z różnych działów gospodarki narodowej. Proces tworzenia wartości dodanej w każdym dziale nie pokrywa się z procesem tworzenia produkcji finalnej chociaż w całej gospodarce narodowej suma wartości dodanej równa się sumie wytworzonej wartości finalnej. Sumując wartości produktu globalnego wszystkich gałęzi wyrażone równaniami podziału a następnie wyrażone równaniami kosztów. Porównując obie sumy otrzymujemy równanie równowagi ogólnej.

Za pomocą modeli ilościowych *input-output* można sformułować stwierdzenia dotyczące bezpośrednich i pośrednich efektów opartych na egzogenicznych zmianach popytu. Należy je jednak interpretować na tle ich ograniczeń i założeń, takich jak niezależność czasowa i nieuwzględnienie sprzężeń zwrotnych (efekty dochodowe i cenowe). Pomimo, że od czasu sformułowania modelu *input-output* Leontiefa minęło kilkadziesiąt lat, wciąż pojawiają się jego modyfikacje, a możliwość zastosowania i interpretacja mnożników *input-output* nadal jest przedmiotem debaty (Lach i in., 2021).

Metoda *input-output* to narzędzie analityczne, które pozwala na szacowanie wielkości gospodarczych i określenie zależności między różnymi sektorami gospodarki. Metoda ta może być uznana za jedną z najlepszych metod oszacowania wartości PKB Polski ponieważ cechuje ją (Boratyński, 2006; Boratyński i in., 2010; Boratyński i in., 2015):

- wysoka dokładność: metoda *input-output* pozwala na bardzo precyzyjne oszacowanie wartości PKB, ponieważ uwzględnia wszystkie transakcje między różnymi sektorami gospodarki;
- uwzględnienie zależności między sektorami gospodarki: modelowanie Leontiefa pozwala na dokładne zidentyfikowanie, które sektory gospodarki są najbardziej zależne od innych i które odgrywają kluczową rolę w tworzeniu wartości dodanej;

- analiza wpływu na gospodarkę: metoda *input-output* pozwala również na analizę wpływu różnych czynników na gospodarkę, takich jak zmiany w handlu zagranicznym, inwestycjach, zmianach technologicznych czy zmianach polityki rządu;
- wszechstronność: modelowanie Leontiefa może być stosowane do różnych rodzajów gospodarek, od małych do dużych, od rozwijających się do rozwiniętych.

Modele *input-output* możemy podzielić na dwa główne rodzaje: statyczne modele i dynamiczne.

Styczne modele *input-output* zakładają, że nie występują opóźnienia ani efekty dynamiczne między danymi wejściowymi, a danymi wyjściowymi. Oznacza to, że wyniki zależą tylko od bieżących wartości wejść, bez uwzględniania przeszłych ani przyszłych zmian.

W przeciwieństwie do statycznego modelu ilościowego *input-output*, statyczny model cenowy *input-output* jest w stanie uchwycić wpływ czynników produkcji, takich jak płace, na sektorowe ceny produkcji. W literaturze przedmiotu najczęściej stosuje się statyczną wersję modelu Leontiefa.

W zależności od konkretnego kontekstu stosuje się różne rodzaje modeli *input-output*. Wybór między statycznym a dynamicznym modelem zależy od tego, czy istnieją opóźnienia i zmiany w czasie, które mają istotny wpływ na wynik lub zachowanie systemu. Modele dynamiczne są bardziej skomplikowane i wymagają uwzględnienia czasu w analizie, podczas gdy modele statyczne zakładają brak efektów dynamicznych. Mnogość możliwości wykorzystania modelu dynamicznego przedstawia w swoich pracach Gurgul i Lach (2016, 2018a).

Poniżej przedstawiono alternatywne metody oceny wpływu rozwoju sektora gospodarki na PKB i porównano je z metodą *input-output*:

1. Analiza makroekonomiczna (Hadasik, 2020; Makroekonomiczna analiza, 2024).

Klasyczne modele makroekonomiczne, takie jak model IS-LM czy model AD-AS, skupiają się na analizie równowagi ogólnogospodarczej, wpływie polityki fiskalnej i monetarnej na poziom produkcji oraz na zatrudnienie i inflację. Te modele mogą dostarczać informacji o ogólnych trendach gospodarczych, ale nie są tak szczegółowe jak metoda *input-output* w odniesieniu do rozumienia specyficznych relacji międzysektorowych i ich wpływu na PKB.

2. Modelowanie ekonometryczne (Gęstwicki i Westa, 2017; Krajewski, 2009).

Techniki ekonometryczne, takie jak regresja wieloraka, są często wykorzystywane do oceny wpływu poszczególnych czynników (w tym rozwoju sektorów gospodarczych) na PKB. Ekonometria pozwala na identyfikację i kwantyfikację bezpośrednich związków przyczynowo-skutkowych, jednak może nie uwzględniać pełnej złożoności

wzajemnych powiązań między różnymi sektorami gospodarki, co jest mocną stroną metody *input-output*.

3. Analiza skutków wielokrotnych (*multiplier analysis*) (Kisielińska i in., 2021).

Ta metoda skupia się na oszacowaniu, jak zmiany w jednym sektorze (na przykład zwiększone wydatki rządowe na infrastrukturę) mogą być potęgowane przez gospodarkę, wpływając na produkcję, dochody i zatrudnienie w innych sektorach. Chociaż analiza mnożnikowa uwzględnia pewien poziom interakcji międzysektorowych, nie dostarcza tak szczegółowego obrazu zależności między sektorami, jak metoda *input-output*.

4. Analiza trendów i prognozowanie (Łupiński, 2013).

Tradycyjne metody statystyczne i ekonometryczne stosowane do analizowania historycznych danych i prognozowania przyszłych trendów. Mogą one uwzględniać modele regresji, analizę szeregów czasowych i inne techniki statystyczne. Chociaż te metody są niezwykle przydatne w przewidywaniu przyszłego wzrostu PKB i ocenie ogólnych trendów gospodarczych, mogą nie oferować tak szczegółowego wglądu w strukturę gospodarki i interakcje międzysektorowe jak metoda *input-output*.

5. Modelowanie równowagi ogólnej (CGE – *Computable General Equilibrium*) (Kiuila, 2001).

Modele CGE są bardziej złożone i obejmują szereg równań reprezentujących całą gospodarkę lub jej duże sektory. Te modele starają się symulować, jak gospodarka reaguje na różne zmiany polityczne, technologiczne czy w popycie. Modele CGE są bardziej elastyczne niż metoda *input-output* i mogą uwzględniać zmienne ceny, jednak ich skomplikowanie i wymóg na dane mogą stanowić bariery w ich stosowaniu.

6. Modelowanie bazujące na agentach (ABM – *Agent-Based Modeling*) (Dzieszko i in., 2013).

Jest to podejście, w którym gospodarka jest modelowana jako system złożony z interaktywnych agentów (np. gospodarstw domowych, firm, instytucji), którzy podejmują decyzje na podstawie zestawu reguł. ABM pozwala na badanie emergentnych zachowań w gospodarce, które wynikają z interakcji na poziomie mikro, ale mają makroekonomiczne konsekwencje. Ta metoda oferuje unikalny wgląd w procesy ekonomiczne, ale również wymaga zaawansowanych modeli i dużych zbiorów danych.

7. Dynamiczne modele stochastyczne równowagi ogólnej (DSGE) (DSGE, 2024).

To zaawansowane narzędzie analizy makroekonomicznej, które łączy teorię równowagi ogólnej z mechanizmami dostosowawczymi rynku i stochastycznymi szokami. Modele DSGE są często wykorzystywane przez banki centralne i instytucje finansowe do

prognozowania i analizy polityki gospodarczej. Ich złożoność pozwala na uwzględnienie wielu czynników wpływających na gospodarkę, ale wysoki stopień skomplikowania i konieczność dokładnego modelowania oczekiwań agentów gospodarczych mogą ograniczać ich praktyczne zastosowanie w porównaniu z bardziej bezpośrednim i intuicyjnym podejściem metody *input-output*.

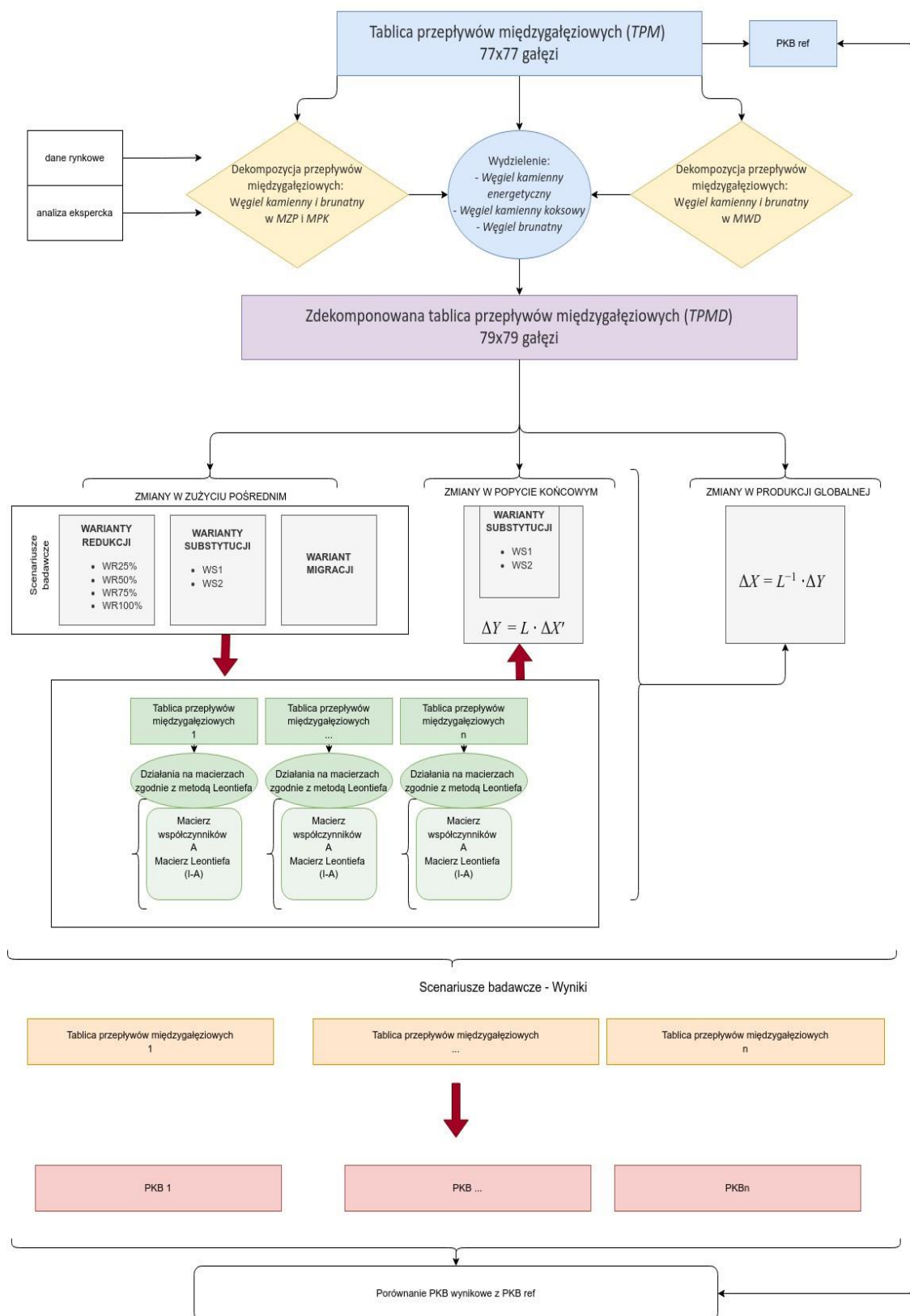
Porównując wyżej wymienione metody z metodą *input-output*, można zauważyć, że choć każda z nich ma swoje unikalne zalety i możliwości zastosowania, metoda *input-output* wyróżnia się zdolnością do szczegółowego przedstawienia wzajemnych powiązań między różnymi sektorami gospodarki. Dzięki temu pozwala na głębokie zrozumienie, jak zmiany w jednym sektorze wpływają na całą strukturę ekonomiczną i PKB. W zależności od celu analizy i dostępnych danych, różne metody mogą być wykorzystywane samodzielnie lub w połączeniu, aby uzyskać pełniejszy obraz wpływu rozwoju sektora na gospodarkę.

## 6. Wpływ górnictwa węglowego na kształtowanie się PKB z wykorzystaniem przepływów międzygałęziowych

Celem rozdziału jest przedstawienie metody obliczania wpływu górnictwa węglowego na kształtowanie się PKB z wykorzystaniem przepływów międzygałęziowych. Opisując badany system z pominięciem mniej istotnych jego elementów, tworzymy model – nowy system, uproszczony, a przez to łatwiejszy (Gajda, 2001, 2017). Proces modelowania jest operacją złożoną i wiąże się z koniecznością doboru odpowiedniej metodyki w celu eliminacji błędów mogących pojawić się na każdym z etapów (Kryzia, 2010; Kryzia i Kaliski, 2012; Kryzia, 2015). W pracy przyjęto metodykę modelowania matematycznego wykorzystywaną w ekonomii (Trzaskalik, 2004).

Schemat (rys. 6.1) przedstawia wypracowane w ramach rozprawy doktorskiej, na podstawie analizy literatury i doświadczeń, kolejne etapy postępowania w proponowanej metodzie. Szczegóły opisano w ramach podrozdziałów 6.1– 6.4.

W rozprawie bazową tablicą przepływów międzygałęziowych jest tablica przygotowana przez GUS w ramach publikacji *Bilans przepływów międzygałęziowych* (GUS, 2019), zwana w dalszej części pracy jako tablica przepływów międzygałęziowych – *TPM*, na jej podstawie przeprowadzono dekompozycję gałęzi węglowej, wynikiem czego jest uzyskanie Zdekomponowanej tablicy przepływów międzygałęziowych (*TPMD*, parametry z tej tablicy w dalszej części pracy są oznaczane cyfrą 1, na przykład  $x_{1,i,j}$ ). W ramach obliczeń związanych z redukcją wydobycia węgla kamiennego energetycznego i jego substytucją zbudowane są pośrednie zdekomponowane tablice przepływów międzygałęziowych (wartości z tych tablic w dalszej części pracy są oznaczane cyfrą 2, na przykład  $x_{2,i,j}$ ). Liczba pośrednich zdekomponowanych tablic przepływów międzygałęziowych zależy od iloczynu Wariantów Redukcji i substytucji. Po tym kroku uzyskujemy wynikowe zdekomponowane tablice przepływów międzygałęziowych (wartości z tych tablic w dalszej części pracy są oznaczane cyfrą 3, na przykład  $x_{3,i,j}$ ), które oprócz Wariantów Redukcji i Substytucji uwzględniają również Wariant Migracji. Etapy postępowania szczegółowo opisano w poniższych podrozdziałach.



Rys. 6.1. Uproszczony schemat postępowania w obliczeniach wpływu górnictwa węglowego na kształtowanie się PKB z wykorzystaniem przepływów międzygałęziowych

Źródło: Opracowanie własne

## 6.1. Struktura tabeli przepływów międzygałęziowych GUS – obliczenie wartości PKB

Celem podrozdziału jest przybliżenie budowy tablic przepływów międzygałęziowych obejmujących studium przypadku Polski.

Istnieje wiele baz danych modeli przepływów międzygałęziowych, które są używane do analizy gospodarek różnych krajów. Między innymi zaliczamy do nich (OECD, 2023; WIOD, 2023):

- Organizacja Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (OECD) – posiada bazę danych *Inter-Country Input-Output*, która zawiera informacje o międzygałęziowych przepływach handlowych i produkcji między krajami,
- *World Input-Output Database* (WIOD) – jest to globalna baza danych *input-output*, która zawiera szczegółowe informacje o przepływach międzygałęziowych i relacjach między sektorami gospodarki na całym świecie. WIOD gromadzi dane z różnych krajów i regionów, umożliwiając analizy ekonomiczne na poziomie międzynarodowym.

Bazy danych *input-output* różnią się zakresem geograficznym, szczegółowością sektorową oraz dostępnymi informacjami. Wybór konkretnego źródła zależy od potrzeb badawczych i specyfiki analizowanej gospodarki. Omawiane wcześniej bazy danych zawierają również informacje dotyczące polskiej gospodarki; jednakże szczegółowe tablice przepływów międzygałęziowych dla gospodarki Polski przygotowuje Główny Urząd Statystyczny (GUS). W rozprawie doktorskiej posłużono się tabelą przygotowaną przez GUS, ponieważ dane są pozyskiwane bezpośrednio przez krajowy urząd statystyczny. Taki sposób pozyskiwania informacji potencjalnie zapewnia większą dokładność i aktualność danych dotyczących kraju, stanowiąc tym samym fundament analizy prowadzonej w rozprawie. Istotnym jest również, że dane zawarte w narodowych raportach mogą uwzględniać specyficzne dla kraju kwestie, które mogą być istotne w analizie badanego obszaru.

Model przepływów międzygałęziowych jest skonstruowany na podstawie danych dla określonego obszaru gospodarki – kraju, regionu. Jeżeli obszarem gospodarczym analizowanym w rozprawie jest kraj, to działalność gospodarcza musi być podzielona na szereg segmentów lub sektorów produkcyjnych. Niezbędnymi danymi są przepływy produktów z każdego z sektorów – gałęzi produkcyjnych (producent/sprzedawca) do każdego z sektorów (nabywca/kupujący); te przepływy międzygałęziowe lub transakcje (lub przepływy między sektorowe – przemysł i sektor są często używane zamiennie w analizie przepływów międzygałęziowych – są mierzone dla określonego okresu – w przypadku tablic przygotowywanych przez GUS jest to konkretny rok), a przepływy wyrażone są w wartościach pieniężnych.

Tablice przepływów międzygałęziowych przygotowywane przez GUS uwzględniają podział branż według polskiej klasyfikacji działalności, która została ustanowiona Rozporządzeniem Rady Ministrów w sprawie Polskiej Klasyfikacji Działalności (PKD).

Można ją określić jako podział i pogrupowanie rodzajów działalności gospodarczej, które wykonują podmioty działające na rynku (Rada Ministrów RP, 2007).

Obliczenia empiryczne, które zostały przeprowadzone na potrzeby niniejszej rozprawy, opierały się na założeniu, że strukturę powiązań międzygałęziowych w polskiej gospodarce opisuje dokument *Bilans przepływów międzygałęziowych w bieżących cenach bazowych w 2015 roku*, który został opublikowany w 2019 roku (GUS, 2019).

Publikacja *Bilans przepływów międzygałęziowych* (GUS, 2019) zawiera:

- ogólne założenia bilansów przepływów międzygałęziowych,
- bilans przepływów międzygałęziowych w bieżących cenach bazowych w układzie 77 x 77 działów zawierających produkcję krajową i import,
- bilans przepływów międzygałęziowych w bieżących cenach bazowych dla produkcji krajowej w układzie 77 x 77 działów (Załącznik nr 1),
- macierz wykorzystania wyrobów i usług pochodzących z importu w układzie 77 x 77 działów,
- macierze współczynników bezpośredniej i pełnej produktochłonności,
- macierze współczynników bezpośredniej i pełnej importochłonności.

Tablice w prezentowanej publikacji zostały opracowane zgodnie z Europejskim Systemem Rachunków Narodowych i Regionalnych w Unii Europejskiej wprowadzonym rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 549/2013 z dnia 21 maja 2013 roku.

W bilansach przepływów międzygałęziowych w 2015 roku wyszczególnione są następujące kategorie kosztowe:

- produkcja globalna,
- zużycie pośrednie,
- import CIF (*Cost, Insurance, Freight* (Koszt, Ubezpieczenie, Fracht). Jest to termin używany w handlu międzynarodowym do określenia warunków umowy sprzedaży, gdzie sprzedawca ponosi koszty towaru, ubezpieczenia i frachtu do określonego miejsca docelowego) (CIF, 2023),
- podatki od produktów,
- dotacje do produktów,
- spożycie w sektorze gospodarstw domowych,
- spożycie w sektorze instytucji niekomercyjnych działających na rzecz gospodarstw domowych,
- spożycie w sektorze instytucji rządowych i samorządowych,
- nakłady brutto na środki trwałe,
- przyrost rzeczowych środków obrotowych,



- przyrost aktywów o wyjątkowej wartości,
- eksport FOB (*Free On Board*) oznacza, że sprzedawca dostarcza towary na pokładzie statku wyznaczonego przez kupującego w wskazanym porcie wysyłki lub nabywa już dostarczone towary. Ryzyko utraty lub uszkodzenia towaru przechodzi, gdy towar znajduje się na pokładzie statku, a kupujący ponosi wszystkie koszty od tego momentu (FOB, 2020).

Dane dotyczące przepływów produktów i usług między sektorami w bilansie przepływów międzygałęziowych podano w cenach bazowych, czyli cenach wyjściowych.

Aby obliczyć PKB na podstawie tabeli przepływów międzygałęziowych GUS, należy obliczyć PKB jako różnicę między produkcją globalną, a zużyciem pośrednim powiększoną o podatki od produktów i pomniejszoną o dotacje do produktów. W związku z powyższym obliczamy wartość PKB na podstawie równania:

$$PKB = PRODUKCJA GLOBALNA - ZUŻYCIE POŚREDNIE + PODATKI OD PRODUKTÓW POMNIEJSZONE \quad (15)$$

#### O DOTACJE DO PRODUKTÓW

Na bazie przeglądu literatury (rozdział 2) oraz analizy potencjalnych zastosowań modelu *input-output* (rozdział 5), należy zauważyć, iż model może stanowić przydatne narzędzie do zgłębiania problematyki związanej z rolą górnictwa węgla kamiennego w kontekście gospodarki narodowej. Jego wartość wynika z uwzględnienia wzajemnych zależności między wszystkimi sektorami gospodarki oraz ich konsumpcji, włączając w to zużycie surowca węglowego, używanego w procesach produkcyjnych różnych branż. Dotychczas polskie górnictwo węglowe, zwłaszcza węgla kamiennego, nie było przedmiotem szczegółowych analiz przeprowadzanych za pomocą modelowania *input-output*. Końcowe produkty są dostarczane do sektorów konsumujących jako towary pośrednie, a popyt na wydobycie determinowany jest przez poziomy ich produkcji. W ten sposób podaż węgla kamiennego wywiera zarówno bezpośredni, jak i pośredni wpływ na ich aktywność produkcyjną. Konsekwencje niedoborów w krajowym wydobyciu węgla kamiennego są szczególnie istotne, gdyż przemysł górniczy ma znaczący wpływ na inne branże, które wykorzystują górnicze produkty jako surowce pośrednie do własnej działalności produkcyjnej.

## 6.2. Dekompozycja przepływów w tablicy przepływów międzygałęziowych

W ramach tego podrozdziału dokonano dekompozycji przepływów w tablicy przepływów międzygałęziowych. Do obliczeń w tej części przyjęto parametry podstawowe bazując na dokumentach krajowych (tabela 6.1) oraz danych dotyczących kopalń węgla w Polsce (IGSMiE PAN, 2016).

Tabela 6.1. Parametry referencyjne przyjęte do obliczeń *TPMD*, 2015 rok

Parametr	Symbol	Wartość	Jednostka
Cena węgla kamienny	$C_{wk}$	258	zł/Mg
Cena węgla brunatny	$C_{wb}$	58,8	zł/Mg
Liczba osób zatrudnionych w gałęzi <i>Węgiel kamienny</i>	$Z_{wk}$	93 800	liczba osób
Liczba osób zatrudnionych w gałęzi <i>Węgiel kamienny energetyczny</i>	$Z_{wke}$	69 800	liczba osób
Liczba osób zatrudnionych w gałęzi <i>Węgiel kamienny koksowy</i>	$Z_{wkk}$	24 000	liczba osób
Liczba osób zatrudnionych w gałęzi <i>Węgiel brunatny</i>	$Z_{wb}$	9 074	liczba osób
Wysokość obciążenia płatnościami publicznoprawnymi wydobycia węgla kamiennego	$WO_{wk}$	89,9	zł/Mg
Wysokość obciążenia płatnościami publicznoprawnymi wydobycia węgla brunatnego	$WO_{wb}$	16,3	zł/Mg
Wydobycie węgla kamienny	$W_{wk}$	72 033	tys. Mg
Wydobycie węgla kamienny energetyczny	$W_{wke}$	59 049	tys. Mg
Wydobycie węgla kamienny koksowy	$W_{wkk}$	12 984	tys. Mg
Wydobycie węgla brunatny	$W_{wb}$	63 100	tys. Mg
Stosunek przychodów netto górnictwa węgla kamiennego do przychodów netto górnictwa węglowego (węgla kamiennego i brunatnego)	$PO_{wk}$	0,65	–
Stosunek przychodów netto górnictwa węgla brunatnego do przychodów netto górnictwa węglowego (węgla kamiennego i brunatnego)	$PO_{wb}$	0,35	–
Suma płatności górnictwo węgla kamiennego	$O_{wk}$	3 815 403	tys. zł
Suma płatności górnictwo węgla brunatnego	$O_{wb}$	1 028 530	tys. zł
Wsparcie dla górnictwa węgla kamiennego	$WS_{wk}$	2 675	tys. zł
Energochłonność węgla kamienny energetyczny	$e_{wke}$	50,6	kWh/Mg
Energochłonność węgla kamienny koksowy	$e_{wkk}$	54,37	kWh/Mg
Energochłonność węgla brunatny	$e_{wb}$	30,95	kWh/Mg
Stawka podatku VAT węgla kamienny	$V_{wk}$	0,23	–
Stawka podatku VAT węgla brunatny	$V_{wb}$	0,23	–

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: NIK (2017), ARE (2016), ARP (2016), Sierpińska i Bąk (2013), JSW (2016), Kasztelewicz (2018)

Wyniki zawarte w tabeli obliczono następująco:

- suma płatności górnictwo węgla kamiennego ( $O_{wk}$ ) – obliczona jako iloczyn wartości wydobycia węgla kamiennego i wysokości obciążenia płatnościami publicznoprawnymi wydobycia węgla kamiennego pomniejszona o wartość wsparcia dla sektora górnictwa węgla kamiennego,
- suma płatności górnictwo węgla brunatnego ( $O_{wb}$ ) – obliczone jako iloczyn wartości wydobycia węgla brunatnego i wysokość obciążenia płatnościami publicznoprawnymi wydobycia węgla brunatnego,
- wsparcie dla sektora górnictwa węgla kamiennego ( $WS_{wk}$ ) – to suma udzielonej pomocy publicznej i dokapitalizowania (dotyczy pomocy publicznej o charakterze sektorowym. nie uwzględnia środków pomocy publicznej uzyskanej indywidualnie przez podmioty górnicze na zasadach ogólnych (w tym ze środków UE), które wyniosły na przykład w: Kompanii Węglowej – 5,2 mln zł, Katowickim Holdingu Węglowym – 11,7 mln zł, Jastrzębskiej Spółce Węglowej – 1,5 mln zł i dotyczyły głównie pomocy na rozwój i badania (Najwyższa Izba Kontroli, 2017),
- energochłonność węgiel kamienny energetyczny ( $e_{wke}$ ) – wskaźnik energochłonności został obliczone zgodnie z metodyką proponowaną w publikacji Kicki i Jeziorowska (2015), jako iloraz zużycia energii elektrycznej w przedsiębiorstwie w danym roku (kWh) i wielkość wydobycia w danym roku (Mg),
- energochłonność węgiel kamienny koksowy ( $e_{wkk}$ ) – wskaźnik energochłonności został obliczony zgodnie z metodyką proponowaną w publikacji Kicki i Jeziorowska (2015), jako iloraz zużycia energii elektrycznej w przedsiębiorstwie w danym roku (kWh) i wielkość wydobycia w danym roku (Mg),
- energochłonność węgiel brunatny ( $e_{wb}$ ) – wskaźnik energochłonności został obliczony na podstawie Raportu o stanie branży węgla brunatnego w Polsce i w Niemczech (Kasztelewicz, 2018),
- stosunek przychodów netto górnictwa węgla kamiennego do przychodów netto górnictwa węglowego (węgla kamiennego i brunatnego) ( $PO_{wk}$ ) – obliczony według algorytmu:

$$PO_{wk} = \frac{C_{wk} * 1000 * W_{wk} * V_{wk} - WS_{wk}}{(C_{wk} * 1000 * W_{wk} * V_{wk} - WS_{wk}) + (C_{wb} * 1000 * W_{wb} * V_{wb})} \quad (16)$$

gdzie:

$C_{wk}$  – cena węgiel kamienny, zł/Mg,

$C_{wb}$  – cena węgiel brunatny, zł/Mg,

$W_{wk}$  – wydobycie węgiel kamienny, tys. Mg,

$W_{wb}$  – wydobycie węgiel brunatny, tys. Mg,

$WS_{wk}$  – wsparcie dla górnictwa węgla kamiennego, tys. zł,

$V_{wk}$  – stawka podatku VAT węgiel kamienny, –,

$V_{wb}$  – stawka podatku VAT węgiel brunatny, –;

– stosunek przychodów netto górnictwa węgla brunatnego do przychodów netto górnictwa węglowego (węgla kamiennego i brunatnego) ( $PO_{wb}$ ) – obliczony według algorytmu:

$$PO_{wb} = \frac{C_{wb} * 1000 * W_{wb} * V_{wb}}{(C_{wk} * 1000 * W_{wk} * V_{wk} - WS_{wk}) + (C_{wb} * 1000 * W_{wb} * V_{wb})} \quad (17)$$

gdzie:

$C_{wk}$  – cena węgiel kamienny, zł/Mg,

$C_{wb}$  – cena węgiel brunatny, zł/Mg,

$W_{wk}$  – wydobyte węgiel kamienny, tys. Mg,

$W_{wb}$  – wydobyte węgiel brunatny, tys. Mg,

$WS_{wk}$  – wsparcie dla górnictwa węgla kamiennego, tys. zł,

$V_{wk}$  – stawka podatku VAT węgiel kamienny, –,

$V_{wb}$  – stawka podatku VAT węgiel brunatny, –.

Jak wspomniano w podrozdziale 6.1, obliczenia empiryczne, które zostały przeprowadzone na potrzeby rozprawy doktorskiej, opierały się na założeniu, że strukturę powiązań międzygałęziowych w polskiej gospodarce opisuje najnowsza tabela przepływów międzygałęziowych w cenach bazowych dla produkcji krajowej, która została opublikowana w 2019 roku przez GUS w publikacji Bilans przepływów międzygałęziowych, nazywana w dalszej części pracy „Tablica przepływów międzygałęziowych (TPM)” (GUS, 2019), przedstawiona w Załączniku 1. W przedmiotowej pracy sektory gospodarcze zostały podzielone według Polska Klasyfikacja Wyrobów i Usług (PKWiU 2008) (GUS, 2008). Według PKWiU 2008 Według tej klasyfikacji, sektorem, który jest przedmiotem analizy, jest sektor oznaczony kodem 06, obejmujący działalność związana z wydobyciem węgla kamiennego i brunatnego.

W rozprawie doktorskiej zidentyfikowano termin „Zdekomponowana tablica przepływów międzygałęziowych (TPMD)” (Załącznik 2), jako odniesienie do Zdekomponowanej formy tablicy przepływów międzygałęziowych. W tej Zdekomponowanej formie, struktura tablicy jest analizowana i przedstawiana w sposób bardziej szczegółowy, umożliwiając lepsze zrozumienie wzajemnych zależności i przepływów pomiędzy różnymi gałęziami gospodarki, w szczególności węglowymi. Poprzez dekompozycję, można szczegółowo prześledzić, jak surowce, produkty i usługi przemieszczają się między sektorami gospodarki, co jest kluczowe dla analizy wpływu poszczególnych sektorów na siebie nawzajem oraz na całość systemu gospodarczego. Takie podejście umożliwia bardziej precyzyjne zrozumienie struktury gospodarki narodowej oraz identyfikację obszarów, w których występują szczególne zależności i interakcje.

W kontekście założeń niniejszej rozprawy doktorskiej, w celu analizy sektora węgla kamiennego energetycznego, jako głównego przedmiotu badawczego, zaproponowano dekompozycję wartości przepływów w ramach gałęzi *Węgiel kamienny i brunatny*, należącej do kategorii 06 według Polskiej Klasyfikacji Wyrobów i Usług (PKWiU 2008). Dokonano dekompozycji wartości przepływów gałęzi *Węgiel kamienny i brunatny* na trzy *Gałęzie węglowe* wydzielając:

- *Węgiel kamienny energetyczny*,
- *Węgiel kamienny koksowy*,
- *Węgiel brunatny*.

W ramach rozprawy wprowadzono pojęcie *Gałęzie węglowe* pod którym rozumie się gałęzie wydzielone w ramach dekompozycji, czyli *Węgiel kamienny energetyczny*, *Węgiel kamienny koksowy*, *Węgiel brunatny*. Pojęciem tym posługuję się w dalszej części rozprawy.

Szczegółowy opis dekompozycji omówiono poniżej.

Bazując na wielkościach zgromadzonych przez Główny Urząd Statystyczny w ramach publikacji *Gospodarka Paliwowo–Energetyczna w latach 2015–2016* (GUS, 2017a) oraz na przeprowadzonej analizie eksperckiej rozdzielono udziałowo ilość węgla kamiennego i brunatnego przypadającą na poszczególne gałęzie gospodarki. Analiza ekspercka miała charakter wywiadów indywidualnych prowadzonych z gronem naukowców, głównie specjalistów z Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk. Eksperti z dziedzin takich jak: górnictwo, geologia, inżynieria górnicza. Zastosowane podejście pozwoliło uzyskać szczegółową wiedzę na temat górnictwa węgla kamiennego i brunatnego w Polsce. Wywiady przeprowadzane były indywidualnie, aby umożliwić ekspertom swobodne wyrażenie swoich opinii i poglądów. Pytania dotyczyły branż, które znajdują się w tablicy przepływów międzygałęziowych, mając na celu wskazanie wielkości udziału węgla w poszczególnych branżach gospodarki Polski. Na podstawie wyników analizy opracowano rekomendacje zgodnie z którymi postępowano w dalszych częściach prac. W ramach prac zdecydowano o wyborze kryteriów umożliwiających wydzielenie wielkości przepływów gałęzi. Zaproponowano trzy kryteria rozdziału, to jest:

- liczba osób zatrudnionych w określonej gałęzi gospodarki,
- energochłonność danej gałęzi,
- wielkość wydobycia węgla.

Decyzja o wyborze jednego z trzech wyżej wymienionych kryteriów wydzielenia wielkości przepływów *Gałęzi węglowych* (*Węgiel kamienny energetyczny*, *Węgiel kamienny koksowy*, *Węgiel brunatny*) wynikała z przesłanek opisanych w dalszej części rozprawy, gdzie szczegółowo omawiana jest dekompozycja w każdej z trzech części tablicy przepływów międzygałęziowych.

### 6.2.1 Obliczenia przepływów międzygałęziowych – część I macierz zużycia pośredniego

Podrozdział zawiera objaśnienia dla obliczeń niezbędnych do przygotowania *TPMD* obejmujące część I tablicy przepływów międzygałęziowych (*MZP*).

Proces wydobywania surowca prowadzony w kopalni wymaga pewnej ilości dóbr (produktów z innych gałęzi gospodarki). Zakres tych dóbr, które kopalnia musi zapewnić, zależy od kierunku ich wykorzystania. Pewne dobra są wykorzystane bezpośrednio w procesie produkcji, inne w celu zapewnienia potrzeb pracowników.

W związku z powyższym, analizując konkretne gałęzie gospodarki, możemy powiedzieć między innymi, że w przypadku gałęzi *Odzież*, produkty które pochodzą z tej gałęzi i trafiają do górnictwa, są produktami wykorzystywanymi wyłącznie na potrzeby ludzkie (pracowników górnictwa). Dlatego też w rozprawie przyjęto założenie, iż wielkość przepływów z branży *Odzież* do kierunków górniczych jest zależna od liczby osób zatrudnionych w gałęzi górniczej. Zmiana wartości przepływu z gałęzi *Odzież* jest zatem bezpośrednio powiązana ze zmianą ilości pracowników zatrudnionych w danej kopalni. Redukcja wydobywania węgla w efekcie powoduje zmniejszanie liczby osób zatrudnionych w gałęzi węglowej, co jak założono w rozprawie, proporcjonalnie skutkuje redukcją wielkości przepływów pochodzących z sektora *Odzież*.

W celu ilustracji powyżej zaprezentowanego toku postępowania, przeprowadzono przykładowe wyliczenia przepływu ( $x_{1_{o,wke}}$ ) między gałęzią gospodarki klasyfikowaną jako *Odzież* a gałęzią *Węgiel kamienny energetyczny*. Analiza tego konkretnego przepływu pozwoli na lepsze zrozumienie relacji między tymi sektorami oraz na ocenę wpływu gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny* na gałąź *Odzież* w kontekście przepływów międzygałęziowych dla kryterium „Liczba osób zatrudnionych w określonej gałęzi gospodarki”.

Wyliczenia przepływu z gałęzi *Odzież* wykonano według algorytmu którego przykład zastosowania zaprezentowano poniżej (wartość parametrów przyjętych do obliczeń zgodnie z tabelą 6.1) oraz (Załącznik 1):

– wyliczenie przepływu z gałęzi *Odzież* do gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny* ( $x_{1_{o,wke}}$ ):

$$x_{1_{o,wke}} = \frac{Z_{wke}}{Z_{wke} + Z_{wkk} + Z_{wb}} * x_{o,wkib} \quad (18)$$

gdzie:

$x_{o,wkib}$  – przepływ z gałęzi *Odzież* do gałęzi *Węgiel kamienny i brunatny z TPM*, tys. zł,

$Z_{wke}$  – liczba osób zatrudnionych w gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny*, tys. osób,

$Z_{wkk}$  – liczba osób zatrudnionych w gałęzi *Węgiel kamienny koksowy*, tys. osób,

$Z_{wb}$  – liczba osób zatrudnionych w gałęzi *Węgiel brunatny*, tys. osób;

– wyliczenie przepływu z gałęzi *Odzież* do gałęzi *Węgiel kamienny koksowy* ( $x_{1_{o,wkk}}$ ):

$$x_{1_{o,wkk}} = \frac{Z_{wkk}}{Z_{wke} + Z_{wkk} + Z_{wb}} * x_{o,wkib} \quad (19)$$

gdzie:

$x_{o,wkib}$  – przepływ z gałęzi *Odzież* do gałęzi *Węgiel kamienny i brunatny z TPM*, tys. zł,

$Z_{wke}$  – liczba osób zatrudnionych w gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny*, tys. osób,

$Z_{wkk}$  – liczba osób zatrudnionych w gałęzi *Węgiel kamienny koksowy*, tys. osób,

$Z_{wb}$  – liczba osób zatrudnionych w gałęzi *Węgiel brunatny*, tys. osób;

– wyliczenie przepływu z gałęzi *Odzież* do gałęzi *Węgiel brunatny* ( $x_{1_{o,wb}}$ ):

$$x_{1_{o,wb}} = \frac{Z_{wb}}{Z_{wke} + Z_{wkk} + Z_{wb}} * x_{o,wkib} \quad (20)$$

gdzie:

$x_{o,wkib}$  – przepływ z gałęzi *Odzież* do gałęzi *Węgiel kamienny i brunatny z TPM*, tys. zł,

$Z_{wke}$  – liczba osób zatrudnionych w gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny*, tys. osób,

$Z_{wkk}$  – liczba osób zatrudnionych w gałęzi *Węgiel kamienny koksowy*, tys. osób,

$Z_{wb}$  – liczba osób zatrudnionych w gałęzi *Węgiel brunatny*, tys. osób.

Analogiczne postępowanie przyjęto w przypadku obliczeń dla następujących gałęzi:

– *Artykuły spożywcze, Napoje, Wyroby tytoniowe, Wyroby tekstylne, Odzież, Skóry i wyroby ze skór wyprawionych, Produkty rolnictwa i łowiectwa, Ryby i pozostałe produkty rybactwa, Papier i wyroby z papieru, Usługi poligraficzne i reprodukcyjne, Leki i wyroby farmaceutyczne, Komputery, wyroby elektroniczne i optyczne, Meble, Handel hurtowy, Handel detaliczny, Usługi związane z zakwaterowaniem, Usługi związane z wyżywieniem, Usługi związane z działalnością wydawniczą, Usługi związane z produkcją filmów, programów telewizyjnych, nagrań, Usługi zw. z nadawaniem programów, Usługi telekomunikacyjne, Usługi związane z oprogramowaniem i doradztwem w zakresie Informatyki, Usługi w zakresie informacji, Usługi finansowe, Usługi ubezpieczeniowe, Usługi wspomagające usługi finansowe i ubezpieczeniowe, Usługi zw. z obsługą rynku nieruchomości, Usługi prawne i rachunkowo-księgowo,*

*Usługi doradztwa w zarządzaniu, Usługi w zakresie badań nauk. i prac rozwojowe, Usługi reklamowe; usługi badania rynku i opinii publicznej, Pozostałe usługi profesjonalne, naukowe i techniczne, Usługi weterynaryjne, Usługi związane z zatrudnieniem, Usługi organizatorów turystyki, Usługi detektywistyczne i ochroniarskie, Usługi zw. z utrzymaniem porządku w obiektach, Usługi zw. z administracyjną obsługą biur, Usługi administracji publicznej, Usługi w zakresie edukacji, Usługi w zakresie opieki zdrowotnej, Usługi pomocy społecznej, Usługi kulturalne i rozrywkowe, Usługi bibliotek, archiwów i muzeów, Usługi związane z gramami i zakładami wzajemnymi., Usługi związane ze sportem, rozrywką i rekreacją, Usługi organizacji członkowskich, Usługi napraw i konserw. komp. i art. użytku dom., Pozostałe usługi indywidualne, Usługi świadczone przez gospodarstwa domowe.*

Natomiast inny tryb postępowania obliczeniowego dotyczył gałęzi takich jak:

- *Ropa naftowa i gaz ziemny, rudy metali, produkty górnictwa pozostałe,*
- *Koks, produkty rafinacji ropy naftowej,*
- *Energia elektryczna, gaz, para wodna i gorąca woda.*

W przypadku powyższych, omawiając konkretny przykład – branża *Energia elektryczna, gaz, para wodna i gorąca woda*, w przypadku której to energia elektryczna jest produktem wykorzystywanym bezpośrednio przez maszyny górnicze w procesie produkcyjnym. Zakłada się zatem, że wyprodukowanie ilości energii przekłada się na zapotrzebowanie na, proporcjonalną do ilości produkcji energii, ilość węgla. W powyżej wymienionych gałęziach postępowanie jest inne niż zaprezentowane dla gałęzi *Odzież*. Uzasadnić to można następująco – przedsiębiorstwo energetyczne może zatrudniać wielu pracowników przy niewielkim zapotrzebowaniu na węgiel. Dlatego dla powyższych przyjęcie podziału wg kryterium „liczba zatrudnionych osób” byłoby bezzasadne.

Przepływy z gałęzi *Ropa naftowa i gaz ziemny, rudy metali, produkty górnictwa pozostałe, Koks, produkty rafinacji ropy naftowej, Energia elektryczna, gaz, para wodna i gorąca woda* oraz *Wynajem i dzierżawa* do pozostałych branż kalkulowane są, przyjmując kryterium „energochłonność danej gałęzi”.

W celu ilustracji powyżej zaprezentowanego toku postępowania, przeprowadzono przykładowe wyliczenia przepływu ( $x_{1_{eegipw,wke}}$ ) między gałęzią gospodarki klasyfikowaną jako *Energia elektryczna, gaz, para wodna i gorąca woda*, a gałęzią *Węgiel kamienny energetyczny*. Analiza tego konkretnego przepływu pozwoli na lepsze zrozumienie relacji między tymi sektorami oraz na ocenę wpływu gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny* na gałąź *Energia elektryczna, gaz, para wodna i gorąca woda* w kontekście przepływów międzygałęziowych dla kryterium „energochłonność danej gałęzi”.

Wyliczenia przepływu z gałęzi *Energia elektryczna, gaz, para wodna i gorąca woda* wykonano według algorytmu, którego przykład zastosowania zaprezentowano



następująco (wartość parametrów przyjętych do obliczeń zgodnie z tabelą 6.1) oraz (Załącznik1):

– przepływ z gałęzi *Energia elektryczna, gaz, para wodna i gorąca woda* do gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny* ( $x_{1eegipw,wke}$ ):

$$x_{1eegipw,wke} = \frac{W_{wke} * e_{wke}}{(W_{wke} * e_{wke}) + (W_{wkk} * e_{wkk}) + (W_{wb} * e_{wb})} * x_{eegipw,wkib} \quad (21)$$

gdzie:

$x_{eegipw,wkib}$  – przepływ z gałęzi *Energia elektryczna, gaz, para wodna i gorąca woda* do gałęzi *Węgiel kamienny i brunatny z TPM*, tys. zł,

$W_{wke}$  – wydobycie węgiel kamienny energetyczny, tys. Mg,

$W_{wkk}$  – wydobycie węgiel kamienny koksowy, tys. Mg,,

$W_{wb}$  – wydobycie węgiel brunatny, tys. Mg,

$e_{wke}$  – energochłonność węgiel kamienny energetyczny, kWh/Mg,

$e_{wkk}$  – energochłonność węgiel kamienny koksowy, kWh/Mg,

$e_{wb}$  – energochłonność węgiel brunatny, kWh/Mg;

– przepływ z gałęzi *Energia elektryczna, gaz, para wodna i gorąca woda* do gałęzi *Węgiel kamienny koksowy* ( $x_{1eegipw,wkk}$ ), tys. zł:

$$x_{1eegipw,wkk} = \frac{W_{wkk} * e_{wkk}}{(W_{wke} * e_{wke}) + (W_{wkk} * e_{wkk}) + (W_{wb} * e_{wb})} * x_{eegipw,wkib} \quad (22)$$

gdzie:

$x_{eegipw,wkib}$  – przepływ z gałęzi *Energia elektryczna, gaz, para wodna i gorąca woda* do gałęzi *Węgiel kamienny i brunatny z TPM*, tys. zł,

$W_{wke}$  – wydobycie węgiel kamienny energetyczny, tys. Mg,

$W_{wkk}$  – wydobycie węgiel kamienny koksowy, tys. Mg,

$W_{wb}$  – wydobycie węgiel brunatny, tys. Mg,

$e_{wke}$  – energochłonność węgiel kamienny energetyczny, kWh/Mg,

$e_{wkk}$  – energochłonność węgiel kamienny koksowy, kWh/Mg,

$e_{wb}$  – energochłonność węgiel brunatny, kWh/Mg;

– przepływ z gałęzi *Energia elektryczna, gaz, para wodna i gorąca woda* do gałęzi *Węgiel brunatny* ( $x_{1eegipw,wb}$ ), tys. zł:

$$x_{1eegipw,wb} = \frac{W_{wb} * e_{wb}}{(W_{wke} * e_{wke}) + (W_{wkk} * e_{wkk}) + (W_{wb} * e_{wb})} * x_{eegipw,wkib} \quad (23)$$

gdzie:

$x_{eegipw,wkib}$  – przepływ z gałęzi *Energia elektryczna, gaz, para wodna i gorąca woda* do gałęzi *Węgiel kamienny i brunatny z TPM*, tys. zł,

$W_{wke}$  – wydobycie węgiel kamienny energetyczny, tys. Mg,

$W_{wkk}$  – wydobycie węgiel kamienny koksowy, tys. Mg,

$W_{wb}$  – wydobycie węgiel brunatny, tys. Mg,

$e_{wke}$  – energochłonność węgiel kamienny energetyczny, kWh/Mg,

$e_{wkk}$  – energochłonność węgiel kamienny koksowy, kWh/Mg,

$e_{wb}$  – energochłonność węgiel brunatny, kWh/Mg.

Ostatnią grupę przepływów obliczano według kryterium „wielkość wydobycia węgla”.

Według tego kryterium wydzielono przepływy z gałęzi::

– *Produkty gospodarki leśnej, Drewno i wyroby z drewna, Chemikalia, wyroby chemiczne, Wyroby z gumy i tworzyw sztucznych, Wyroby z pozostałych surowców niemetalicznych, Metale, Wyroby metalowe gotowe, Urządzenia elektryczne i nieelektryczne, sprzęty gospodarstwa domowego, Maszyny i urządzenia gdzie indziej niesklasyfikowane., Pojazdy samochodowe, przyczepy i naczepy, Pozostały sprzęt transportowy, Pozostałe wyroby, Usługi naprawy, konserwacji i instalacji. maszyn i urządzeń, Woda; usługi zw. z uzdatnianiem. i dostarczaniem wody, Usługi związane z odpadami; odzysk surowców, Usługi związane ze ściekami; osady; usługi związane z rekultywacją, Obiekty budowlane i roboty budowlane, Sprzedaż pojazdów samochodowych; napraw pojazdów, Transport lądowy i rurociągowy, Transport wodny i lotniczy, Magazynowanie; usługi pocztowe i kurierskie, Wynajem i dzierżawa Usługi architektoniczne i inżynierskie; usługi badań i analiz technicznych.*

W powyższych, przyjęto za kryterium podziału „wielkość wydobycia węgla”, uzasadniając to faktem, że istnieje silna zależność pomiędzy poziomem wydobycia tego surowca a zapotrzebowaniem na produkty związane z branżą górniczą. Innymi słowy, ilość węgla wydobywanego ma bezpośredni wpływ na produkcję różnorodnych towarów, których procesy produkcyjne korzystają z tego surowca.

W celu szczegółowego przybliżenia powyżej zaprezentowanego toku postępowania, przeprowadzono przykładowe wyliczenia przepływu z gałęzi *Pozostały sprzęt*

transportowy, do gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny* ( $x_{1_{pst,wke}}$ ). Analiza tego konkretnego przepływu pozwoli na lepsze zrozumienie relacji między tymi sektorami oraz na ocenę wpływu gałęzi *Pozostały sprzęt transportowy* na gałąź *Węgiel kamienny energetyczny* w kontekście przepływów międzygałęziowych dla kryterium „wielkość wydobycia węgla”.

Wyliczenia przepływu z gałęzi *Pozostały sprzęt transportowy* wykonano według następującego algorytmu (wartość parametrów przyjętych do obliczeń zgodnie z tabelą 6.1) oraz (Załącznik 1):

- przepływ z gałęzi *Pozostały sprzęt transportowy* do gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny* ( $x_{1_{pst,wke}}$ ), tys. zł:

$$x_{1_{pst,wke}} = \frac{W_{wke}}{W_{wke} + W_{wkk} + W_{wb}} * x_{pst,wkib} \quad (24)$$

gdzie:

$x_{pst,wkib}$  – przepływ z gałęzi *Pozostały sprzęt transportowy* do gałęzi *Węgiel kamienny i brunatny z TPM* tys. zł,

$W_{wke}$  – wydobycie węgiel kamienny energetyczny, tys. Mg,

$W_{wkk}$  – wydobycie węgiel kamienny koksowy, tys. Mg,

$W_{wb}$  – wydobycie węgiel brunatny, tys. Mg;

- przepływ z gałęzi *Pozostały sprzęt transportowy* do gałęzi *Węgiel kamienny koksowy* ( $x_{1_{pst,wkk}}$ ), tys. zł:

$$x_{1_{pst,wkk}} = \frac{W_{wkk}}{W_{wke} + W_{wkk} + W_{wb}} * x_{pst,wkib} \quad (25)$$

gdzie:

$x_{pst,wkib}$  – przepływ z gałęzi *Pozostały sprzęt transportowy* do gałęzi *Węgiel kamienny i brunatny z TPM* tys. zł,

$W_{wke}$  – wydobycie węgiel kamienny energetyczny, tys. Mg,

$W_{wkk}$  – wydobycie węgiel kamienny koksowy, tys. Mg,

$W_{wb}$  – wydobycie węgiel brunatny, tys. Mg;

– przepływ z gałęzi *Pozostały sprzęt transportowy* do gałęzi *Węgiel kamienny koksowy* ( $x1_{pst,wb}$ ), tys. zł:

$$x1_{pst,wb} = \frac{W_{wb}}{W_{wke} + W_{wkk} + W_{wb}} * x_{pst,wkib} \quad (26)$$

gdzie:

$x_{pst,wkib}$  – przepływ z gałęzi *Pozostały sprzęt transportowy* do gałęzi *Węgiel kamienny i brunatny z TPM* tys. zł,

$W_{wke}$  – wydobycie węgiel kamienny energetyczny, tys. Mg,

$W_{wkk}$  – wydobycie węgiel kamienny koksowy, tys. Mg,

$W_{wb}$  – wydobycie węgiel brunatny, tys. Mg;

Obliczając wielkość przepływów pochodzącą z *Gałęzi węglowych* (czyli *Węgiel kamienny energetyczny*, *Węgiel kamienny koksowy* oraz *Węgiel brunatny*) do pozostałych gałęzi gospodarki przyjęto założenie, że surowiec taki jak węgiel koksowy jest w całości kierowany do przemysłu koksowniczego (według klasyfikacji PKWiU 2008 – działalność: *Koks, produkty rafinacji ropy naftowej*). Natomiast, jak już wskazano we wcześniejszych rozdziałach rozprawy (rozdział 3), cała produkcja węgla brunatnego jest dedykowana dla elektrowni (według klasyfikacji PKWiU 2008 – działalność: *Energia elektryczna, gaz, para wodna i gorąca woda*), niewielka część trafia na zużycie własne.

Przepływy z gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny*, *Węgiel kamienny koksowy*, *Węgiel brunatny* do pozostałych gałęzi gospodarki były obliczane ilościowo zgodnie z danymi Główny Urząd Statystyczny dla 2015 roku (GUS, 2017a).

Wyliczenia przepływu z gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny* wykonano według algorytmu (wartość parametrów przyjętych do obliczeń zgodnie z tabelą 6.1):

– przepływ z gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny* do gałęzi *Węgiel kamienny koksowy* ( $x1_{wke,wkk}$ ), tys. zł:

$$x1_{wke,wkk} = \frac{W_{wkk}}{W_{wke} + W_{wkk} + W_{wb}} * WZ_{wke,wk} \quad (27)$$

gdzie:

$W_{wke}$  – wydobycie węgiel kamienny energetyczny, tys. Mg,

$W_{wkk}$  – wydobycie węgiel kamienny koksowy, tys. Mg,

$W_{wb}$  – wydobycie węgiel brunatny, tys. Mg,

$WZ_{wke,wk}$  – wartość zużycia węgla kamiennego energetycznego w górnictwie węgla kamiennego, tys. zł.

Wartość zużycia węgla kamiennego energetycznego w górnictwie węgla kamiennego ( $WZ_{wke,wk}$ ) obliczona jako (wartość parametrów przyjętych do obliczeń zgodnie z tabelą 6.1) oraz (Załącznik 1):

$$WZ_{wke,wk} = \frac{x_{wkib,wkib} * WZW_{wk}}{WZW_{wk} + WZW_{wb}} \quad (28)$$

gdzie:

$x_{wkib,wkib}$  – przepływ z gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny* do gałęzi *Węgiel kamienny i brunatny z TPM*, tys. zł,

$WZW_{wk}$  – wartość zużycia własnego węgla kamienny, tys. zł.

Wartość zużycia własnego węgla kamienny  $WZW_{wk}$  – obliczona jako ilość zużycia węgla kamiennego własnego w kopalniach policzona jako różnica wartości zużycie własne netto i zużycie własne brutto pomnożona przez cenę węgla w 2015 roku na podstawie danych raportu (PRW, 2023),

$WZW_{wb}$  – wartość zużycia własnego węgla brunatny, tys. zł. Wartość zużycia własnego węgla brunatny ( $ZW_{wb}$ ) obliczona jako iloczyn ilości zużycia własnego w kopalniach i ceny węgla brunatnego w 2015 roku na podstawie danych (Ministerstwo Energii, 2018).

– przepływ z gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny* do gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny* ( $x1_{wke,wke}$ ):

$$x1_{wke,wke} = WZ_{wke,wk} + x_{wke,wkk} \quad (29)$$

Podsumowując, rozdział surowca dla *MZP* (części I tablicy przepływów międzygałęziowych), wykonano podejmując kolejne kroki postępowania. Dla każdej gałęzi określono ilość i cel, w jakim konkretny rodzaj węgla jest wykorzystywany. Następnie, kierując się kryteriami: liczba osób zatrudnionych w gałęzi gospodarki, energochłonność danej gałęzi oraz wielkość wydobycia węgla, dokonano obliczeń, których przykład zaprezentowano w ramach podrozdziału, w każdej gałęzi gospodarki. Końcowa wartość przepływów powstała poprzez wzięcie pod uwagę wartości udziału surowca węglowego w poszczególnej branży. Obliczane przepływy międzygałęziowe uwzględniały ilość węgla w danej gałęzi oraz jego cenę.

Przeprowadzone obliczenia, zgodnie z powyżej zaproponowanymi wzorami potwierdzają zgodność z wartościami zawartymi w tablicy Głównego Urzędu Statystycznego. Innymi słowy, suma wartości dla gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny*, *Węgiel kamienny koksowy* oraz *Węgiel brunatny* jest równa wartości gałęzi *Węgiel kamienny i brunatny*.

## 6.2.2. Obliczenia przepływów międzygałęziowych – część II macierz popytu końcowego według składników

Podrozdział zawiera objaśnienia dla obliczeń niezbędnych do przygotowania *TPMD* obejmujące część II tablicy przepływów międzygałęziowych (*MPK*), (cz. II zgodnie ze schematem tabela 5.1).

W części II tablicy przepływów międzygałęziowych (Załącznik 1) również nastąpiła dekompozycja przepływów spowodowana wprowadzeniem dekompozycji gałęzi *Węgiel kamienny i brunatny* na trzy *Gałęzie węglowe*.

Zgodnie z Załącznikiem 1 w ramach podrozdziału omówiono poszczególne części tablicy przepływów międzygałęziowych Część II tablicy – macierz popytu końcowego – obejmuje kierunki zużycia węgla, z gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny*, *Węgiel kamienny koksowy* oraz *Węgiel brunatny*, do następujących kierunków: *Spożycie* w różnych grupach docelowych, *Akumulacja brutto* oraz *Eksport*. Kierunek *Spożycie* podzielone jest na następujące kategorie: *Spożycie w gospodarstwach domowych*, *Spożycie w instytucjach niekomercyjnych działających na rzecz gosp. domowych*, *Spożycie w instytucjach rządowych i samorządowych*. Kierunek *Akumulacja brutto* obejmuje *Nakłady brutto na środki trwałe* oraz *przyrost rzeczywistych środków obrotowych oraz aktywów o wyjątkowej wartości*. Natomiast *Eksport* obejmuje *Eksport wewnątrz Unii Europejskiej* oraz *Eksport poza Unię Europejską*.

W ramach działań mających na celu rozdział wielkości przepływu z *Gałęzi węglowych* do wyżej wymienionych kierunków zużycia węgla, przyjęto następujące założenia:

- *Spożycie w gospodarstwach domowych*, *Spożycie w instytucjach niekomercyjnych działających na rzecz gosp. domowych*, *Spożycie w instytucjach rządowych i samorządowych* – przepływ z gałęzi *Węgiel kamienny koksowy* oraz *Węgiel brunatny* nie jest możliwy, ponieważ te rodzaje węgla nie są dostosowane do stosowania w warunkach innych niż przemysłowe, w związku z tym całość zużycia węgla w tych kategoriach stanowi przepływ z gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny*;
- *Akumulacja brutto* – dekompozycja wartości w tym kierunku nastąpiła, poprzez obliczenie proporcjonalnego podziału wartości *Akumulacji brutto* do wydobycia węgla w gałęziach *Węgiel kamienny energetyczny*, *Węgiel kamienny koksowy* oraz *Węgiel brunatny*;
- *Eksport* – dekompozycja wartości w tym kierunku nastąpiła, poprzez obliczenie proporcjonalnego podziału wartości *Eksport* w stosunku do ilości wydobycia węgla w gałęziach *Węgiel kamienny energetyczny*, *Węgiel kamienny koksowy*. Ponieważ stosunek wielkości eksportu węgla brunatnego do węgla kamiennego jest bardzo niski (oraz jak wskazano w podrozdziale 3.3. Górnictwo węgla brunatnego), założono że jest pomijalny dlatego przepływ z gałęzi *Węgiel brunatny* do gałęzi *Eksport wewnątrz Unii Europejskiej* oraz *Eksport poza Unię Europejską* przyjmuje wartość zero.

### 6.2.3. Obliczenia przepływów międzygałęziowych – część III macierz wartości dodanej brutto

Podrozdział zawiera objaśnienia dla obliczeń niezbędnych do przygotowania *TPMD* obejmujące część III tablicy przepływów międzygałęziowych (*MWD*) (zgodnie ze schematem tabela 5.1).

W trakcie gromadzenia danych w ramach tego etapu prac, który obejmuje wielkości przepływów finansowych w obszarze płatności publicznoprawnych, dążono do uzyskania jak najbardziej rzeczywistych wartości. W tym celu, w pierwszej kolejności, przeprowadzono analizę danych źródłowych, zebranych z krajowych raportów kopalń i spółek górniczych, aby zagwarantować najwyższą rzetelność informacji. Jako kolejny krok przeprowadzono analizę szczegółową składowych poszczególnych podatków zamieszczonych w tablicy przepływów międzygałęziowych. W dokumencie *Bilans przepływów międzygałęziowych w bieżących cenach bazowych* (Załącznik 1) poszczególne pozycje (w cz. III tablicy – *MWD*) opisane są według (GUS, 2019) jako:

1. *Razem produkty (RP)* – oznacza sumę wartości przepływów produktów do danej branży, czyli sumę wartości w danej kolumnie tablicy przepływów międzygałęziowych (zgodnie z tabela 5.1. Schemat tablicy przepływów międzygałęziowych).
2. *Podatki od produktów pomniejszone o dotacje do produktów (PPdp)*. Na pozycję tą składają się:
  - podatek od towarów i usług VAT (od produktów krajowych i zagranicznych),
  - podatki i cła związane z importem poza VAT (łącznie z podatkiem akcyzowym),
  - pozostałe podatki od produktów (podatek akcyzowy od produktów krajowych i podatki od niektórych rodzajów usług (na przykład od gier losowych i zakładów wzajemnych oraz do 2010 roku zryczałtowany podatek od towarów i usług od okazjonalnych przewozów osób autobusami zarejestrowanymi zagranicą),
  - dotacje do produktów (dotyczą między innymi płatności cukrowej, oddzielnych płatności z tytułu owoców miękkich, owoców i warzyw, wsparcia specjalnego na rynku mleka).
3. *Razem zużycie pośrednie/popyt końcowy (RZP)* suma pozycji *Razem produkty* oraz *Podatki od produktów pomniejszone o dotacje do produktów*.
4. *Koszty związane z zatrudnieniem (KZ)* to:
  - wynagrodzenia,
  - składki na ubezpieczenie społeczne płacone przez pracodawców.
5. *Amortyzacja środków trwałych (AM)* polega na stopniowym zużyciu składników majątku poprzez odpisy amortyzacyjne, które dokonywane są drogą systematycznego, planowanego rozłożenia wartości środków trwałych na ustalony okres amortyzacji.
6. *Nadwyżka operacyjna (NO)* (a w przypadku sektora gospodarstw domowych również dochód mieszany brutto), będąca pozycją bilansującą w rachunku tworzenia dochodów, powstaje w wyniku skorygowania produktu krajowego brutto o transakcje związane bezpośrednio z procesem produkcji (tj. koszty

związane z zatrudnieniem, podatki pomniejszone o dotacje związane z produkcją i importem).

7. *Wartość dodana brutto w cenach bazowych (WD)* stanowi sumę pozycji koszty związane z zatrudnieniem oraz pozycji amortyzacja środków trwałych (*AM*) oraz pozycji nadwyżka operacyjna netto (*NO*).

8. *Produkcja globalna ogółem w cenach bazowych (X)* jest równa sumie *Wartości dodanej brutto w cenach bazowych* i razem pozycji *Zużycie pośrednie*.

Podatki pomniejszone o dotacje związane z produkcją i importem obejmują (GUS, 2018):

- podatki od produktów pomniejszone o dotacje do produktów,
- pozostałe podatki związane z produkcją pomniejszone o dotacje związane z produkcją.

Pozostałe podatki związane z produkcją to między innymi podatek od środków transportu i nieruchomości wykorzystywanych na cele działalności gospodarczej, wpłaty zakładów pracy na PFRON, opłaty za zezwolenia na sprzedaż alkoholu, opłaty na Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, abonament, podatek bankowy, obowiązkowe wpłaty instytucji finansowych do Bankowego Funduszu Gwarancyjnego. Natomiast pozostałe dotacje związane z produkcją dotyczą wypłat z tytułu Jednolitej Płatności Obszarowej, w ramach funduszy z Unii Europejskiej.

Podsumowując bilans rachunku tworzenia dochodów, dochód mieszany brutto jest równoważony przez nadwyżkę operacyjną brutto. W przypadku przedsiębiorstw nieposiadających osobowości prawnej w sektorze gospodarstw domowych, pozycja bilansująca rachunku tworzenia dochodów zawiera ukryty element odpowiadający wynagrodzeniu za pracę wykonywaną przez właściciela lub członków jego rodziny. Dochód z pracy na własny rachunek ma cechy wynagrodzeń oraz cechy zysku z tytułu pracy wykonywanej w charakterze przedsiębiorcy. Dochód ten, niebędący w ścisłym sensie ani wyłącznie wynagrodzeniem, ani wyłącznie zyskiem, określa się jako „dochód mieszany”. Nadwyżkę operacyjną brutto stanowi wartość dodana brutto wytworzona przez jednostki krajowe rynkowe i nierynkowe pomniejszona o koszty związane z zatrudnieniem i pozostałe podatki związane z produkcją, a powiększona jest o otrzymane pozostałe dotacje dla producentów.

Bazując na powyższych informacjach, dokonano dekompozycji pozycji związanych z podatkami. Wyniki obliczeń zestawiono poniżej (tabela 6.2) natomiast obliczenia opisano w dalszej części rozdziału.



Tabela 6.2. Wyniki obliczeń MWD dla TPMD w 2015, tys. zł

	<i>Węgiel kamienny i brunatny (wkib)</i>	<i>Węgiel kamienny (wk)</i>	<i>Węgiel kamienny energetyczny (wke)</i>	<i>Węgiel kamienny koksowy (wkk)</i>	<i>Węgiel brunatny (wb)</i>
<i>RP</i>	7 693 847,00	4 870 204,53	3 894 881,13	975 323,40	2 823 642,47
<i>PPdp</i>	64 460,00	42 120,29	34 527,75	7 592,54	22 339,71
<i>POPdp</i>	166 141,00	88 657,65	72 676,36	15 981,29	77 483,35
<i>RZP</i>	7 758 307,00	4 912 324,82	3 929 408,88	982 915,94	2 845 982,18
<i>KZ</i>	8 530 035,00	8 044 155,84	5 985 949,66	2 058 206,19	485 879,16
<i>AM</i>	3 268 772,00	2 802 377,09	2 034 640,63	767 736,46	466 394,91
<i>NO</i>	- 326 157,00	451 960,86	320 332,61	131 628,24	-778 117,86
<i>WD</i>	11 638 791,00	11 387 151,44	8 413 599,26	2 973 552,18	251 639,56
<i>X</i>	19 397 098,00	16 299 476,25	12 343 008,14	3 956 468,12	3 097 621,74

Źródło: Opracowanie własne

Kolumna *Węgiel kamienny i brunatny* stanowi wartości przepływów podatków z tabeli przepływów międzygałęziowych GUS (GUS, 2019). Pozycje w kolejnych kolumnach powyższej tabeli zostały obliczane według poniżej zaproponowanych wzorów, które są rezultatem pracy autorskiej.

Poniżej zaprezentowano szczegółowe obliczenia dla pozycji *Podatki od produktów pomniejszone o dotacje do produktów (PPdp)* oraz *Koszty związane z zatrudnieniem (KZ)*. Obliczenia w części III tablicy przepływów międzygałęziowych (MWD) wykonano według algorytmów, przykład zastosowania jednego z nich dla pozycji *Podatki od produktów pomniejszone o dotacje do produktów (PPdp)* zaprezentowano poniżej (zgodnie z tabelą 5. 1 i Załącznik 1):

a. węgiel kamienny (*wk*):

$$PPdp_{wk} = PO_{wk} * PPdp_{wkib} \quad (30)$$

gdzie:

$PPdp_{wk}$  – *Podatki od produktów pomniejszone o dotacje od produktów dla gałęzi Węgiel kamienny*, tys. zł,

$PO_{wk}$  – stosunek przychodów netto górnictwa węgla kamiennego do przychodów netto górnictwa węglowego (węgla kamiennego i brunatnego), –,

$PPdp_{wkib}$  – *Podatki od produktów pomniejszone o dotacje od produktów dla gałęzi Węgiel kamienny i brunatny z TPM*, tys. zł,

b. węgiel kamienny energetyczny (*wke*):

$$PPdp_{wke} = \frac{PPdp_{wwke}}{PPdp_{wwke} + PPdp_{wwkk}} * PPdp_{wk} \quad (31)$$

gdzie:

*PPdp<sub>wke</sub>* – Podatki od produktów pomniejszone o dotacje do produktów dla gałęzi Węgiel kamienny energetyczny, tys. zł,

*PPdp<sub>wwke</sub>* – Podatki od produktów pomniejszone o dotacje do produktów liczone według wielkości wydobycia węgla kamiennego energetycznego, tys. zł,

*PPdp<sub>wwkk</sub>* – Podatki od produktów pomniejszone o dotacje do produktów liczone według wielkości wydobycia węgla kamiennego koksowego, tys. zł,

*PPdp<sub>wk</sub>* – Podatki od produktów pomniejszone o dotacje od produktów dla Węgiel kamienny, tys. zł;

c. węgiel koksowy (*wkk*):

$$PPdp_{wkk} = \frac{PPdp_{wwkk}}{PPdp_{wwke} + PPdp_{wwkk}} * PPdp_{wk} \quad (32)$$

gdzie:

*PPdp<sub>wkk</sub>* – Podatki od produktów pomniejszone o dotacje do produktów dla gałęzi Węgiel kamienny koksowy, tys. zł,

*PPdp<sub>wwke</sub>* – Podatki od produktów pomniejszone o dotacje do produktów liczone według wielkości wydobycia węgla kamiennego energetycznego, tys. zł,

*PPdp<sub>wwkk</sub>* – Podatki od produktów pomniejszone o dotacje do produktów liczone według wielkości wydobycia węgla kamiennego koksowego, tys. zł,

*PPdp<sub>wk</sub>* – Podatki od produktów pomniejszone o dotacje od produktów dla Węgiel kamienny, tys. zł;

d. węgiel brunatny (*wb*):

$$PPdp_{wb} = PO_{wb} * PPdp_{wkib} \quad (33)$$

gdzie:

*PPdp<sub>wb</sub>* – Podatki od produktów pomniejszone o dotacje do produktów dla gałęzi Węgiel brunatny, tys. zł,

*PO<sub>wb</sub>* – stosunek przychodów netto górnictwa węgla brunatnego do przychodów netto górnictwa węglowego (węgla kamiennego i brunatnego), –,

*PPdp<sub>wkib</sub>* – Podatki od produktów pomniejszone o dotacje od produktów dla gałęzi Węgiel kamienny i brunatny z TPM, tys. zł.

Wyliczenia pozycji w części III tablicy przepływów międzygałęziowych wykonano według algorytmów, przykład zastosowania jednego z nich dla pozycji *Koszty związane z zatrudnieniem (KZ)* (zgodnie z (IGSMiE PAN, 2016)) zaprezentowano poniżej:

a. węgiel kamienny (*wk*):

$$KZ_{wk} = WY_{wk} + Swy_{wk} + \acute{S}_{wk} \quad (34)$$

gdzie:

$KZ_{wk}$  – Koszty związane z zatrudnieniem węgiel kamienny, tys. zł,

$WY_{wk}$  – wynagrodzenia w górnictwie węgla kamiennego, tys. zł,

$Swy_{wk}$  – składki obowiązkowe od wynagrodzeń w górnictwie węgla kamiennego, tys. zł,

$\acute{S}_{wk}$  – świadczenia na rzecz pracowników w górnictwie węgla kamiennego, tys. zł;

b. węgiel kamienny energetyczny (*wke*):

$$KZ_{wke} = \frac{KZ_{wkeZ}}{KZ_{wkeZ} + KZ_{wkkZ}} * KZ_{wkZ} \quad (35)$$

gdzie:

$KZ_{wke}$  – Koszty związane z zatrudnieniem węgiel kamienny energetyczny, tys. zł,

$KZ_{wkZ}$  – Koszty związane z zatrudnieniem liczone według liczby osób zatrudnionych w górnictwie węgla kamiennego, tys. zł,

$KZ_{wkeZ}$  – Koszty związane z zatrudnieniem liczone według liczby osób zatrudnionych w górnictwie kamiennego energetycznego, tys. zł,

$KZ_{wkkZ}$  – Koszty związane z zatrudnieniem liczone według liczby osób zatrudnionych w górnictwie kamiennego koksowego, tys. zł;

c. węgiel koksowy (*wkk*):

$$KZ_{wkk} = \frac{KZ_{wkkZ}}{KZ_{wkeZ} + KZ_{wkkZ}} * KZ_{wkZ} \quad (36)$$

gdzie:

$KZ_{wkk}$  – Koszty związane z zatrudnieniem dla gałęzi *Węgiel kamienny koksowy*, tys. zł,

– pozostałe jak we wzorze (35);

d. węgiel brunatny (*wb*):

$$KZ_{wb} = USiZ_{wb} + FP i FG\acute{S}P_{wb} + PFRON_{wb} + PIT_{wb} + CIT_{wb} \quad (37)$$

gdzie:

$KZ_{wb}$  – Koszty związane z zatrudnieniem węgiel brunatny, tys. zł,

$USiZ_{wb}$  – Ubezpieczenia społeczne i zdrowotne w górnictwie węgla brunatnego, tys. zł,

$FP i FG\acute{S}P_{wb}$  – składki na Fundusz Pracy, Fundusz Solidarnościowy i Fundusz Gwarantowanych Świadczeń Pracowniczych w górnictwie węgla brunatnego, tys. zł,

$PFRON_{wb}$  – składki na Państwowy Fundusz Rehabilitacji Osób Niepełnosprawnych w górnictwie węgla brunatnego, tys. zł,

$PIT_{wb}$  – podatek dochodowy od osób fizycznych w górnictwie węgla brunatnego, tys. zł,

$CIT_{wb}$  – Podatek dochodowy od osób prawnych w górnictwie węgla brunatnego, tys. zł.

Dla każdej wartości umieszczonej w tabeli wynikowej części III tablicy przepływów międzygałęziowych (tabela 6.2), przyjęto oddzielny algorytm dostosowany do konkretnej struktury składowej wymienionego podatku.

Podsumowując, w ramach rozdziału zaprezentowano szczegółowo etapy prac, których wynikiem było opracowanie Zdekomponowanej tablicy przepływów międzygałęziowych (*TPMD*), opisującej przepływy międzygałęziowe dla gospodarki Polski z szczegółowym rozdzieleniem na *Gałęzie węglowe*. Przedstawiono przykłady obliczeń do każdej z trzech części tablicy przepływów międzygałęziowych to jest dla: *MZP*, gdzie zaprezentowano przykład obliczeń przepływów międzygałęziowych pomiędzy gałęziami gospodarki; *MPK*, zaprezentowano metodykę obliczenia przepływów międzygałęziowych do odbiorców końcowych; oraz dla *MWD*, gdzie pokazano przykład obliczenia przepływów międzygałęziowych pomiędzy płatnościami publicznoprawnymi. Tablicę przepływów międzygałęziowych z dekompozycją gałęzi Węgiel kamienny i brunatny na *Gałęzie węglowe*, to jest – *Węgiel kamienny energetyczny*, *Węgiel kamienny koksowy*, *Węgiel brunatny* wypracowaną w ramach zadań wstępnych rozprawy doktorskiej umieszczono w Załączniku 2.

Przeprowadzone obliczenia, zgodnie z powyższymi wzorami, są zgodne z wartościami zawartymi w tablicy Głównego Urzędu Statystycznego (GUS, 2019). Dane z raportów (IGSMiE PAN, 2016) posłużyły do określenia właściwej proporcji, gdy ta została określona, korygowano je według wartości tablicy GUS.

### **6.3. Analiza struktury kopalń węgla kamiennego w 2015 roku**

Niniejszy podrozdział zawiera analizę struktury kopalń w 2015 roku, koncentrując się na ich organizacji, wielkości wydobywanego węgla, a także terminach obowiązywania koncesji i planach restrukturyzacyjnych. Szczegółowe informacje zaprezentowano w tabeli 6.3.

Ze względu na strukturę budowy tablicy przepływów międzygałęziowych, którą posłużono się w niniejszej rozprawie doktorskiej, poczyniono kroki pozwalające na obliczenie dokładnej ilości uiszczanych płatności przez każdą z funkcjonujących w analizowanym 2015 roku kopalń. Przeliczono wartości dla części III tablicy przepływów międzygałęziowych (*MWD*) dla każdej z kopalń.

Przeanalizowano trzydzieści jeden kopalń, z których:

- trzynaście wydobywa zarówno węgiel kamienny energetyczny, jak i koksowy (wiele z nich węgiel koksowy wydobywa w ilościach śladowych stanowiących kilka procent całkowitego wydobycia surowca węglowego),
- jedna wydobywa wyłącznie węgiel koksowy,
- pozostałe kopalnie wydobywają węgiel energetyczny.

Opracowano część III Zdekomponowanej tablicy przepływów międzygałęziowych dla 29 kopalń czynnych w 2015 roku kopalń węgla kamiennego w ramach prac w rozprawie.

W kontekście wystąpienia kopalń, które jednocześnie eksploatują węgiel kamienny energetyczny i węgiel koksowy, przeprowadzono analizę rozkładu wielkości zatrudnienia w zależności od konkretnego rodzaju węgla. Ten krok podjęty w ramach działań w rozprawie, posłuży bardziej precyzyjnemu oszacowaniu redukcji zatrudnienia wynikającej ze zmniejszenia wydobycia węgla kamiennego energetycznego w kolejnych fazach realizacji zadań w rozprawie.

Tabela 6.3. Struktura wydobycia kopalń węgla kamiennego w 2015 roku z terminami obowiązywania koncesji oraz zamknięcia

Kopalnia/Ruch	Wydobycie węgiel kamienny energetyczny, tys. Mg	Wydobycie węgiel kamienny kokosowy, tys. Mg	Termin zakończenia bieżącej koncesji	Termin zamknięcia kopalni/ruchu według Umowy Społecznej
<b>Polska Grupa Górnicza SA</b>				
<b>KWK ROW</b>				
Ruch Marcel	2 582	286	2041	2046
Ruch Rydułtowy	1 763	55	2042	2043
Ruch Jankowice	2 585	0	2044	2049
Ruch Chwałowice	2 463	0	2040	2049
<b>KWK Ruda</b>				
Ruch Halemba	1 842	190	2045	2034
Ruch Bielszowice	1 347	727,70	2044	2023
Ruch Pokój	1 108	0		
<b>KWK Piast– Ziemowit</b>				
Ruch Piast	3 488	0	2030	2035
Ruch Ziemowit	3 680	0	2044	2037
<b>Kopalnie jednoruchowe</b>				
KWK Murcki– Staszic	3 760	0	2043	2039
KWK Wujek	2 240	70		
KWK Wieczorek	1 580	0		
KWK Bolesław Śmiały	1 589	0	2040	2028

KWK Sośnica	1 827	0	2042	2029
KWK Mysłowice–Wesoła	2 920	0	2043	2041
Węglokoks Kraj Sp. z o.o.				
KWK Bobrek–Piekary				
Ruch Bobrek	1635	–	2040	2040
Ruch Piekary	bd			
Jastrzębska Spółka Węglowa SA				
KWK Knurów–Szczygłowice				
Ruch Knurów	1 101	1 004	2044	nie ujęte
Ruch Szczygłowice	629	618	2040	nie ujęte
KWK Borynia–Zofiówka–Jastrzębie				
Ruch Borynia	0	2 003	2025	nie ujęte
Ruch Zofiówka	43,16	1 533	2042	nie ujęte
Ruch Jastrzębie	22	1 598	2051	nie ujęte
Kopalnia jednoruchowa				
KWK Budryk	2 001	884	2043	nie ujęte
KWK Pniówek	48	2 926	2051	nie ujęte
KWK Krupiński	1 318	586		
TAURON Wydobycie SA				
ZG Janina	2 597,00	0	2040	nie ujęte 2
ZG Sobieski	2482	0	2063	nie ujęte 2
ZG Brzeszcze	534	0	2040	nie ujęte 2
Lubelski Węgiel Bogdanka SA				
KWK Bogdanka	6814	0	2065	nie ujęte
Kopalnie prywatne				
PG Silesia	1358,406		2044	nie ujęte
ZG Siltech	129		2023	nie ujęte
Eko–Plus	bd		2043	nie ujęte

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (IGSMiE PAN, 2016)

#### 6.4. Analizy scenariuszowe

Jednym z kluczowych etapów budowy modeli matematycznych, umożliwiającym praktyczne zastosowanie opracowanej metody, przeprowadzenie obliczeń i uzyskanie wyników pozwalających zweryfikować postawioną tezę oraz zrealizować założone cele, jest przygotowanie scenariuszy badawczych. Analizy scenariuszowe przygotowane są holistycznie, obejmując: Warianty Redukcji, Warianty Substytucji oraz Wariant Migracji.

Zgodnie z zaprezentowaną tabelą 6.4 scenariusze badawcze stanowią kombinacje możliwych wariantów zastosowanej Redukcji, Substytucji oraz Migracji, zgodnie z:

$$\text{Scenariusz badawczy } (WR, WS1 \text{ lub } WS2, WM) \quad (38)$$

gdzie:

*WR* – Wariant Redukcji, możliwa redukcja wydobycia węgla kamiennego energetycznego krajowego o 25%, 50%, 75 i 100%,

*WS1* – Wariant Substytucji, substytucja węgla kamiennego energetycznego krajowego, węglem kamiennym energetycznym z importu,

*WS2* – Wariant Substytucji, substytucja węgla kamiennego energetycznego krajowego, węglem kamiennym energetycznym z importu, gazem ziemnym z importu oraz energią elektryczną z importu,

*WM* – Wariant Migracji.

W przypadku Wariantu Substytucji *WS1*, możliwych jest dwadzieścia kombinacji dla Scenariuszy badawczych obejmujących: 4 możliwości redukcji (*WR*) x 5 możliwości substytucji *WS1*. Możliwymi Wariantami Redukcji są: *WR25%*, *WR50%*, *WR75%*, *WR100%*, natomiast Warianty Substytucji na węgiel kamienny energetyczny z importu, przy różnych wariantach cenowych (zgodnie z tabelą 6.4).

Tabela 6.4. Lista poszczególnych wariantów wchodzących w skład analizowanych scenariuszy badawczych. Możliwości kombinacji Wariantów Redukcji, Substytucji, Migracji

Warianty Redukcji	Warianty Substytucji				Wariant Migracji
	WS1	WS2			
	cena węgla kamiennego energetycznego z importu:	cena węgla kamiennego energetycznego z importu:	cena gazu ziemnego z importu:	cena energii elektrycznej z importu:	
<i>WR25%</i>	$CI_{wke} + 40\%$	$CI_{wke} + 40\%$	$CI_{gz} + 40\%$	$CI_{ee}$	WM
<i>WR50%</i>	$CI_{wke} + 20\%$	$CI_{wke} + 20\%$	$CI_{gz} + 20\%$		
<i>WR75%</i>	$CI_{wke} = C_{wke}$	$CI_{wke} = C_{wke}$	$CI_{gz} = C_{gz}$		
<i>WR100%</i>	$CI_{wke} - 20\%$	$CI_{wke} - 20\%$	$CI_{gz} - 20\%$		
	$CI_{wke} - 40\%$	$CI_{wke} - 40\%$	$CI_{gz} - 40\%$		

Źródło: Opracowanie własne

W przypadku Wariantu Substytucji WS2, możliwych jest sto kombinacji dla Scenariuszy badawczych: 4 możliwości redukcji (WR) x 25 możliwości substytucji WS2. W tym przypadku możliwymi Wariantami Redukcji są: WR25%, WR50%, WR75%, WR100%, natomiast Warianty Substytucji na: węgiel kamienny energetyczny z importu przy różnych cenach, gaz ziemny z importu przy różnych cenach oraz energia elektryczna z importu (zgodnie z tabelą 6.4).

Do wymienionych scenariuszy odnoszą się główne rezultaty pracy, czyli zmiany PKB obliczone dla wszystkich możliwych scenariuszy badawczych, uwzględniających wszystkie możliwe kombinacje Wariantów, przedstawiono wyniki dla 120 (20+100) scenariuszy badawczych. Dodatkowo opracowano również Scenariusz referencyjny, co objaśniono w poniższych podrozdziałach. Scenariusze symulowano przy pomocy makr w środowisku MS Excel.

#### **6.4.1. Scenariusze Badawcze – Scenariusz Referencyjny**

Scenariusz Referencyjny odzwierciedla funkcjonowanie sektora górnictwa kamiennego w Polsce w 2015 roku. W tym scenariuszu przyjmuje się rzeczywiste ilości dostaw węgla kamiennego energetycznego i koksowego, a obliczenia skupiają się na wyliczeniu wartości PKB na podstawie Zdekomponowanej tablicy przepływów międzygałęziowych. W rezultacie, na podstawie tego scenariusza możemy określić rzeczywistą wartość PKB Polski dla 2015 roku. W ramach scenariusza nie uwzględnia się Wariantów Redukcji, Substytucji ani Migracji. Wyniki zamieszczone w rozdziale 7.

#### **6.4.2. Scenariusze Badawcze – Warianty Redukcji**

Biorąc pod uwagę cel badań oraz postawioną tezę, opracowane scenariusze badawcze uwzględniają możliwości redukcji wydobycia węgla kamiennego energetycznego. Rozpatrując kwestie zakończenia eksploatacji oraz zmian w strukturze górnictwa węgla kamiennego, trzeba mieć na uwadze kilka faktów charakteryzujących warunki produkcji węgla i pracy kopalń oraz cechy węgla jako towaru występującego na rynku paliw. Ze względu na występowanie zróżnicowanych warunków naturalnych w złożu, poziom techniczny kopalń różni się między sobą przede wszystkim wielkością oraz koncentracją produkcji w przodkach eksploatacyjnych i innych ogniach kopalni. W przypadku kopalń występują także znaczne różnice związane z ich wielkością oraz jakością wydobywanego węgla. Różnice te są konsekwencją zróżnicowania kosztów produkcji węgla oraz ceną jego zbytu. Specyfika przedsiębiorstw górniczych wiąże się również z możliwym wystąpieniem gwałtownych, nieprzewidzianych zmian będących efektem czynników niezależnych, do których zaliczamy wyrzuty metanu, tąpnięcia czy pożary oraz czynniki kontrolowane w kopalni jak wyczerpywanie się zasobów (Dziurzyński, 2001; Gogolewska, 2011). W ramach prac w rozprawie obliczono również efektywność kosztową ze względu na koszty produkcji w każdej kopalni węglowej w 2015 roku, wartości szacowano na podstawie (IGSMiE PAN, 2016).



Jakość i koszty węgla w kopalniach są zróżnicowane, jednakże w warunkach dużego zapotrzebowania gospodarki na węgiel nie ma możliwości produkowania węgla tylko w kopalniach o najniższych kosztach eksploatacyjnych i najwyższej jakości węgla. Istotna jest również świadomość, że gdy rozpatrujemy kwestię ekonomicznej efektywności podziemnej eksploatacji złóż, powinniśmy brać pod uwagę cały proces pozyskiwania kopaliny od rozpoznania złoża poprzez budowę kopalni i jej działalność eksploatacyjną aż do przeróbki i ekspedycji kopaliny dostosowanej do potrzeb rynku.

Górnictwo, zwłaszcza podziemne, rozpoczyna łańcuch zatrudnienia o większym potencjale niż ten, który rozpoczyna przemysł przetwórczy, a tym bardziej transport handel czy usługi (Lisowski, 2001). Oznacza to, że górnictwo może mieć większy wpływ na zatrudnienie, wzrost gospodarczy lub inne aspekty ekonomiczne niż inne sektory.

Skutkiem powyższego, w celu weryfikacji postawionej tezy badawczej zdecydowano o opracowaniu scenariuszy badawczych. Przeprowadzenie badań z ich wykorzystaniem umożliwia porównanie skutków gospodarczych przy redukcji podaży węgla własnej produkcji na rynek krajowy.

W scenariuszach zaproponowano, zaprezentowane poniżej, możliwości redukcji podaży krajowego węgla kamiennego energetycznego.

#### Wariant Redukcji WR25%

Wariant Redukcji 25% (WR25%) jest wariantem odzwierciedlającym funkcjonowanie sektora górnictwa kamiennego w Polsce w 2015 roku po zmniejszeniu podaży krajowego węgla kamiennego energetycznego o około 25%. Spadek wydobycia węgla kamiennego energetycznego w Polsce o około 25%.

#### Wariant Redukcji WR50%

Wariant Redukcji 50% (WR50%) jest wariantem odzwierciedlającym funkcjonowanie sektora górnictwa kamiennego w Polsce w 2015 roku po zmniejszeniu podaży krajowego węgla kamiennego energetycznego o około 50%.

#### Wariant Redukcji WR75%

Wariant Redukcji 75% (WR75%) jest wariantem odzwierciedlającym funkcjonowanie sektora górnictwa kamiennego w Polsce w 2015 roku po zmniejszeniu podaży krajowego węgla kamiennego energetycznego o około 75%. Spadek wydobycia węgla kamiennego energetycznego w Polsce o około 75%.

#### Wariant Redukcji WR100%

Wariant Redukcji 100% (WR100%) jest wariantem odzwierciedlającym funkcjonowanie sektora górnictwa kamiennego w Polsce w 2015 roku przy braku podaży krajowego węgla kamiennego energetycznego. Brak wydobycia węgla kamiennego energetycznego w Polsce.

W rezultacie przeprowadzonych Wariantów Redukcji, zakłada się nową strukturę podaży węgla, która przekłada się na zmianę przepływów międzygałęziowych

w strukturze gospodarki kraju, a co za tym idzie, w strukturze Zdekomponowanej tablicy przepływów międzygałęziowych (TPMD). Zaproponowane podejście umożliwia analizę wpływu poszczególnych kroków redukcji wydobycia węgla kamiennego energetycznego (25%, 50%, 75%, 100%) na PKB Polski, dodatkowo wskazując dynamikę zmian PKB. Dzięki pokazaniu dynamiki zmian istnieje możliwość pokazania, że wpływ górnictwa na PKB nie jest stały, lecz może się zmieniać w zależności od wariantów.

W ramach każdego z analizowanych Wariantów Redukcji przeprowadzono obliczenia w warunkach rzeczywistych, bazując na autentycznych danych dotyczących ilości wydobycia węgla w poszczególnych kopalniach działających na krajowym rynku w 2015 roku. Ponieważ niektóre z analizowanych kopalń zajmują się zarówno wydobyciem węgla kamiennego energetycznego, jak i koksowego, konieczne było uwzględnienie wpływu redukcji wydobycia węgla kamiennego energetycznego na całościową dynamikę produkcji. W tym kontekście założono, że zmniejszenie ilości wydobywanego węgla kamiennego energetycznego skutkować będzie zmniejszeniem w zakresie ilości wydobycia węgla kamiennego koksowego. Owa wzajemna zależność między rodzajami węgla stanowi istotny aspekt analizy, który musi zostać uwzględniony przy prognozowaniu skutków podejmowanych działań. Skutkiem powyższego jest przyjęcie założenia, że kopalnia (jeżeli ma w swojej strukturze wydobycie węgla kamiennego energetycznego i koksowego), która będzie zmniejszać wydobycie węgla kamiennego energetycznego do jego całkowitego zaniechania, zaniecha również wydobycia węgla kamiennego koksowego (zamknięcie całej kopalni). Takie postępowanie wynika z potencjalnego wzrostu kosztów eksploatacyjnych związanych z utrzymaniem dwóch równoległych procesów wydobywczych oraz z uwzględnieniem synergii działań mających na celu ograniczenie negatywnego wpływu na środowisko. Tym samym, podejście to uwzględnia nie tylko ekonomiczne aspekty, ale także kieruje się dążeniem do optymalizacji działań górniczych w zakresie technicznym oraz zrównoważonego rozwoju.

W kontekście procesu zmniejszania ilości wydobywanego węgla kamiennego energetycznego, który jednocześnie skutkuje zamknięciem kolejnych krajowych kopalń, przeprowadzono szereg działań, zaczynając od scenariusza referencyjnego, który odzwierciedla strukturę wydobywczą kopalń z 2015 roku. Podejście to uwzględniało następujące kroki:

1. Pierwszym krokiem było redukowanie wydobycia w kopalniach, które w chwili obecnej (2023 rok) już zostały zamknięte, bądź według Umowy społecznej (Umowa Społeczna, 2021) powinny już być zamknięte (np. kopalnia Wujek).
2. Następnie przeprowadzono redukcję wydobycia w kopalniach, które według stanu na koniec 2023 roku (w stosunku do 2015 roku) znajdują się w Spółce Restrukturyzacji Kopalń (przy czym uwzględniono kolejność zamknięcia kopalń zaczynając od tych o zerowym wydobyciu i postępując do kopalń

o najmniejszym wydobyciu węgla kamiennego koksowego, aby jego ubytek na krajowym rynku był jak najniższy).

3. Kolejnym etapem było zmniejszanie wydobycia poprzez zamknięcie kopalń, które wydobywają wyłącznie węgiel energetyczny. Proces ten rozpoczął się od kopalń będących własnością spółek państwowych, oraz w których koszty wydobycia węgla były najwyższe, kończąc na kopalniach prywatnych.
4. W przypadku scenariusza, gdzie zakładano całkowite zaniechanie wydobycia węgla kamiennego energetycznego (Wariant Redukcji WR100%), przystąpiono do zamykania wszystkich pozostałych kopalń tego typu, które jako ostatnie, po zamknięciu w poprzedzających krokach, pozostały jeszcze na rynku.

Takie podejście pozwala na kontrolowane i stopniowe dostosowywanie struktury wydobywczej do założonych celów, uwzględniając jednocześnie różne aspekty społeczne, ekonomiczne i środowiskowe. Wartości procentowe w ramach Wariantów Redukcji, czyli 25, 50 oraz 75% dla redukcji wydobycia węgla kamiennego energetycznego, są wartościami przybliżonymi, ponieważ redukując wydobycie procesem zamknięcia istniejącej rzeczywiście kopalni, zgodnie z powyższym tokiem postępowania, nie jesteśmy w stanie zmniejszyć wartości wydobycia o równe wartości procentowe (dlatego też wartości redukcji są wartościami przybliżonymi – szczegóły przedstawiono dla wariantów w tabeli 6.5). Efektem redukcji wydobycia jest zamknięcie kopalń, a co za tym idzie redukcja zatrudnienia, które szczegółowo przedstawiono dla Wariantów Redukcji w tabeli 6.5.

Tabela 6.5. Redukcja wydobycia węgla kamiennego energetycznego i koksowego w Wariantach w stosunku do stanu z 2015 roku oraz liczba osób zatrudnionych w gałęziach, %

Warianty Redukcji	Redukcja wydobycia węgla kamiennego energetycznego, %	Redukcja wydobycia węgla kamiennego koksowego, %	Liczba osób zatrudnionych w gałęzi <i>Węgiel kamienny energetyczny</i> po wprowadzeniu Wariantu Redukcji $Z_{wke}^*$	Liczba osób zatrudnionych w gałęzi <i>Węgiel kamienny koksowy</i> po wprowadzeniu Wariantu Redukcji $Z_{wkk}^*$
WR25%	24,45	7,61	46 547	21 301
WR50%	48,98	19,85	29 495	18 722
WR75%	74,25	26,36	11 717	17 808
WR100%	100	33,18	0	16 820

Źródło: Opracowanie własne

### 6.4.3. Model Substytucji

W kontekście osiągnięcia celu pracy, kluczowym etapem jest demonstracja potencjału substytucji węgla kamiennego energetycznego na polskim rynku energetycznym.

Ubytek lub brak węgla kamiennego na polskim rynku może skutkować koniecznością przejścia na ten sam rodzaj paliwa lecz importowanego lub przejście na inne surowce takie jak gaz ziemny oraz energia elektryczna.

W ramach tego badania przyjęto działanie dwutorowe, założono że istnieje możliwość zastąpienia krajowego węgla – węglem importowanym oraz innymi źródłami energii, a konkretnie, gazem ziemnym z importu oraz energią elektryczną z importu. W ramach obliczeń w tym rozdziale prac parametry referencyjne są danymi najbardziej aktualnymi (2020–2023 rok).

### **Założenia modelu substytucji**

Aby obliczyć wielkość redukcji węgla kamiennego energetycznego na inne źródło energii elektrycznej i ciepłej (paliwo) w pierwszej kolejności, aby wartości energetyczne były porównywalne, skupiono się na szacunku ilości ubytku energii jaką determinuje zmniejszenie lub brak węgla kamiennego energetycznego w Polsce.

Użycie węgla kamiennego energetycznego w poszczególnych gałęziach rozpatrywane jest jako ilość energii, na jaką dana gałąź ma zapotrzebowanie. W związku z powyższym, w przypadku redukcji ilości węgla kamiennego energetycznego na rynku polskim (zmniejszenie wydobycia węgla kamiennego energetycznego spowodowane wprowadzeniem Wariantów Redukcji), zakłada się możliwość jego substytucji.

W wyniku zastosowania Wariantów Redukcji następuje zmiana przepływów międzygałęziowych w gałęziach zużywających węgiel kamienny energetyczny. W celu uzyskania wielkości tej zmiany obliczono wielkość ubytku przepływu w gałęziach, spowodowany brakiem krajowego surowca. Wielkość ubytku węgla kamiennego energetycznego w branżach przeliczono z jednostek masy węgla (Mg), na jednostki energetyczne (GJ), przy użyciu odpowiednich współczynników konwersji. W przypadku przeliczania masy węgla na energię, współczynniki te określają, ile energii jest produkowane przez daną masę węgla. Zabieg ten służył określeniu, jak duża była utrata energii w branżach spowodowana brakiem krajowego surowca (wprowadzeniem Wariantów Redukcji), a co za tym idzie określeniu jak dużo energii należy zaimportować w celu dokonania Substytucji (wprowadzenie Wariantów Substytucji). W rozprawie przyjęto schemat postępowania oparty na dokładnym określeniu ilości energii, którą dana działalność straci wskutek ograniczenia dostaw krajowego węgla kamiennego energetycznego. Ten schemat opiera się na precyzyjnym oszacowaniu spodziewanego ubytku energii, wynikającego z redukcji dostaw surowca. Przeprowadzono analizę konwersji jednostek, w której uwzględniono współczynniki konwersji masy węgla kamiennego na jednostki energetyczne (GJ), aby określić spodziewane zmniejszenie ilości energii dostępnej dla danej działalności w wyniku zmniejszenia dostaw surowca. Przeliczano według wzoru:

$$EIU_{wke,i} = iS_{wke,i} * wO_{wke} \quad (39)$$

gdzie:

$EIU_{wke,i}$  – wartość energetyczna surowca, która będzie potrzebna do zaimportowania (ubytek energii węglowej), GJ/rok,

$iS_{wke,i}$  – ilość węgla kamiennego energetycznego w gałęzi  $i$ , Mg/rok,

$wO_{wke}$  – wartość opałowa węgla kamiennego energetycznego, GJ/Mg.

Określona została całkowita ilość energii, jaką należy zaimportować do substytucji dla wszystkich substytutów (paliw – źródeł energii – takich jak: węgiel kamienny z importu, gaz ziemny z importu i energia elektryczna z importu), potrzebna dla każdej poszczególnej gałęzi  $i$  ( $\sum_s EI_{s,i}$ ). Reasumując całkowita wartość energii, która będzie importowana, będzie równa ubytkowi energii węglowej ( $EIU_{wke,i}$ ), zgodnie z poniższą równością:

$$\sum_s EI_{s,i} = EIU_{wke,i} \quad (40)$$

gdzie:

$\sum_s EI_{s,i}$  – całkowita ilość energii jaką należy zaimportować do substytucji dla wszystkich substytutów, dla gałęzi  $i$ , GJ/rok,

$s$  – surowiec (substytut), rodzaj źródła energii (paliwa): węgiel kamienny energetyczny z importu ( $wkeI$ ), gaz ziemny z importu ( $gzI$ ), energia elektryczna z importu ( $eeI$ ),

$EIU_{wke,i}$  – wartość energetyczna surowca, która będzie potrzebna do zaimportowania (ubytek energii węglowej), GJ/rok.

W przypadku Wariantu Substytucji WS1, całkowita ilość energii z importu będzie odpowiadała ilości energii z węgla kamiennego energetycznego z importu. W związku z tym będzie zachodzić następująca równość:

$$\sum_s EI_{s,i} = EI_{wkeI,i} \quad (41)$$

gdzie:

$\sum_s EI_{s,i}$  – całkowita ilość energii jaką należy zaimportować do substytucji dla wszystkich substytutów, dla gałęzi  $i$ , GJ/rok,

$s$  – surowiec (substytut), rodzaj źródła energii (paliwa): węgiel kamienny energetyczny z importu ( $wkeI$ ), gaz ziemny z importu ( $gzI$ ), energia elektryczna z importu ( $eeI$ ),

$EI_{wkeI,i}$  – całkowita ilość energii jaką należy zaimportować do substytucji dla substytutu węgiel kamienny energetyczny, dla gałęzi  $i$ , GJ/rok.

Natomiast w przypadku WS2, całkowita ilość energii z importu będzie odpowiadała sumie ilości energii z substytutów: węgla kamiennego energetycznego z importu, gazu ziemnego z importu oraz energii elektrycznej z importu:

$$\sum_s EI_{s,i} = EI_{wkeI,i} + EI_{gzI,i} + EI_{eel,i} \quad (42)$$

gdzie:

$\sum_s EI_{s,i}$  – całkowita ilość energii jaką należy zaimportować do substytucji dla wszystkich substytutów, dla gałęzi  $i$ , GJ/rok,

$s$  – surowiec (substytut), rodzaj źródła energii (paliwa): węgiel kamienny energetyczny z importu ( $wkeI$ ), gaz ziemny z importu ( $gzI$ ), energia elektryczna z importu ( $eel$ ),

$EI_{wkeI,i}$  – całkowita ilość energii jaką należy zaimportować do substytucji dla substytutu węgiel kamienny energetyczny, dla gałęzi  $i$ , GJ/rok,

$EI_{gzI,i}$  – całkowita ilość energii jaką należy zaimportować do substytucji dla substytutu gaz ziemny, dla gałęzi  $i$ , GJ/rok,

$EI_{eel,i}$  – całkowita ilość energii jaką należy zaimportować do substytucji dla substytutu energia elektryczna, dla gałęzi  $i$ , GJ/rok.

W dalszej części podrozdziału przedstawiono sposoby obliczenia ilości energii dla każdego z surowców.

W rozprawie przyjmuje się założenie, że ubytki generowane przez ubytek węgla na krajowym rynku zostaną w całości pokryte surowcami pochodzącymi z importu, tak aby nie zaburzać przepływów w całej gospodarce. Należy jednak mieć na uwadze, że importowane surowce będą miały wpływ na przepływy z gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny* oraz *Ropa naftowa i gaz ziemny, rudy metali, produkty górnictwa pozostałe*, jak również z gałęzi *Energia elektryczna, gaz, para wodna i gorąca woda*, w których to dochodzi do zmian podaży spowodowanej koniecznością zastąpienia energii z węgla, surowcami z importu.

W opracowanym na tym etapie, w ramach niniejszej pracy, modelu substytucji przyjęto założenie, że wielkość produkcji w gałęziach (wyłączając *Węgiel kamienny energetyczny* oraz *Ropa naftowa i gaz ziemny, rudy metali, produkty górnictwa pozostałe*, jak również z gałęzi *Energia elektryczna, gaz, para wodna i gorąca woda*) pozostaje niezmienna. Dlatego też, aby nie zaburzyć struktury funkcjonowania gospodarki w ramach przepływów międzygałęziowych przyjęto założenie, że cały ubytek węglowy, który ma być w modelu substytuowany będzie pochodził z importu.

Zmienny jest natomiast przepływ z gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny* do pozostałych gałęzi gospodarki, a wielkość tej zmiany, jak już wspomniano w powyższym rozdziale, będzie zależna od wielkości redukcji ilości wydobycia węgla kamiennego energetycznego.

Istotnym aspektem jest również redukcja ilości węgla kamiennego koksowego, będąca efektem redukcji węgla kamiennego energetycznego, dlatego że ubytek ten jest stosunkowo niewielki przyjęto założenie, że brakującą na rynku ilość węgla kamiennego koksowego w przepływach z gałęzi *Węgiel kamienny koksowy* substytuujemy węglem kamiennym koksowym z importu po takich samych cenach jak ceny krajowe, tym samym przepływy pozostają niezmiennie w tym zakresie.

### **Koszty zmiany technologii dotyczą Części I tablicy przepływów międzygałęziowych**

W pierwszym kroku budowy modelu skupiono się na analizie kosztów przejścia na inną technologię w wyniku zmiany krajowego węgla kamiennego energetycznego na inny surowiec (paliwo – źródło energii). W celu dokładnego zrozumienia kosztów związanych z przejściem na inną technologię w kontekście zmiany źródła węglowego, przeprowadzono dwuetapową analizę.

Pierwszym etapem było ustalenie celów, do jakich w danej gałęzi wykorzystywane jest paliwo węglowe. Skoncentrowano się na identyfikacji kluczowych zastosowań i funkcji tego paliwa w kontekście danej gałęzi przemysłu. Analiza ta obejmowała aspekty takie jak dostarczanie energii, produkcja ciepła, czy inne specyficzne potrzeby branżowe.

Drugim etapem było zdefiniowanie kosztów związanych ze zmianą – przejściem z paliwa węglowego na inne źródło energii. W tym kontekście uwzględniono szeroki zakres czynników, takich jak: koszty inwestycyjne przejścia na nowe technologie, koszty przekształceń w infrastrukturze. W ramach kosztów inwestycyjnych znajdują się również dodatkowe, mogące wystąpić, koszty szkolenia pracowników i dostosowania procesów produkcyjnych.

Analiza ta miała na celu stworzenie kompleksowego obrazu finansowego – związku między aktualnym wykorzystaniem paliwa węglowego (węgla kamiennego energetycznego), a potencjalnym kosztem przejścia na bardziej zrównoważone źródło energii (paliwo).

W związku z powyższym rozważaniem, ustalono nakład inwestycyjny konieczny do poniesienia przy przejściu na 1 MW mocy dla technologii wykorzystującej węgiel kamienny energetyczny, technologii wykorzystującej gaz ziemny i technologii wykorzystującej energię elektryczną dla wytwarzania ciepła, produkcji energii elektrycznej i na wsad przemian chemicznych.

Reasumując, wyniki powyższej analizy umożliwiają oszacowanie kosztów związanych z przejściem przedsiębiorstwa na inne źródło energii (paliwo), przy uwzględnieniu zapotrzebowania energetycznego w danej branży. Założono średni roczny czas pracy dla konkretnej technologii, co pozwoliło na dokładne określenie potrzebnej mocy do zastosowania substytucji. Parametr ten stanowi kluczową miarę dla właściwej konfiguracji mocy zasilającej. Poprzez zidentyfikowanie wielkości zapotrzebowania na moc oraz określenie jednostkowych kosztów nakładów związanych ze zmianą

technologiczną, możliwe było obliczenie nakładów inwestycyjnych. W tym kontekście, istotnym składnikiem kosztów były koszty zmiennych, głównie związane z ceną paliwa niezbędnego do funkcjonowania nowej technologii. Obliczane były również roczne wartości amortyzacji dla danych technologii, ponieważ rozpatrywany w modelu jest jeden rok.

Parametry referencyjne przyjęte do obliczeń w modelu substytucji zamieszczono w tabeli 6.6.

Tabela 6.6. Parametry referencyjne przyjęte do obliczeń w modelu substytucji, 2020 i 2022 rok

Parametr	Symbol	Wartość	Jednostka
Wartość opałowa węgiel kamienny energetyczny	$wO_{wke}$	21	GJ/Mg
Wartość opałowa węgiel kamienny koksowy	$wO_{wkk}$	29,40	GJ/Mg
Wartość opałowa gaz ziemny	$wO_{gz}$	0,0376	GJ/ m <sup>3</sup>
Sprawność wykorzystania węgla do produkcji ciepła (do produkcji energii elektrycznej w gałęzi <i>Energia elektrycz., gaz, para wodna i gorąca woda</i> )	$\eta_{wke}$	0,70 (0,40)	–
Sprawność wykorzystania gazu ziemnego do produkcji ciepła (do produkcji energii elektrycznej w gałęzi <i>Energia elektrycz., gaz, para wodna i gorąca woda</i> )	$\eta_{gz}$	0,85 (0,50)	–
Sprawność wykorzystania energii elektrycznej	$\eta_{ee}$	3,00	–
Jednostkowe nakłady inwestycyjne przejścia na technologię gaz ziemny	$IN_{gz}$	528,40	tys. zł/MW
Jednostkowe nakłady inwestycyjne przejścia na technologię energia elektryczna	$IN_{ee}$	1 656,10	tys. zł/MW
Liczba lat życia technologii gazowej	$LT_{gz}$	25,00	lata
Liczba lat życia technologii wykorzystującej energię elektryczną	$LT_{ee}$	25,00	lata
Średni roczny czas pracy technologii wykorzystującej gaz ziemny	$t_{gz}$	4 500,00	h/rok
Średni roczny czas pracy technologii wykorzystującej energię elektryczną	$t_{ee}$	4 500,00	h/rok
Średni roczny czas pracy technologii wykorzystującej węgiel kamienny	$t_{wk}$	7 008,00	h/rok

Źródło: Opracowanie na podstawie: IEA (2020), URE (2023), ARE (2023), GUS (2023d), Ogrzewamy (2023)

Reasumując, model substytucji w przepływach pomiędzy gałęziami gospodarki w i części tablicy przepływów międzygałęziowych. W modelu funkcją celu jest minimalizacja kosztów technologii, (związaną z substytucją węgla kamiennego energetycznego). Zmienną decyzyjną ( $u_{s,i}$ ) jest udział zużycia źródła energii (paliwa)  $s$  w gałęzi  $j$ :



$$\min \rightarrow \sum_s \sum_i u_{s,i} (KE_{s,i} + KN_{s,i}) \quad (43)$$

$$\sum_s u_{s,i} = 1 \quad (44)$$

gdzie:

$s$  – surowiec (substytut), rodzaj źródła energii (paliwa): węgiel kamienny energetyczny z importu ( $wkeI$ ), gaz ziemny z importu ( $gzI$ ), energia elektryczna z importu ( $eeI$ ),

$i$  – produkt/dostawca produktu/gałąź gospodarki z której produkt pochodzi,

$KE_{s,i}$  – koszty eksploatacyjne zmienne obejmujące koszt zmiany źródła energii (paliwa)  $s$  dla gałęzi  $i$ , tys. zł,

$KN_{s,i}$  – roczny koszt nakładu inwestycyjnego dla technologii zasilanej źródłem energii (paliwem)  $s$  dla gałęzi  $i$ , tys. zł,

$u_{s,i}$  – udział zużycia paliwa  $s$  w gałęzi  $i$ , jest to zmienna decyzyjna w modelu optymalizacyjnym, wartość dobierana jako rozwiązanie modelu (generowana jako wynikowa).

$KN_{s,i}$  i  $KE_{s,i}$  zależą od wielkości zapotrzebowania na dane źródło energii (paliwo), a zapotrzebowanie na paliwo ma wpływ na wielkość udziału paliwa w strukturze.

Obliczenia dla kosztów zmiany technologii (przejścia z technologii wykorzystującej węgiel kamienny energetyczny) na inny rodzaj w Modelu Substytucji, wykonywano zgodnie z algorytmem, wartości parametrów do obliczeń przyjęto zgodnie z tabelą 6.6:

– dla zmiany na technologię węglową:

$$KE_{wke,i} = \frac{EI_{wkeI,i}}{wo_{wke}} * CI_{wke} \quad (45)$$

oraz

$$KN_{wke,i} = 0 \quad (46)$$

gdzie:

$KE_{wke,i}$  – koszty eksploatacyjne zmienne, obejmujące koszt zmiany źródła energii (paliwa) (dla węgla kamiennego energetycznego), dla gałęzi  $i$ , tys.zł/rok,

$KN_{wke,i}$  – roczny koszt nakładu inwestycyjnego dla technologii zasilanej źródłem energii (paliwem)  $s$  – (węgiel kamienny energetyczny) dla gałęzi  $i$ , tys.zł/rok,

$wo_{wke}$  – wartość opałowa węgiel kamienny energetyczny, GJ/Mg,

$CI_{wke}$  – cena węgla kamiennego energetycznego z importu, tys. zł/Mg,

$EI_{wke,i}$  – całkowita ilość energii, jaką należy zaimportować do substytucji dla substytutu węgiel kamienny energetyczny, dla gałęzi  $i$ , GJ/rok. Obliczona następująco:

$$EI_{wke,i} = \sum_s EI_{s,i} * uI_{wke,i} \quad (47)$$

gdzie:

$\sum_s EI_{s,i}$  – całkowita ilość energii, jaką należy zaimportować do substytucji dla wszystkich substytutów, GJ,

$s$  – surowiec (substytut), rodzaj źródła energii (paliwa): węgiel kamienny energetyczny z importu ( $wkeI$ ), gaz ziemny z importu ( $gzI$ ), energia elektryczna z importu ( $eeI$ ),

$uI_{wke,i}$  – udział zużycia węgla kamiennego z importu w gałęzi  $i$ , zmienna decyzyjna modelu;

– dla zmiany na gaz ziemny:

$$KE_{gz,i} = \frac{EI_{gz,i}}{wo_{gz}} * CI_{gz} \quad (48)$$

gdzie:

$KE_{gz,i}$  – koszty eksploatacyjne zmienne, obejmujące koszt zmiany źródła energii (paliwa) (dla gazu ziemnego), dla gałęzi  $i$ , tys.zł,

$CI_{gz}$  – cena gazu ziemnego z importu, tys. zł/1000 m<sup>3</sup>,

$wo_{gz}$  – wartość opałowa gaz ziemny, GJ/1000 m<sup>3</sup>,

$EI_{gz,i}$  – całkowita ilość energii jaką należy zaimportować do substytucji dla substytutu gaz ziemny, dla gałęzi  $i$ , GJ/rok. Obliczono następująco:

$$EI_{gz,i} = \frac{\sum_s EI_{s,i}}{\frac{\eta_{gz}}{\eta_{wke}}} * uI_{gz,i} \quad (49)$$

gdzie:

$uI_{gz,i}$  – udział zużycia gazu ziemnego z importu w gałęzi  $i$ , zmienna decyzyjna modelu,

$\eta_{wke}$  – sprawność wykorzystania węgla do produkcji ciepła (do produkcji energii elektrycznej w gałęzi *Energia elektrycz., gaz, para wodna i gorąca woda*),

$\eta_{gz}$  – sprawność wykorzystania gazu ziemnego do produkcji ciepła (do produkcji energii elektrycznej w gałęzi *Energia elektrycz., gaz, para wodna i gorąca woda*),

– pozostałe oznaczenia jak we wzorze (47).

oraz

$$KN_{gz,i} = \frac{EI_{gzl,i}}{3,6} * \frac{IN_{gz}}{t_{gz} * LT_{gz}} \quad (50)$$

gdzie:

$KN_{gz,i}$  – roczny koszt nakładu inwestycyjnego dla technologii zasilanej źródłem energii (paliwem)  $s$  – gaz ziemny dla gałęzi  $i$ ,

$EI_{gzl,i}$  – całkowita ilość energii jaką należy zaimportować do substytucji dla substytutu gaz ziemny, dla gałęzi  $i$ , GJ/rok,

3,6 – wartość służąca do przeliczenia jednostki z GJ na MWh,

$IN_{gz}$  – jednostkowe nakłady inwestycyjne przejścia na technologię gaz ziemny, tys. zł/MW,

$LT_{gz}$  – liczba lat życia technologii gazowej,

$t_{gz}$  – średni roczny czas pracy technologii wykorzystującej gaz ziemny, h/rok.

– dla zmiany na energię elektryczną:

$$KE_{ee,i} = \frac{EI_{eel,i}}{3,6} * CI_{ee} \quad (51)$$

gdzie:

$CI_{ee}$  – cena energii elektrycznej z importu, tys. zł/MWh

$EI_{eel,i}$  – ilość energii jaką należy zaimportować w substytucji energią elektryczną, MWh, obliczona następująco:

$$EI_{eel,i} = \frac{\sum_s EI_{s,i}}{\frac{\eta_{ee}}{\eta_{wke}}} * uI_{ee,i} \quad (52)$$

gdzie:

$\sum_s EI_{s,i}$  – całkowita ilość energii, jaką należy zaimportować do substytucji dla wszystkich substytutów, GJ,

$\eta_{ee}$  – sprawność wykorzystania energii elektrycznej,

$\eta_{wke}$  – sprawność wykorzystania węgla do produkcji ciepła (do produkcji energii elektrycznej w gałęzi *Energia elektrycz., gaz, para wodna i gorąca woda*),

$uI_{ee,i}$  – udział zużycia gazu ziemnego z importu w gałęzi  $i$ , zmienna decyzyjna modelu;

oraz

$$KN_{ee,i} = \frac{EI_{eel,i}}{3,6} * \frac{IN_{ee}}{LT_{ee}} \quad (53)$$

gdzie:

$KN_{ee,i}$  – roczny koszt nakładu inwestycyjnego dla technologii zasilanej źródłem energii (paliwem)  $s$  – energia elektryczna dla gałęzi  $i$ , tys.zł/rok,

3,6 – wartość służąca do przeliczenia jednostki z GJ na MWh,

$EI_{eel,i}$  – ilość energii jaką należy zaimportować w substytucji energią elektryczną, GJ,

$IN_{ee}$  – jednostkowe nakłady inwestycyjne przejścia na technologię energia elektryczna, tys. zł/MW,

$LT_{ee}$  – liczba lat życia technologii wykorzystującej energię elektryczną,

$t_{ee}$  – średni roczny czas pracy technologii wykorzystującej energię elektryczną, h/rok.

Zgodnie z postępowaniem przyjętym w ramach rozprawy, częścią modelu są przyjęte ograniczenia, które są opisane w poniższych podrozdziałach.

#### **6.4.4. Scenariusze Badawcze – Warianty Substytucji**

W celu kompensacji utraty energii spowodowanej wprowadzeniem Wariantów Redukcji w Scenariuszach, konieczne było zidentyfikowanie potencjalnych możliwości substytucji tych ubytków. Dlatego też wprowadzono dwa Warianty Substytucji, zaprezentowane w ramach podrozdziału.

Założenia przygotowanych Wariantów Substytucji:

– Wariant Substytucji WS1:

Substytucja węgla kamiennego energetycznego, którego redukcja nastąpi w wyniku Wariantów Redukcji WR25%, WR50%, WR75% oraz WR100% przeprowadzona będzie dla każdego ze scenariuszy jako substytucja jednym surowcem z importu, którym w tym przypadku będzie węgiel kamienny energetyczny z importu w pięciu różnych wariantach cenowych. Warianty cenowe przyjęte dla każdego z poszczególnych Wariantów Redukcji będą ceną węgla kamiennego energetycznego z importu równą cenie referencyjnej węgla kamiennego energetycznego krajowego, ceną węgla kamiennego energetycznego z importu wyższą o 20% i 40% od ceny węgla krajowego oraz ceną węgla z importu niższą o 20% i 40% od ceny węgla krajowego.

Wariant ten został przygotowany jako wariant teoretyczny służący jako punkt odniesienia do wielkości uzyskanych w Wariantach Substytucji WS2.

– Wariant Substytucji WS2:

Substytucja węgla kamiennego energetycznego, którego redukcja nastąpi w wyniku Wariantów Redukcji WR25%, WR50%, WR75% oraz WR100% przeprowadzona będzie dla każdego z Wariantu Redukcji jako substytucja trzema źródłami energii (paliwami) z importu, to jest: węglem kamiennym energetycznym z importu w pięciu wariantach cenowych, gazem ziemnym z importu w pięciu wariantach cenowych oraz energią elektryczną z importu. Ceny przyjęte dla każdego z poszczególnych Wariantów Redukcji będą następujące:

- cena węgla kamiennego energetycznego z importu równą cenie referencyjnej węgla kamiennego energetycznego krajowego, cena węgla kamiennego energetycznego z importu wyższa o 20 i 40% od ceny węgla krajowego oraz cena węgla kamiennego energetycznego z importu niższą o 20 i 40% od ceny węgla krajowego oraz
- cena gazu ziemnego z importu, równą referencyjnej cenie gazu ziemnego krajowego, cena gazu ziemnego z importu wyższa o 20 i 40% od ceny gazu ziemnego krajowego oraz cena gazu ziemnego z importu niższa o 20 i 40% od ceny gazu ziemnego krajowego.

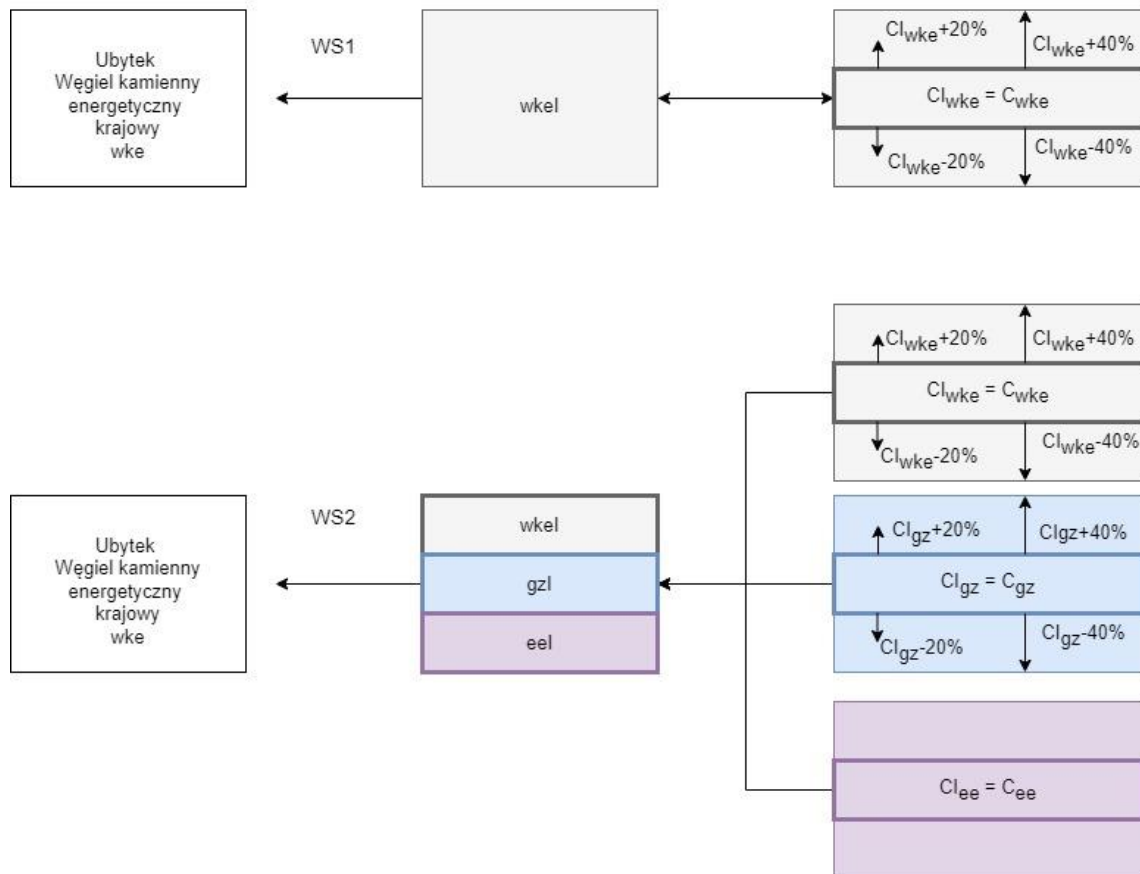
Różnorodność przyjętych w rozprawie cen źródeł energii (paliw) z importu, wynika z szeregu czynników, takich jak elastyczność popytu, koszty produkcji, konkurencja na rynku oraz możliwości importu. Analiza danych historycznych ukazuje znaczącą zmienność cen surowców, która może mieć istotny wpływ na gospodarkę. W związku z tym, w celu uwzględnienia tej złożoności, zdecydowano się na przyjęcie szerokiego zakresu cenowego w ramach rozprawy, obejmującego możliwe zmiany cen w przedziale od -40% do +40%. Stwierdzono, że takie podejście umożliwia wszechstronną analizę wpływu zmian cen paliw na PKB poprzez uwzględnienie różnorodności czynników wpływających na te zmiany. W szczególności, skupiając się na zmienności cen surowców z importu, badanie może wskazać na potencjalne konsekwencje dla gospodarki, uwzględniając zarówno pozytywne, jak i negatywne aspekty związane z takimi zmianami cenowymi.

W rozprawie założono, że w przypadku Wariantu Substytucji WS1, import węgla kamiennego energetycznego jest nieograniczony. Jest to równoznaczne z tym, że w wariantcie WS1 całość brakującego surowca, którego ilość zmniejszamy w Wariantach Redukcji, jesteśmy w stanie zastąpić węglem kamiennym energetycznym pochodzącym z importu. Natomiast w przypadku Wariantu Substytucji WS2 założono, że wystąpią limity możliwości importowych, odwzorowując rzeczywiste możliwości importowe występujące obecnie na polskim rynku, co zaprezentowano w dalszej części pracy.

Możliwości substytucji rozważano rozdzielnie dla strony podaźowej oraz popytowej, przez wzgląd na ich specyfikę. Analizowano zatem możliwości substytucji przepływów w przedsiębiorstwach (część I tablicy przepływów międzygałęziowych) oraz

możliwości substytucji przepływów w części popytowej w tablicy przepływów międzygałęziowych (część II tablicy przepływów międzygałęziowych).

Kroki postępowania w ramach Substytucji przeprowadzono w sposób schematyczny (rys. 6.2).



Rys. 6.2. Warianty Substytucji

Źródło: Opracowanie własne

Określenie kierunków substytucji dla strony podaźowej oraz popytowej, stanowiącej istotny aspekt jako odbiorcy krajowej produkcji, wymagało analizy wieloaspektowej krajowego rynku. W kontekście możliwej substytucji przeprowadzono następujące analizy krajowego rynku:

- analizę rynku surowców (aby ocenić dostępność i możliwości importu surowców niezbędnych dla krajowej produkcji),
- analizę technologiczną (dokonano oceny dostępnych technologii zastępujących węgiel oraz ich zastosowanie w różnych sektorach gospodarki, skupiono się na identyfikacji technologii alternatywnych, które mogą być wykorzystane do zastąpienia technologii opartych na węglu oraz określono technologiczne możliwości zmian technologii),

– analizę społeczną (obejmowała ona tendencję społeczną do przyjęcia nowych technologii zastępujących węgiel wskazywaną w ramach danych historycznych przygotowywanych przez GUS w publikacji (GUS, 2022a)).

Po przeprowadzonych analizach określono kierunek substytucji dla strony popytowej, założono, że reprezentatywna dla przejścia na inne źródło energii w tym przypadku będzie analiza danych dotyczących historycznego kierunku przejścia na inny rodzaj paliwa, posłużono się publikacją przygotowaną przez Główny Urząd Statystyczny – Zużycie energii w gospodarstwach domowych (GUS, 2022a). Natomiast kierunek substytucji dla przedsiębiorstw określono według kryterium kosztowego, uznając, że przedsiębiorstwa w pierwszej kolejności przejdą na najtańszą z możliwych technologii. Szacunek dla przedsiębiorstw uwzględnia koszty związane z przejściem na inną technologię oraz koszty eksploatacji danej technologii, co szczegółowo opisano w kolejnych rozdziałach pracy.

Wyniki powyższych analiz, zaprezentowano dla każdego z wyznaczonych substytutów w kolejnych podrozdziałach.

#### **6.4.4.1. Import węgla kamiennego**

W kontekście zastępowania krajowego węgla przez różne nośniki energii (dla substytucji w części I tablicy przepływów międzygałęziowych), wyznaczono maksymalną przepustowość importową dla każdego z substytutów. Ustalenie tego parametru jest kluczowe, aby wyznaczyć ograniczenia dla możliwości importu danego surowca energetycznego, z uwzględnieniem bieżących potrzeb i zasobów energetycznych kraju. Procedura ta pozwala na skonkretyzowanie zakresu substytucji oraz lepsze zrozumienie potencjalnych scenariuszy związanych z wprowadzeniem alternatywnych źródeł energii i efektywnym zarządzaniem krajowym bilansem energetycznym.

Wielkość możliwości importowych dla węgla kamiennego energetycznego, przy uwzględnieniu wszystkich portów morskich oraz przejść granicznych, którymi możliwe są przyjęcia węgla kamiennego z innych krajów zestawiono w tabeli 6.7. Ustalono, że maksymalną ilością dla możliwości importowych węgla jest 24,5 mln Mg, co jest wartością istotną dla Wariantu Substytucji WS2. W modelu założono maksymalną możliwość importową, przez wzgląd na to, że sytuacja w 2023 roku pokazała, że możliwe jest zwiększenie tych możliwości, co obecnie ma miejsce w przypadku portów morskich.

Tabela 6.7. Maksymalna przepustowość w zakresie importu węgla w 2021 roku, tys. Mg

Port morski / przejście graniczne	Lokalizacja	Maksymalna przepustowość w zakresie importu węgla, tys. Mg
Gdańsk (port morski)	Gdańsk	6 000
Gdynia (port morski)	Gdynia	3 000
Szczecin (port morski)	Szczecin	350
Świnoujście (port morski)	Świnoujście	2 000
Braniewo (przejście graniczne)	Braniewo–Mamonowo	2 500
Kuźnica (przejście graniczne)	Kuźnica–Grodno	2 500
Siemianówka (przejście graniczne)	Siemianówka–Swisłocz	2 500
Terespol (przejście graniczne)	Terespol–Brześć z terminalem Małaszewicze	3 000
Dorohusk (przejście graniczne)	Dorohusk–Jagodzin	300
Medyka (przejście graniczne)	Przemysł–Medyka	300
Sławków (przejście graniczne)	Hrubieszów–Sławków (LHS)	2 000
import drogą morską (suma)		11 350
import drogą lądową (kolejowy)		13 100
SUMA		24 450

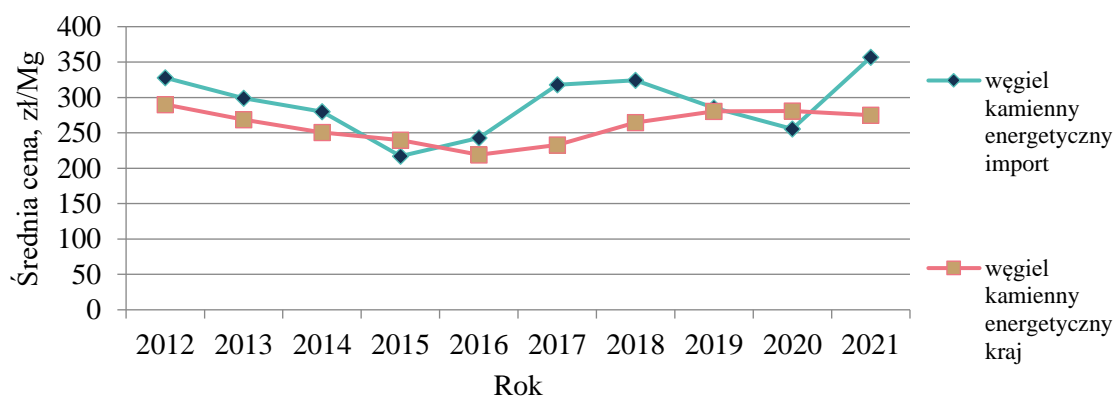
Źródło: Opracowanie własne na podstawie: ARP (2023b), GUS (2022g)

Analizując ceny węgla kamiennego energetycznego z importu oraz określając możliwości importowe, bazowano na danych historycznych. Analizę cen zobrazowano na rysunku (rys. 6.3), gdzie średnie ceny węgla kamiennego energetycznego krajowego obliczane były na podstawie trzech grup odbiorców (energetyka zawodowa, ciepłownie niezawodowe i zawodowe, pozostali odbiorcy krajowi – przez autoryzowanych sprzedawców).

W wyniku przeprowadzonych działań można stwierdzić, że na przestrzeni lat cena węgla kamiennego energetycznego z importu była zazwyczaj wyższa w porównaniu do ceny węgla krajowego. Niemniej jednak, zaobserwowano również okresy, w których cena surowca importowanego równała się lub była nieco niższa od ceny węgla kamiennego energetycznego krajowego. To zjawisko sugeruje, że zmienność cenowa węgla na rynku międzynarodowym ma istotny wpływ na relacje cenowe między węglem kamiennym energetycznym importowanym a krajowym. Może to mieć konsekwencje dla decyzji dotyczących importu surowca w zależności od określonych warunków rynkowych i czynników ekonomicznych. z tego powodu zauważono, że pełny obraz sytuacji można uzyskać poprzez analizę każdej z możliwości cenowych dla możliwego importu. W związku z tym, przyjęto założenie, że możliwość substytucji w tym zakresie może zostać zbadana w kontekście różnych wariantów cenowych węgla importowanego (zarówno wyższych, równych jak i niższych w stosunku do cen węgla kamiennego energetycznego krajowego). Zaproponowano, że substytucja może być rozważana przy założonych różnicach cen między węglem importowanym a krajowym.



Konkretnie, analizowano możliwość substytucji przy cenie węgla importowanego równej cenie węgla krajowego oraz wyższej o 20 i 40% od ceny węgla krajowego, jak również przy cenie węgla importowanego niższej o 20 i 40% od ceny węgla krajowego. Podejście to umożliwia pełniejsze zrozumienie wpływu zmienności cenowej na decyzje dotyczące substytucji surowców i pozwala na uwzględnienie różnych scenariuszy cenowych podczas analizy.



Rys. 6.3. Średnie ceny importowanego i krajowego węgla kamiennego energetycznego, zł/Mg

Źródło: Opracowanie własne na podstawie ARP (2023c)

Jak wspomniano w rozdziale 6.2, zmniejszenie ilości węgla kamiennego energetycznego będzie miało wpływ na redukcję ilości węgla kamiennego koksowego na rynku. W związku z tym przyjęto założenie, że ubytek ten będzie w całości importowany, a cena importu węgla kamiennego koksowego jest równa cenie krajowej.

Jak już wspomniano, w przypadku Wariantu Substytucji WS1, zakładany jest brak ograniczeń dotyczących możliwości importu węgla kamiennego energetycznego z zagranicy. W ramach Modelu Substytucji, przyjęto założenie, że cała ilość węgla kamiennego energetycznego, którą redukujemy w przypadku zmniejszenia wydobycia krajowego, jesteśmy w stanie pokryć poprzez import. Taka strategia opiera się na założeniu, że dostępność importowanego węgla jest wystarczająca, aby zastąpić brakujący surowiec, który powstaje w wyniku redukcji krajowego wydobycia. Jest to istotne założenie, ponieważ umożliwia kontynuację dostaw surowca bez konieczności zastanawiania się nad konsekwencjami redukcji krajowego wydobycia w kontekście dostaw surowca dla przemysłu. Jednocześnie w związku z możliwością wystąpienia takiego wariantu w rzeczywistości należy uwzględnić czynniki, takie jak stabilność rynków międzynarodowych, polityka handlowa oraz potencjalne koszty i korzyści związane z importem węgla z zagranicy. W związku z tym, można stwierdzić, że jest to model teoretyczny, który charakteryzuje się bardzo małą realnością jego wystąpienia. Model ten może być traktowany jako hipotetyczne założenie, które ma na celu zbadanie skrajnego scenariusza, w którym brak jest ograniczeń dotyczących importu węgla kamiennego. Pomimo, że ma on niewielką realność w kontekście rzeczywistych warunków rynkowych, może być użyteczny jako punkt odniesienia do porównania

z Wariantem Substytucji WS2. Wariant Substytucji WS2, który zakłada ograniczenia możliwości importu węgla kamiennego energetycznego, może być bardziej zbliżony do rzeczywistych warunków i może lepiej odzwierciedlać potencjalne sytuacje, z którymi mogą spotkać się decydenci polityczni i przemysłowi w kontekście zmniejszenia wydobycia krajowego węgla kamiennego. W ten sposób, model teoretyczny WS1 może być używany jako punkt odniesienia do oceny różnych strategii i ich potencjalnych konsekwencji.

W przypadku Wariantu Substytucji WS2 występują ograniczenia w Modelu Substytucji. Przede wszystkim istotne są jednostki wytwórcze zasilane węglem kamiennym. Bazując na Informacjach o zasobach wytwórczych Krajowego Systemu Elektroenergetycznego (PSE, 2022), można stwierdzić, że sumaryczna moc osiągalna elektrowni zasilanych węglem kamiennym wynosi 15 902 MW. Natomiast wiele z nich jest przestarzałych, dlatego w rozprawie stwierdza się, że bloki wybudowane przed 2000 rokiem będą modernizowane i istnieje możliwość zmiany paliwa, w tych blokach, na przykład na gaz ziemny. Jednocześnie, uznaje się że, bloki energetyczne zasilane węglem kamiennym, które zostały zbudowane po 2000 roku lub które przeszły modernizację po 2000 roku, pozostaną nadal zasilane węglem kamiennym. Moc osiągalna w tych blokach wytwórczych wynosi 11 651 MW i taką wartość przyjęto w modelu substytucji.

#### **6.4.4.2. Import gazu ziemnego**

W rozprawie przeanalizowano możliwości przepustowe dla gazu ziemnego z importu, opierano się o kilka aspektów, wzięto pod uwagę:

- dostępność zasobów,
- umowy handlowe,
- infrastrukturę i technologię.

W kontekście powyższych może istnieć przekonanie, że dostępność zasobów gazu ziemnego na rynkach międzynarodowych jest wystarczająca, aby zaspokoić zapotrzebowanie na import, jeśli importujący kraj ma dostęp do wielu różnych źródeł gazu ziemnego, można założyć, że przepustowość może być praktycznie nieograniczona. Kraj może posiadać umowy długoterminowe na import gazu ziemnego z różnymi krajami dostawcami, które gwarantują stałą dostawę na określonych warunkach. W takich przypadkach przepustowość może być uważana za *de facto* Nielimitowaną. Jeżeli infrastruktura importowa – jak na przykład terminale LNG – jest dobrze rozwinięta i technologia transportu gazu ziemnego jest zaawansowana, można założyć, że możliwości przepustowe są praktycznie nieskończone, ponieważ istnieją skuteczne sposoby transportu i dystrybucji gazu.

Jednakże, mimo tych założeń, w rzeczywistości istnieją pewne ograniczenia, takie jak polityczne czynniki, kwestie infrastrukturalne, zmienność cen na rynku światowym, czy nawet technologiczne wyzwania, które mogą wpłynąć na dostępność i przepustowość importowanego gazu ziemnego. Dlatego też, nawet jeśli przepustowość jest zakładana

jako nieograniczona, należy uwzględnić potencjalne ryzyka i czynniki wpływające na jej stabilność i dostępność.

W przypadku gospodarki Polski rola gazu ziemnego w ostatnich latach wyraźnie wzrosła i w świetle PEP2040 można stwierdzić, że surowiec ten stanie się jednym z głównych czynników wspomagających dekarbonizację (Hebda, 2022). W 2022 roku Polska dysponowała zasobami wydobywalnymi gazu ziemnego na poziomie 153,52 mld m<sup>3</sup> (łącznie zasoby bilansowe i pozabilansowe) i w porównaniu z rokiem poprzednim zasoby zwiększyły się o 8,25 mld m<sup>3</sup> (PIG PIB, 2022).

W związku z tym, chociaż przepustowość dla importowanego gazu ziemnego do Polski może być na ogół uważana za dostateczną, istnieją pewne ograniczenia, które mogą wpłynąć na jej stabilność i dostępność w dłuższej perspektywie czasowej.

Natomiast w ramach opracowywanego modelu substytucji założono, że przepustowość dla gazu ziemnego z importu jest nieograniczona (w granicach obecnych potrzeb energetycznych), co zostało uzasadnione na podstawie następujących przesłanek:

Przesłanka nr 1: Prognozowane zwiększenie wydobycia gazu.

W kontekście zapewnienia bezpiecznych dostaw surowca z zagranicy, istotną rolę pełni gazociąg Baltic Pipe, zwłaszcza w kontekście eksploracji i wydobycia gazu ziemnego na Norweskim Szelfie Kontynentalnym. W chwili obecnej Grupa Orlen posiada 99 koncesji na tym obszarze i prowadzi działalność wydobywczą na 17 złożach. Przedsiębiorstwo dąży do znacznego zwiększenia wolumenu własnego wydobycia gazu ziemnego, planując osiągnięcie poziomu 12 mld m<sup>3</sup> rocznie do 2030 roku (PGNiG, 2022). Według źródeł (Sobczyk-Grygiel, 2022; Businessinsider, 2022), priorytetem dla koncernu Orlen jest szczególnie Norweski Szelf Kontynentalny, gdzie firma konsekwentnie przez ostatnie dwa lata podwaja roczną produkcję gazu.

Przesłanka nr 2: Plany rozbudowy terminali LNG.

Rozszerzenie zakresu Terminalu LNG imieniem Prezydenta Lecha Kaczyńskiego w Świnoujściu stanowi istotny krok w dziedzinie infrastruktury energetycznej. Gaz-System (Operator Gazociągów Przesyłowych w Polsce) ogłosił, że drugi etap rozbudowy terminala LNG w Świnoujściu ma zostać zakończony w pierwszym kwartale 2024 roku, co wiąże się z ukończeniem budowy trzeciego zbiornika LNG. Zmiany w strukturze dostaw gazu ziemnego są rezultatem skutecznie wdrażanej strategii dywersyfikacji, dążącej do redukcji zależności od źródeł rosyjskich. Orlen informuje, że w 2022 roku dostawy LNG stanowiły aż 43% całkowitego importu tego surowca, osiągając imponującą wartość 6,04 mld m<sup>3</sup>. Oznacza to, że w porównaniu do 2021 roku ilość dostarczonego skroplonego gazu wzrosła o ponad 50%. Należy zauważyć, że szczególnie istotnym elementem tego wzrostu była zwiększona ilość importu ze Stanów Zjednoczonych, skąd do Polski trafiło około 3,4 mld m<sup>3</sup> surowca po procesie regazyfikacji. Te kroki potwierdzają skuteczność podejmowanych działań w kierunku dywersyfikacji źródeł dostaw gazu ziemnego oraz umocnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju (Grupa Orlen, 2023a).

### Przesłanka nr 3: Nowa flota gazowców Orlen.

Orlen podejmuje inwestycje w rozwój własnej floty gazowców, co nie tylko przyczynia się do zwiększenia stabilności dostaw LNG, ale również umożliwia efektywne obniżenie kosztów transportu. Pierwszym tego rodzaju statkiem jest jednostka o nazwie „Lech Kaczyński”. Planowo, Orlen zamierza posiadać flotę ośmiu gazowców, co w istotny sposób umocni jego pozycję na globalnym rynku LNG. Strategia ta nie tylko przyczynia się do poprawy niezależności dostaw, ale także stanowi efektywny krok w kierunku optymalizacji kosztów logistycznych związanych z transportem skroplonego gazu (Vinet i Zhedanov, 2011).

### Przesłanka nr 4: Plany rozbudowy magazynów gazu.

Podjęta decyzja o rozbudowie PMG Wierzchowice stanowi istotny krok w kontekście inwestycji w infrastrukturę magazynowania gazu w Polsce. Dzięki temu przedsięwzięciu do 2025 roku przewiduje się zwiększenie pojemności magazynowej w Polsce do około 4 mld m<sup>3</sup>, co oznacza wzrost o około 25% w stosunku do obecnych poziomów w stosunkowo krótkim okresie. W ramach działań koncernu Orlen realizowany jest również projekt o nazwie „Wielkoskalowy Magazyn Energii Mogilno” na już istniejącym Kawernowym Podziemnym Magazynie Gazu Mogilno. Cel tego projektu obejmuje zaprojektowanie komór magazynowych o pojemności czynnej 210 mln m<sup>3</sup>. To innowacyjne przedsięwzięcie ma na celu zwiększenie elastyczności i efektywności magazynowania gazu, co wpisuje się w ogólną strategię rozwoju infrastruktury energetycznej kraju (Grupa Orlen, 2023b).

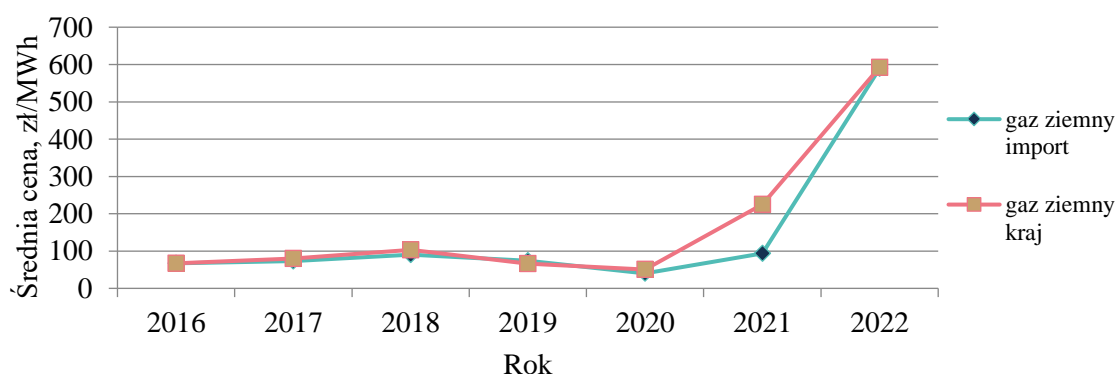
### Przesłanka nr 5: Polska jest krajem tranzytowym.

Z uwagi na fakt, że Polska pełni rolę kraju tranzytowego, istnieje teoretyczna możliwość posiadania większych zdolności przyjęcia gazu ziemnego w porównaniu do innych państw. Ten aspekt wynika z korzyści płynących z centralnego położenia Polski na mapie europejskiego systemu przesyłu gazu. Kluczowym elementem tej unikalnej pozycji jest potencjalna zdolność Polski do skutecznego kierowania przepływem gazu ziemnego na szereg różnych kierunków. Oznacza to, że Polska może odgrywać istotną rolę jako węzeł tranzytowy, ułatwiając przemieszczanie gazu z jednego obszaru do drugiego. Jednakże, aby zrealizować pełny potencjał tej zdolności, konieczne jest odpowiednie rozwinięcie infrastruktury przesyłowej i magazynowej. z tej perspektywy, Polska może korzystać z tak zwanego efektu hubu, stając się centralnym punktem dla przesyłu gazu w Europie Środkowo-Wschodniej. Takie umiejscowienie daje możliwość elastycznego dostosowywania ilości gazu przyjmowanego i przesyłanego w zależności od potrzeb różnych krajów, co z kolei wpływa na zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego regionu. Jednakże, aby pełnić tę rolę efektywnie, konieczne jest odpowiednie inwestowanie w infrastrukturę oraz koordynacja działań z partnerami międzynarodowymi (Chmielarz, 2023).

Wszystkie powyższe przesłanki uzasadniają założenie nieograniczonej możliwości importowej dla gazu ziemnego.

Ustalając natomiast cenę gazu ziemnego z importu przyjętą do obliczeń w ramach modelu substytucji, bazowano na danych historycznych podawanych przez Towarową Giełdę Energii (rys. 6.4). Ustalając cenę gazu ziemnego z importu na podstawie danych historycznych dostarczanych przez Towarową Giełdę Energii (TGE), można dokonać bardziej realistycznych prognoz i analiz związanych z kosztami importu tego surowca. Istnieje kilka powodów, dla których korzystanie z danych historycznych TGE może być uzasadnione, takich jak między innymi wiarygodność danych. TGE jako główna platforma handlowa dla surowców energetycznych w Polsce zapewnia reprezentatywny obraz aktywności handlowej i cenowej na rynku gazu ziemnego.

Analizując dane z lat 2016–2022, w których cena gazu ziemnego krajowego oscylowała zarówno na wyższym, jak i niższym poziomie, jako referencyjną dla tych zmian obliczono średnią cenę gazu krajowego na poziomie 0,7 zł/m<sup>3</sup>. Podobnie jak w przypadku wariantów cenowych dla węgla kamiennego energetycznego z importu, również w przypadku gazu ziemnego z importu obserwowano wahania cen, zarówno wzrosty, jak i spadki w stosunku do ceny gazu ziemnego krajowego. W związku z tym, w ramach modelu substytucji przyjęto pięć różnych możliwości wariantów cenowych dla ceny gazu ziemnego z importu. Ustalając wartość ceny gazu ziemnego z importu równą cenie gazu ziemnego krajowego, ceną gazu ziemnego z importu wyższą o 20 i 40% od ceny gazu ziemnego krajowego oraz ceną gazu ziemnego z importu niższą o 20 i 40% od ceny gazu ziemnego krajowego.



Rys. 6.4. Średnia cena gazu ziemnego z dostawą w kolejnej dobie (RDNg), zł/MWh

Źródło: Opracowanie na podstawie (TGE, 2023)

W obliczeniach nie zakładano możliwości importu gazu ziemnego z kierunku rosyjskiego, w związku z obecnie występującą blokadą tego kierunku. Dlatego też przyjęto ceny importowe jako średnie ceny zakupu gazu ziemnego sprowadzanego z państw członkowskich UE lub z państw członkowskich Europejskiego Porozumienia o Wolnym Handlu (*European Free Trade Association – EFTA*) – stron umowy o Europejskim Obszarze Gospodarczym.

Jak wspomniano w ramach założeń modelu substytucji, bloki energetyczne zasilane obecnie węglem kamiennym wybudowane przed 2000 rokiem będą, w razie wystąpienia takiej potrzeby rynkowej, modernizowane lub zamieniane na bloki zasilane

gazem ziemnym. Dodatkowo w rozprawie przyjęto ograniczenie dla maksymalnej możliwej mocy wyprodukowanej w blokach gazowych na 11,8 GW. Wartość ta jest zakładana w dokumentach krajowych, zgodnie z PEP2040, jako maksymalna możliwa moc w elektrowniach zasilanych gazem ziemnym uzyskana w perspektywie 2030 roku.

#### **6.4.4.3. Import energii elektrycznej**

Na podstawie danych Polskie Sieci Elektroenergetyczne SA (PSE SA 2022) określono przepustowość dla importu energii elektrycznej na poziomie 327,624 TWh rocznie. Na potrzeby modelu założono, że wielkością bezpieczną będzie określenie możliwości importowej energii elektrycznej na poziomie 25% całkowitej ilości, tym samym założono maksimum importowe na poziomie 81,906 TWh rocznie. Wartość ta wydaje się być stosunkowo wysoka z uwagi na bieżące wartości zużycia rocznego, kształtujące się na poziomie około 13,3 TWh (Energia RP, 2023). Dla energii elektrycznej z importu cena przyjmowana jest jako wartość stała, założono 852,39 zł/MWh (2022 rok) (TGE, 2023).

#### **Założenia końcowe: Substytucja**

W modelu substytucji surowców energetycznych przyjmuje się, że dowolną ilość surowca można sprowadzić po określonej cenie, a głównym ograniczeniem jest przepustowość importowa oraz istniejąca obecnie infrastruktura i plany jej rozbudowy do 2030 roku (uwzględniając moce węglowe oraz gazowe). Przyjęto, że import jest prowadzony z rynku światowego, a zatem ilość importu nie wpływa na cenę ze względu na skalę rynku światowego. Ilość surowca, który może zastąpić węgiel kamienny energetyczny, jest determinowana zarówno przez tę przepustowość, jak i cenę, gdzie w modelu substytucji zawsze wybierany jest surowiec (paliwo – źródło energii) importowany tańszy, uwzględniając koszty na jednostkę energii oraz koszty przejścia na nową technologię.

W przypadku importu węgla kamiennego nie ponosimy kosztów przejścia (zmiany technologii), ponieważ nie zmieniamy technologii, a koszty są jedynie determinowane ceną węgla. Natomiast dla gazu ziemnego i energii elektrycznej obowiązuje opisana wyżej zasada.

Model substytucji działa w sposób, w którym dominuje surowiec (paliwo – źródło energii), którego koszty całkowite substytucji (zarówno zakupu, jak i ewentualnej zmiany technologii) są najniższe. Ograniczeniem jest zdolność importowa, co oznacza, że jeżeli węgiel kamienny energetyczny z importu jest tańszy od gazu ziemnego z importu (koszty całkowite jednego surowca są niższe od drugiego), substytucja będzie realizowana poprzez import węgla kamiennego energetycznego do maksymalnych mocy przesyłowych. Brakującą ilość energii może być substytuowana gazem ziemnym, którego koszty całkowite są wyższe niż węgla kamiennego energetycznego z importu, ale niższe niż koszty energii elektrycznej z importu.

W modelu wprowadzono również ograniczenie dla zmian technologii przejścia:

– dla sektora energetyki jest to ograniczenie związane z ilością posiadanych w kraju bloków energetycznych węglowych i gazowych – uwzględniając zasoby wytwórcze KSE.

Dla każdej zmiany technologii uwzględniono również tzw. koszty utopione, jako część kosztów inwestycji (Tarnawska, 2014). Koszty utopione to koszty, które nie mogą być odzyskane, a ich ponoszenie nie może być wstrzymane w momencie zaprzestania świadczenia usługi, która ponoszenia tych kosztów wymaga (Śliwa, 2012).

Decyzje dotyczące wyboru technologii substytucji oparte są na kosztach całkowitych. Porównanie tych kosztów zostało dokonane za pomocą Makr, zaimplementowanych w środowisku programistycznym programu MS Excel. To podejście pozwala na wyselekcjonowanie optymalnych ścieżek substytucji surowców energetycznych (zgodnych z założeniami modelu substytucji), uwzględniając zarówno aspekty ekonomiczne, jak i zdolności infrastruktury importowej i wytwórczej.

#### *Substytucja Część II tablicy przepływów międzygałęziowych*

Istotne w tej części tablicy przepływów międzygałęziowych jest to, że uwzględniany jest tu *Eksport* surowców krajowych, tym samym model substytucji w tej części tablicy przepływów międzygałęziowych został zbudowany tak, aby ubytek węgla następował w pierwszej kolejności poprzez zmniejszanie ilości eksportu węgla kamiennego krajowego. Dopiero gdy wartość *Eksportu* osiągnie poziom 0 (wystąpienie braku eksportu), zaczyna się proces substytucji.

#### *Substytucja Spożycie*

Substytuowanie w pozycjach *Spożycie w gospodarstwach domowych, w instytucjach niekomercyjnych działających na rzecz gosp. domowych* oraz w *instytucjach rządowych i samorządowych* następowało według założonej tendencji przechodzenia na źródła zasiania na przestrzeni lat, dane zebrane w dokumencie *Zużycie energii w gospodarstwach domowych w 2021 roku* (GUS, 2022a) (tabela 6.8).

Tabela 6.8. Udział gospodarstw domowych wykorzystujących poszczególne nośniki energii do ogrzewania pomieszczeń, %

Wyszczególnienie	2012	2015	2018	2021
Energia elektryczna	5,4	4,5	5,1	5,5
Ciepło z sieci	41,5	41,7	40,4	52,2
Gaz ziemny	8,8	10,1	14	14,6
Gaz ciekły (propan–butan)	0,3	0,3	0,5	0,8
Olej opałowy	0,4	0,4	0,5	0,3
Węgiel kamienny	40,8	40,4	36,5	20,9
Węgiel brunatny	1,4	1,1	0,5	0,4
Koks	0,7	0,8	0,6	0,2
Drewno opałowe	40	41,7	28,8	20,7
Inne rodzaje biomasy	4,3	3	1,3	2,3
Energia słoneczna	0,07	0,15	0,13	0,4
Pompa ciepła	0,05	0,07	0,28	0,69

Źródło: GUS (2022a)

### *Substytucja Część III tablicy przepływów międzygałęziowych*

Wszystkie parametry podatków w tym zakresie zostały obliczone na podstawie zmienionych w Wariantach redukcji i Substytucji wielkościach przepływów międzygałęziowych. Poszczególne wartości podatków obliczone zostały analogicznie jak w rozdziale (6.2.3 Obliczenia przepływów międzygałęziowych – część III macierz wartości dodanej brutto).

Poniżej zaprezentowano przykład obliczeń z uwzględnieniem założeń opisanych w podrozdziałach 6.4.1–6.4.4 dla przepływów międzygałęziowych w Zdekomponowanej tabeli przepływów międzygałęziowych. W tym zakresie skupiono się na zmianach przepływów w *TPMD* wynikających z wprowadzenia Wariantów Redukcji oraz Wariantów Substytucji (modelu substytucji). Do obliczeń przyjęto wartości zgodne z Załącznik 2, tabelą 6.1 oraz tabelą 6.5.

### *Część I tablicy przepływów międzygałęziowych*

Przepływy z gałęzi gospodarki do wszystkich pozostałych gałęzi gospodarki (wyłączając kierunek do *Gałęzi węglowych*, to jest *Węgiel kamienny energetyczny*, *Węgiel kamienny koksowy* oraz *Węgiel brunatny*), pozostają w stałej strukturze przepływów, jak wyznaczona została w Zdekomponowanej tablicy przepływów międzygałęziowych (*TPMD*) (Załącznik 2). Natomiast inna sytuacja występuje w przypadku przepływów z gałęzi gospodarki do *Gałęzi węglowych*, czyli przepływy



*Węgiel kamienny energetyczny* ( $x_{2,i,wke}$ ), *Węgiel kamienny koksowy* ( $x_{2,i,wkk}$ ), oraz *Węgiel brunatny* ( $x_{2,i,wb}$ ).

Przepływy z gałęzi gospodarki do *Gałęzi węglowych* dla *TPMD* (wyluczając przepływy z gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny*, *Ropa naftowa i gaz ziemny*, *rudy metali*, *produkty górnictwa pozostałe* oraz *Energia elektryczna, gaz, para wodna i gorąca woda*), obliczamy według algorytmów podanych poniżej, jak dla przykładu:

– przepływ z gałęzi *Produkty rolnictwa i łowiectwa* do gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny* ( $x_{2,pril,wke}$ ):

$$x_{2,pril,wke} = \frac{Z_{wke}^*}{Z_{wke}} * x_{1,pril,wke} \quad (54)$$

gdzie:

$x_{1,pril,wke}$  – przepływ z gałęzi *Produkty rolnictwa i łowiectwa* do gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny*, z *TPMD*, tys. zł,

$Z_{wke}$  – liczba osób zatrudnionych w gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny*, liczba osób,

$Z_{wke}^*$  – liczba osób zatrudnionych w gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny* po wprowadzeniu Wariantu Redukcji (WR25%, WR50%, WR75%, WR100%), liczba osób;

– przepływ z gałęzi *Produkty rolnictwa i łowiectwa* do gałęzi *Węgiel kamienny koksowy* ( $x_{2,pril,wkk}$ ):

$$x_{2,pril,wkk} = \frac{Z_{wkk}^*}{Z_{wkk}} * x_{1,pril,wkk} \quad (55)$$

gdzie:

$x_{1,pril,wkk}$  – przepływ z gałęzi *Produkty rolnictwa i łowiectwa* do gałęzi *Węgiel kamienny koksowy*, z *TPMD*, tys. zł,

$Z_{wkk}^*$  – liczba osób zatrudnionych w gałęzi *Węgiel kamienny koksowy* po wprowadzeniu Wariantu Redukcji (WR25%, WR50%, WR75%, WR100%), liczba osób,

$Z_{wkk}$  – liczba osób zatrudnionych w gałęzi *Węgiel kamienny koksowy*, liczba osób;

– przepływ z gałęzi *Produkty rolnictwa i łowiectwa* do gałęzi *Węgiel brunatny* ( $x_{2_{pr\ddot{u},wb}}$ ):

$$x_{2_{pr\ddot{u},wb}} = x_{1_{pr\ddot{u},wb}} \quad (56)$$

gdzie:

$x_{1_{pr\ddot{u},wb}}$  – przepływ z gałęzi *Produkty rolnictwa i łowiectwa* do gałęzi *Węgiel brunatny*, z *TPMD*, tys. zł.

Natomiast przepływy z gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny, Ropa naftowa i gaz ziemny, rudy metali, produkty górnictwa pozostałe oraz Energia elektryczna, gaz, para wodna i gorąca woda* obliczamy według następujących algorytmów (z wyłączeniem kierunków węglowych):

– przepływ z gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny* do gałęzi *Produkty rolnictwa i łowiectwa* do gałęzi ( $x_{2_{wke,pr\ddot{u}}}$ ):

$$x_{2_{wke,pr\ddot{u}}} = \frac{W_{wke}^*}{(W_{wke}^* + W_{wkk}^* + W_{wb}^*)} * x_{1_{wke,pr\ddot{u}}} + SEI_{wke1,wke} \quad (57)$$

gdzie:

$W_{wke}^*$  – ilość węgla kamiennego energetycznego po redukcji, po wprowadzeniu Wariantu Redukcji (WR25%, WR50%, WR75%, WR100%), Mg,

$W_{wkk}^*$  – ilość węgla kamiennego koksowego po redukcji, po wprowadzeniu Wariantu Redukcji (WR25%, WR50%, WR75%, WR100%), Mg,

$W_{wb}^*$  – ilość węgla brunatnego po redukcji, po wprowadzeniu Wariantu Redukcji (WR25%, WR50%, WR75%, WR100%), Mg,

$x_{1_{wke,pr\ddot{u}}}$  – przepływ z gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny* do gałęzi *Produkty rolnictwa i łowiectwa*, z *TPMD*, tys. zł,

$SEI_{wke1,wke}$  – wartość pieniężna całkowitej ilości energii jaką należy zaimportować do substytucji dla wszystkich substytutów ( $\sum_s EI_{s,i}$ ) w gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny*, tys. zł. Wartość  $SEI_{s,i}$  obliczana jako:

$$SEI_{s,i} = \sum_s (EI_{s,i} * CI_s) \quad (58)$$

gdzie:

$\sum_s EI_{s,i}$  – całkowita ilość energii jaką należy zaimportować do substytucji dla gałęzi  $i$  dla wszystkich substytutów, GJ,

$CI_s$  – cena surowca importowanego, który jest substytutem, tys. zł/GJ;

– przepływy z *Ropa naftowa i gaz ziemny, rudy metali, produkty górnictwa pozostałe* przeliczane są dla każdej gałęzi ( $x2_{rigz,j}$ ) jako suma:

$$x2_{rigz,j} = \frac{W_{wke}^*}{(W_{wke}^* + W_{wkk}^* + W_{wb}^*)} * x1_{rigz,j} + SEI_{gzl,j} \quad (59)$$

gdzie:

$SEI_{gzl,j}$  – wartość pieniężna całkowitej ilości energii jaką należy zaimportować do substytucji dla wszystkich substytutów ( $\sum_s EI_{s,j}$ ) (w tym przypadku substytucja gazem ziemnym z importu) w gałęzi *Ropa naftowa i gaz ziemny, rudy metali, produkty górnictwa pozostałe*, tys. zł,

$x1_{rigz,j}$  – przepływ z *Ropa naftowa i gaz ziemny, rudy metali, produkty górnictwa pozostałe* z TPMD, tys. zł,

– pozostałe oznaczenia jak we wzorze (57);

– przepływy z *Energia elektryczna, gaz, para wodna i gorąca woda* przeliczane są dla każdej gałęzi ( $x2_{eegipw,j}$ ) jako suma:

$$x2_{eegipw,j} = \frac{W_{wke}^*}{(W_{wke}^* + W_{wkk}^* + W_{wb}^*)} * x1_{eegipw,j} + SEI_{eel,j} \quad (60)$$

gdzie:

$SEI_{eel,j}$  – wartość pieniężna całkowitej ilości energii, jaką należy zaimportować do substytucji dla wszystkich substytutów ( $\sum_s EI_{s,i}$ ) (w tym przypadku substytucja energią elektryczną z importu) w gałęzi *Energia elektryczna, gaz, para wodna i gorąca woda*, tys. zł,

$x1_{eegipw,j}$  – przepływ z *Energia elektryczna, gaz, para wodna i gorąca woda* z TPMD, tys. zł.

– pozostałe oznaczenia jak we wzorze (57);

Natomiast przepływy z gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny, Ropa naftowa i gaz ziemny, rudy metali, produkty górnictwa pozostałe* oraz *Energia elektryczna, gaz, para wodna i gorąca woda* dla kierunków węglowych:

– przepływ z gałęzi *Ropa naftowa i gaz ziemny, rudy metali, produkty górnictwa pozostałe* do gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny* ( $x_{2rigz,wke}$ ):

$$x_{2rigz,wke} = \frac{W_{wke}^* * e_{wke}}{(W_{wke}^* * e_{wke} + W_{wkk}^* * e_{wkk} + W_{wb}^* * e_{wb})} * x_{1rigz,wke} \quad (61)$$

gdzie:

$W_{wke}^*$  – ilość węgla kamiennego energetycznego po redukcji, po wprowadzeniu Wariantu Redukcji (WR25%, WR50%, WR75%, WR100%), Mg,

$W_{wkk}^*$  – ilość węgla kamiennego koksowego po redukcji, po wprowadzeniu Wariantu Redukcji (WR25%, WR50%, WR75%, WR100%), Mg,

$W_{wb}^*$  – ilość węgla brunatnego po redukcji, po wprowadzeniu Wariantu Redukcji (WR25%, WR50%, WR75%, WR100%), Mg,

$e_{wke}$  – energochłonność węgla kamiennego energetycznego, kWh/Mg,

$e_{wkk}$  – energochłonność węgla kamiennego koksowego, kWh/Mg,

$e_{wb}$  – energochłonność węgla brunatnego, kWh/Mg,

$x_{1rigz,wke}$  – przepływ z *Ropa naftowa i gaz ziemny, rudy metali, produkty górnictwa pozostałe* do gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny* z TPMD, tys. zł;

– przepływ z gałęzi *Ropa naftowa i gaz ziemny, rudy metali, produkty górnictwa pozostałe* do gałęzi *Węgiel kamienny koksowy* ( $x_{2rigz,wkk}$ ):

$$x_{2rigz,wkk} = \frac{W_{wkk}^* * e_{wkk}}{(W_{wke}^* * e_{wke} + W_{wkk}^* * e_{wkk} + W_{wb}^* * e_{wb})} * x_{1rigz,wkk} \quad (62)$$

gdzie:

$x_{1rigz,wkk}$  – przepływ z *Ropa naftowa i gaz ziemny, rudy metali, produkty górnictwa pozostałe* do gałęzi *Węgiel kamienny koksowy* z TPMD, tys. zł,

– pozostałe oznaczenia jak we wzorze (61);

– przepływ z gałęzi *Ropa naftowa i gaz ziemny, rudy metali, produkty górnictwa pozostałe* do gałęzi *Węgiel kamienny brunatny* ( $x2_{rigz,wb}$ ):

$$x2_{rigz,wb} = \frac{W_{wb}^* * e_{wb}}{(W_{wke}^* * e_{wke} + W_{wkk}^* * e_{wkk} + W_{wb}^* * e_{wb})} * x1_{rigz,wb} \quad (63)$$

gdzie:

$x1_{rigz,wb}$  – przepływ z *Ropa naftowa i gaz ziemny, rudy metali, produkty górnictwa pozostałe* do gałęzi *Węgiel brunatny z TPMD*, tys. zł,

– pozostałe oznaczenia jak we wzorze (61);

Przepływy z kierunku *Energia elektryczna, gaz, para wodna i gorąca woda*:

1. *Energia elektryczna, gaz, para wodna i gorąca woda* do wszystkich gałęzi poza węglowymi:

$$x2_{eegipw,j} = x1_{eegipw,j} + SEI_{s,j} \quad (64)$$

gdzie:

$x1_{eegipw,j}$  – przepływ z gałęzi *Energia elektryczna, gaz, para wodna i gorąca woda* z *TPMD*, tys. zł,

$SEI_{s,j}$  – wartość pieniężna całkowitej ilości energii, jaką należy zaimportować do substytucji dla wszystkich substytutów ( $\sum_s EI_{s,j}$ ) w gałęzi *Energia elektryczna, gaz, para wodna i gorąca woda*, tys. zł;

2. *Energia elektryczna, gaz, para wodna i gorąca woda* do gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny* ( $x2_{eegipw,wke}$ ):

$$x2_{eegipw,wke} = \frac{W_{wke}^* * e_{wke}}{(W_{wke}^* * e_{wke} + W_{wkk}^* * e_{wkk} + W_{wb}^* * e_{wb})} * x1_{eegipw,wke} \quad (65)$$

gdzie:

$x1_{eegipw,wke}$  – przepływ z *Energia elektryczna, gaz, para wodna i gorąca woda* do gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny* z *TPMD*, tys. zł,

– pozostałe oznaczenia jak we wzorze (61);

3. *Energia elektryczna, gaz, para wodna i gorąca woda do gałęzi Węgiel kamienny koksowy* ( $x2_{eegipw,wkk}$ ):

$$x2_{eegipw,wkk} = \frac{W_{wkk}^* * e_{wkk}}{(W_{wke}^* * e_{wke} + W_{wkk}^* * e_{wkk} + W_{wb}^* * e_{wb})} * x1_{eegipw,wkk} \quad (66)$$

gdzie:

$x1_{eegipw,wkk}$  – przepływ z *Energia elektryczna, gaz, para wodna i gorąca woda do gałęzi Węgiel kamienny koksowy z TPMD*, tys. zł,

– pozostałe oznaczenia jak we wzorze (61);

4. *Energia elektryczna, gaz, para wodna i gorąca woda do gałęzi Węgiel kamienny brunatny* ( $x2_{eegipw,wb}$ ):

$$x2_{eegipw,wb} = \frac{W_{wb}^* * e_{wb}}{(W_{wke}^* * e_{wke} + W_{wkk}^* * e_{wkk} + W_{wb}^* * e_{wb})} * x1_{eegipw,wb} \quad (67)$$

gdzie:

$x1_{eegipw,wb}$  – przepływ z *Energia elektryczna, gaz, para wodna i gorąca woda do gałęzi Węgiel brunatny z TPMD*, tys. zł,

– pozostałe oznaczenia jak we wzorze (61).

### *Część III tablicy przepływów międzygałęziowych*

Biorąc pod uwagę część referencyjnej tablicy związaną z wielkością płaconych podatków, dla poszczególnych opłat przyjęto następujące założenia (z wyjątkiem *Gałęzi węglowych*, dla których wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 6.2):

- podatki od produktów pomniejszone o dotacje od produktów – *PPdp2* – pozostają niezmiennie ponieważ nie zmienia się wielkość produkcji w gałęzi, pozostaje ona na stałym poziomie (zmienia się natomiast koszt wytworzenia produktu), dlatego wartość podatków od produkcji pozostanie na niezmiennym poziomie, wartość będzie zgodna z wartością z tablicy przepływów międzygałęziowych zdekomponowanej (*TPMD*),
- koszty związane z zatrudnieniem – *KZ2* – pozostają niezmiennie ponieważ zakładamy, że przy zmianie technologii wytwarzania z węglowej na substytucyjną zatrudnienie pozostaje niezmiennie tym samym wielkość kosztów związanych z zatrudnieniem pozostaje niezmienna, wartość będzie zgodna z wartością z tablicy przepływów międzygałęziowych zdekomponowanej (*TPMD*),
- pozostałe podatki pomniejszone o dotacje związane z produkcją – *POPdp2* – zakładam niezmiennie, podobnie jak w przypadku pozycji *podatki od produktów*

*pomniejszone o dotacje od produktów*, również jest to wielkość zależna od wielkości produkcji, która pozostaje na niezmiennym poziomie, wartość będzie zgodna z wartością z tablicy przepływów międzygałęziowych zdekomponowanej (TPMD),

– amortyzacja środków trwałych –  $AM2$  – wartość ta ulega zmianie w stosunku do wartości z tablicy zdekomponowanej. Wartość *Amortyzacji* obliczana jest na podstawie wielkości ponoszonych nakładów inwestycyjnych. Przy czym sama wielkość amortyzacji zależy również od czasu życia instalacji – im dłuższy okres życia, tym mniejsza wartość amortyzacji, wszystko to zostało uwzględnione przy obliczeniu tej wartości. Wyjaśnienie sposobu obliczania pozycji *Amortyzacja (AM)* w tablicy przepływów międzygałęziowych powstałej po zastosowaniu modelu substytucji. Dlatego też wartość *Amortyzacji* po zastosowaniu modelu substytucji jest obliczana w następujący sposób:

$$AM2_i = AM1_i + KN_{gz,i} + KN_{ee,i} \quad (68)$$

oraz

$$KN_{gz,i} = \frac{EI_{gz,i}}{3,6} * \frac{IN_{gz}}{LT_{gz}} \quad (69)$$

$$KN_{ee,i} = \frac{EI_{ee,i}}{3,6} * \frac{IN_{ee}}{LT_{ee}} \quad (70)$$

gdzie:

$AM1_i$  – wartość *Amortyzacja* z TPMD, tys. zł,

$KN_{gz,i}$  – roczny koszt nakładu inwestycyjnego dla technologii zasilanej źródłem energii (paliwem)  $s$  – gaz ziemny dla gałęzi  $i$ , tys.zł,

$IN_{gz}$  – jednostkowe nakłady inwestycyjne przejścia na technologię gaz ziemny, tys. zł/MW,

$LT_{gz}$  – liczba lat życia technologii gazowej,

$KN_{ee,i}$  – roczny koszt nakładu inwestycyjnego dla technologii zasilanej źródłem energii (paliwem)  $s$  – energia elektryczna dla gałęzi  $i$ , tys.zł,

$IN_{ee}$  – jednostkowe nakłady inwestycyjne przejścia na technologię energia elektryczna, tys. zł/MW,

$LT_{ee}$  – liczba lat życia technologii wykorzystującej energię elektryczną,

– pozostałe oznaczenia jak we wzorach (48,50).

– *Nadwyżka operacyjna netto (NO<sub>n2</sub>)* – wartość ta ulega zmianie w stosunku do wartości z Zdekomponowanej tablicy. Jest ona obliczana jako:

$$NO_{n2j} = (NO_{n1j} - (\sum_s KoEI_{s,j} + x_{2_{wke,j}} - x_{1_{wke,j}})) * \frac{RP1_j + \Delta RP_j}{RP1_j} \quad (71)$$

oraz

$$\Delta RP_j = RP2_j - RP1_j \quad (72)$$

gdzie:

$\sum_s KoEI_{s,j}$  – koszt całkowitej ilości energii jaką należy zaimportować do substytucji dla wszystkich  $s$  (substytutów), dla gałęzi  $j$ , tys.zł/rok,

$x_{1_{wke,j}}$  – przepływ z gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny* do gałęzi  $j$  z *TPMD*, tys. zł,

$x_{2_{wke,j}}$  – przepływ z gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny* do gałęzi  $j$  po zastosowaniu Wariantu Redukcji i Wariantu Substytucji, tys. zł,

$NO_{n1j}$  – *Nadwyżka operacyjna netto z TPMD*, tys. zł,

$RP2_j$  – *Razem produkty* po wprowadzeniu Wariantu Redukcji i Wariantu Substytucji, tys. zł,

$RP1_j$  – *Razem produkty z TPMD*, tys. zł.

#### 6.4.5. Scenariusze Badawcze – Warianty Migracji

Niniejszy rozdział obejmuje migrację pracowników, którzy utracą pracę w wyniku zamknięcia kopalń węgla kamiennego energetycznego w Polsce (zmniejszenia wydobycia węgla kamiennego energetycznego). Analiza bazuje na podstawie założonych Wariantów Redukcji wydobycia węgla kamiennego energetycznego.

W celu przeprowadzenia szczegółowej analizy wpływu migracji pracowników z sektora węgla kamiennego energetycznego na produkcję całkowitą w innych sektorach, przebranżowienia górników z likwidowanych kopalń, w ramach restrukturyzacji górnictwa. Przeprowadzono analizę oraz obliczenia dla możliwości zatrudnienia górników w innych sektorach gospodarki krajowej. W tym celu wykorzystano dane dotyczące tendencji zatrudnienia podanych przez *Rocznik Statystyczny pracy 2017* (dane dotyczące 2015 roku (GUS, 2017b)).

W celu systematycznego podejścia do analizy możliwości migracji przeprowadzono sekwencję działań (etapów), które były realizowane oddzielnie dla każdej gałęzi gospodarki uwzględnionej w tablicy przepływów międzygałęziowych (*TPMD*). Przeprowadzono następująco:



1. Rozpoczęto od zastosowania danych dotyczących zatrudnienia w poszczególnych sektorach gospodarki, uwzględnionych w tablicach przepływów międzygałęziowych, przyjęto to jako bazę do obliczeń (GUS, 2017b).
2. Przeprowadzono kalkulację liczby osób, które przeszłyby z gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny* i *Węgiel kamienny koksowy* do innych sektorów gospodarki (zmiana branż), uwzględnionych w tablicy przepływów międzygałęziowych.
3. Obliczenie wskaźnika produktywności kosztów pracy. Produktywność kosztów pracy, rozumiana jako wartość produkcji wytworzonej w danym okresie przez jednego pracującego (Hall i in., 1997; Wellbeing Polska, 2023). Parametr użyto jako miernik produktywności dla pracowników poszczególnych gałęzi gospodarki, przeliczono dla każdej gałęzi gospodarki.
4. Wyznaczenie średniego wynagrodzenia dla każdej gałęzi gospodarki.
5. Określenie wzrostu wielkości produkcji w poszczególnych gałęziach (z wyjątkiem *Gałęzi węglowych*) wynikające ze zwiększenia liczby pracowników.

Przyjęte etapy analizy miały na celu dostarczenie kompleksowej perspektywy zmian w zatrudnieniu, produktywności i wynagrodzeniach, skoncentrowanej na procesie rozdziału węgla między sektorami gospodarki.

Liczbę pracowników, którzy przejdą z gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny* i *Węgiel kamienny koksowy* do innej gałęzi gospodarki  $Lp_{wk,i}$  obliczano według ustalonego algorytmu:

$$Lp_{wk,i} = \frac{Z_i}{\sum_i Z_i - Z_{wkib}} * Lp_{wk}^* \quad (73)$$

gdzie:

$Z_i$  – liczba osób zatrudnionych w gałęzi w gałęzi  $i$  w danym roku, liczba osób,

$\sum_i Z_i$  – suma zatrudnienia w gałęziach gospodarki, liczba osób w danym roku, liczba osób,

$Z_{wkib}$  – liczba osób zatrudnionych w *Gałęziach węglowych*, w danym roku, liczba osób,

$Lp_{wk}^*$  – całkowita liczba pracowników przechodzących z gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny* i *Węgiel kamienny koksowy* do innych gałęzi gospodarki po zastosowaniu Wariantów Redukcji i Substytucji, liczba osób, obliczona jako:

$$Lp_{wke}^* = ((Z_{wke} - Z_{wke}^*) + (Z_{wkk} - Z_{wkk}^*)) * (1 - pp) \quad (74)$$

gdzie:

$Z_{wke}$  – liczba osób zatrudnionych w gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny*, liczba osób w danym roku, liczba osób,

$Z_{wke}^*$  – liczba osób zatrudnionych w gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny* po redukcji wydobycia węgla kamiennego energetycznego w danym roku, liczba osób w danym roku, liczba osób,

$Z_{wkk}$  – liczba osób zatrudnionych w gałęzi *Węgiel kamienny koksowy*, liczba osób w danym roku, liczba osób,

$Z_{wkk}^*$  – liczba osób zatrudnionych w gałęzi *Węgiel kamienny koksowy* po wprowadzeniu Wariantu Redukcji (WR25%, WR50%, WR75%, WR100%), liczba osób w danym roku, liczba osób,

$pp$  – udział osób przechodzących na emeryturę, %.

Zgodnie z wzorami (73 i 74) należy zaznaczyć, że pracownicy gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny* i *Węgiel kamienny koksowy* trafiają do gałęzi innych niż *Gałęzie węglowe*.

Produktywność kosztów pracy w gałęzi  $i$  ( $PKP_i$ ) obliczano według ustalonego algorytmu:

$$PKP_i = \frac{X_i}{Z_i} \quad (75)$$

gdzie:

$X_i$  – zużycie globalne produktów gałęzi  $i$ , tys. zł,

$Z_i$  – liczba osób zatrudnionych w gałęzi  $i$  w danym roku, liczba osób.

Analiza wartości średniego wynagrodzenia w gałęziach na podstawie danych pochodzących z *Rocznika statystycznego pracy* (GUS, 2017b) przyporządkowano do odpowiednich gałęzi gospodarki uwzględnionych w Zdekomponowanej tablicy przepływów międzygałęziowych.

Oszacowanie wzrostu wielkości produkcji w poszczególnych sektorach (z wyjątkiem *Gałęzi węglowych*) wynikające ze zwiększenia liczby pracowników składało się z dwóch części, to jest:

- obliczenie zmiany wartości produkcji ( $WP_i$ , tys.zł), spowodowanej zwiększeniem liczby pracowników (przechodzących z zamykanych kopalń węgla kamiennego energetycznego) do innych gałęzi gospodarki ujętych w Zdekomponowanej tablicy przepływów międzygałęziowych:

$$WP_i = Lp_{wke,i} * PKP_i \quad (76)$$

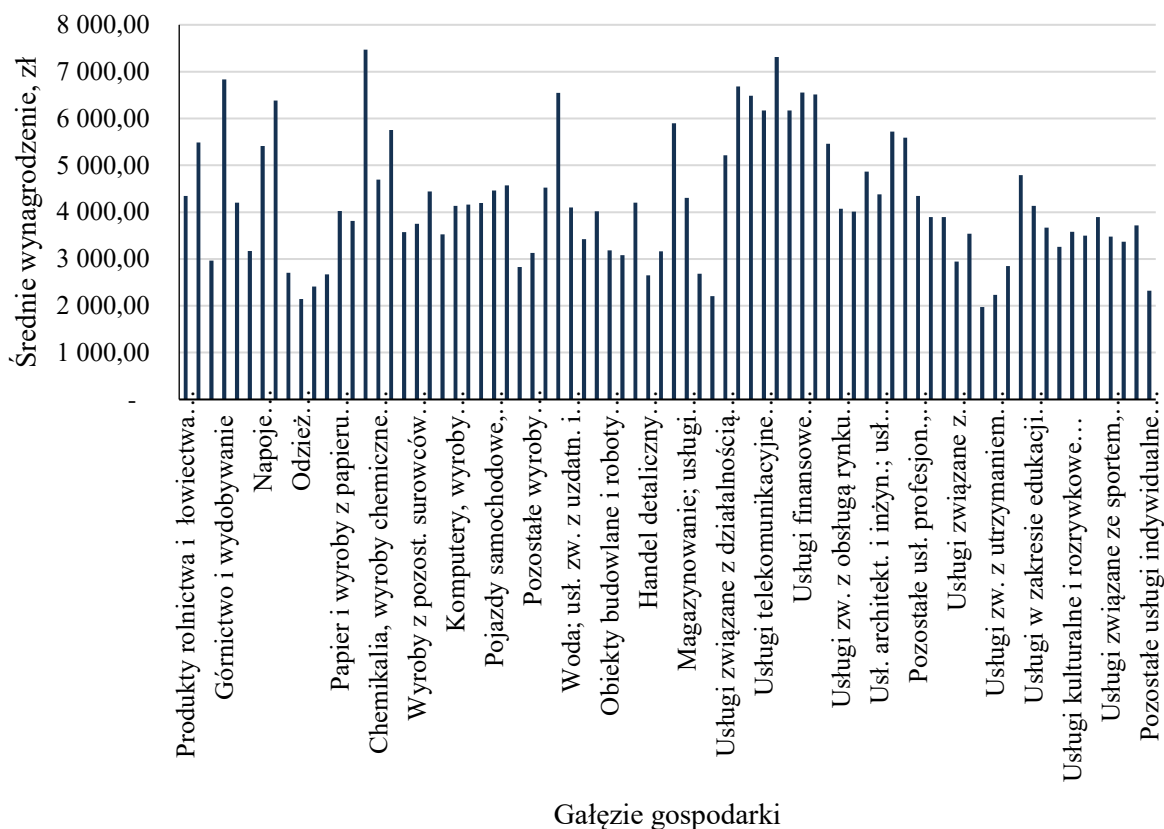
– oznaczenia jak we wzorach (73 i 75).

– całkowita wartość produkcji w gałęzi  $i$  ( $CP_i$ ) po zatrudnieniu dodatkowych pracowników dla każdej gałęzi gospodarki ujętych w Zdekomponowanej tablicy przepływów międzygałęziowych obliczana według wzoru (z wyłączeniem *Gałęzi węglowych*):

$$CP_i = X_i + WP_i \quad (77)$$

– oznaczenia jak we wzorach (75 i 76).

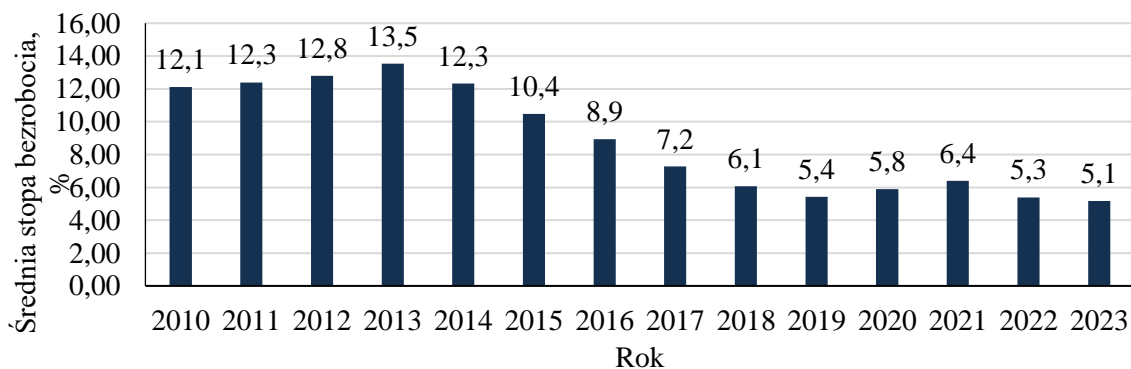
Średnie wynagrodzenie w poszczególnych sektorach gospodarki ujętych w tablicy przepływów międzygałęziowych uwzględniającej rozdział węgla tablicy przepływów międzygałęziowych w 2015 roku przedstawiono na poglądowym rysunku (rys. 6.5).



Rys. 6.5. Średnie wynagrodzenie w poszczególnych gałęziach gospodarki, 2015 rok

Źródło: opracowanie własne na podstawie GUS (2017b)

Z danych GUS wynika że poziom bezrobocia w kraju sukcesywnie spada, co możemy zaobserwować na wykresie (rys. 6.6).



Rys. 6.6. Średnia stopa bezrobocia w Polsce, %

Źródło: Opracowanie własne na podstawie GUS (2023e)

Obecnie wskaźnik bezrobocia jest stosunkowo niski, oznacza to, że liczba osób bezrobotnych w kraju maleje. Tym samym istnieje możliwość, że przedsiębiorcy poszukują nowych pracowników na rynku pracy. W związku z powyższym występuje realna szansa na zatrudnienie pracowników pozostających na rynku pracy z restrukturyzowanych przedsiębiorstw.

W rozdziale 6.4.2. omówiono, że każdy z Wariantów Redukcji prowadzi do zmniejszenia wydobycia węgla kamiennego energetycznego, co w konsekwencji skutkuje zmniejszeniem liczby zatrudnionych osób w tej branży. W rezultacie zwolnieni pracownicy górnictwa będą poszukiwać nowych miejsc pracy, co skłania do podjęcia opracowania Wariantu Migracji, w którym symulowane będą możliwości przejścia pracowników *Gałęzi węglowych* do innych gałęzi gospodarki.

Analiza danych historycznych ujawniła, że część osób zwolnionych w wyniku redukcji etatów w branży nie podjęła nowego zatrudnienia i opuściła rynek pracy. Dlatego też, w ramach rozprawy przyjęto założenie, że 10% (*pp*) pracowników z gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny* i gałęzi *Węgiel kamienny koksowy*, którzy zostali zwolnieni wskutek zmniejszenia wydobycia węgla kamiennego energetycznego, opuściło rynek pracy. Szacując odsetek odchodzących pracowników, wzięto pod uwagę różne aspekty. Możliwość wystąpienia braku alternatyw zatrudnienia, a co za tym idzie po utracie pracy w branży górniczej niektórzy pracownicy mogą mieć trudności ze znalezieniem nowej pracy, szczególnie jeśli ich umiejętności i doświadczenie są specyficzne dla tej dziedziny. Kolejnym czynnikiem jest możliwość pogorszenia warunków zatrudnienia – w przypadku zmniejszenia wydobycia węgla kamiennego energetycznego mogą wystąpić pogorszone warunki pracy, redukcja płac lub zmniejszenie dostępnych korzyści socjalnych. To może sprawić, że niektórzy pracownicy zdecydują się na rezygnację z poszukiwania nowej pracy. Istnieje również możliwość, że niektórzy z pracowników mogą zdecydować się na wcześniejsze przejście na emeryturę lub skorzystanie z innych świadczeń, takich jak renta, zamiast kontynuacji aktywności zawodowej. Część pracowników może również zdecydować się na reorientację zawodową lub podjęcie edukacji w celu zdobycia nowych umiejętności dostosowanych do innych sektorów gospodarki.

Ta obserwacja sugeruje, że skuteczne zarządzanie procesem migracji jest kluczowe dla złagodzenia negatywnych skutków redukcji zatrudnienia w sektorze górniczym. W związku z tym konieczne jest podejmowanie działań mających na celu zapewnienie alternatywnych możliwości zatrudnienia dla pracowników z tej branży, aby wspierać ich przejście do innych gałęzi gospodarki.

Rozważanie możliwości migracji pracowników w kontekście zmian strukturalnych górnictwie jest niezwykle złożonym zagadnieniem, do którego można podejść wieloaspektowo. Istnieją różne możliwości i strategie, które można rozważyć, mając na uwadze zarówno aspekty społeczne, jak i gospodarcze. Aspekty społeczne poruszano w publikacjach (Hubert i in., 2023; Kowalik i in. 2024).

Istnieje wiele możliwości migracji, a co za tym idzie: migracja pracowników umożliwia przekierowanie zasobów ludzkich z sektora górniczego do innych gałęzi gospodarki, które mogą być bardziej dynamiczne i perspektywiczne. Jest to istotne ze względu na elastyczność rynku pracy i zdolność do adaptacji do zmian strukturalnych. Dodatkowo migracja pracowników może przyczynić się do dywersyfikacji umiejętności i kompetencji zawodowych, co może zwiększyć odporność pracowników na przyszłe zmiany na rynku pracy i poprawić ich konkurencyjność. Proces migracji może stymulować rozwój innych sektorów gospodarki poprzez wprowadzenie nowych talentów i doświadczeń, co może przyczynić się do wzrostu gospodarczego i tworzenia nowych miejsc pracy.

### **Migracja – podejście stosowane w rozprawie**

W rozprawie doktorskiej zdecydowano o przyjęciu kierunku migracji, który będzie uwzględniał dwa aspekty – liczbę osób obecnie zatrudnianych w danej gałęzi oraz wielkość strat jakie dana gałąź poniesie po wprowadzonych Wariantach Redukcji (WR25%, WR50%, WR75%, WR100%). Postępując zgodnie z wzorem:

$$\Delta Z_i = f(\text{scenariusz}(WR, WS2), Z_i, WP_i) \quad (78)$$

gdzie:

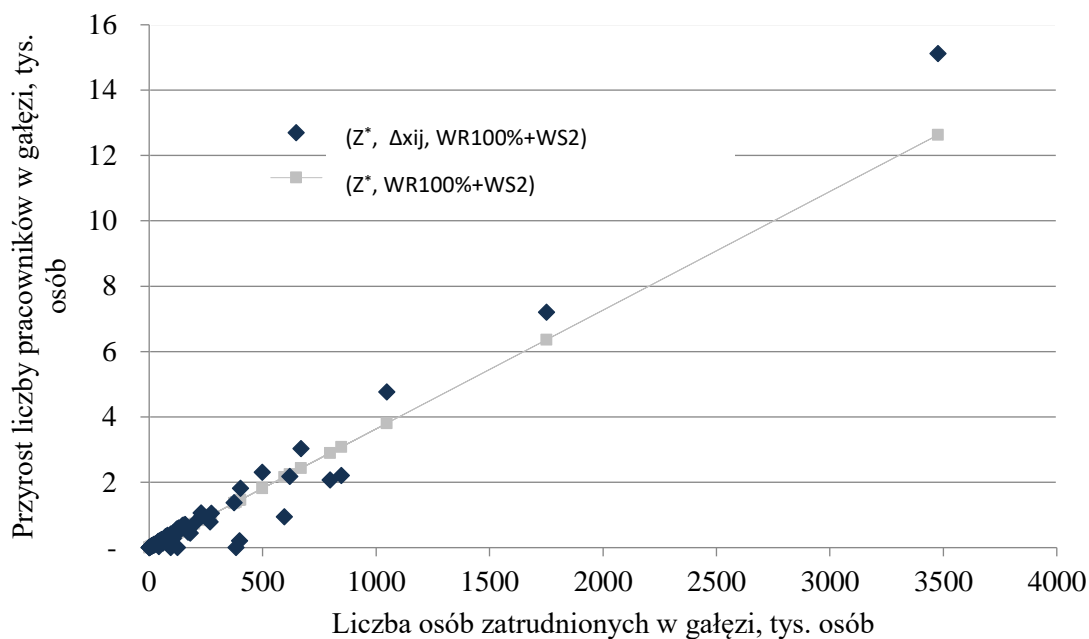
*WR* – Wariant Redukcji, możliwa redukcja wydobycia węgla kamiennego energetycznego krajowego o 25%, 50%, 75 i 100%,

*WS2* – Wariant Substytucji, substytucja węgla kamiennego energetycznego krajowego, węglem kamiennym energetycznym z importu, gazem ziemnym z importu oraz energią elektryczną z importu,

*Z<sub>i</sub>* – liczba osób zatrudnionych w gałęzi *i* w danym roku, liczba osób,

*WP<sub>i</sub>* – wartości produkcji obliczana zgodnie z wzorem (76), tys. zł.

Kierując się zasadą, że większa liczba osób przejdzie z gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny* i *Węgiel kamienny koksowy* do gałęzi, które obecnie zatrudniają większą liczbę osób w stosunku do pozostałych rozpatrywanych branż oraz, że większa liczba osób przejdzie do branż, które były mniej od górnictwa uzależnione (straciły mniej po zastosowaniu Wariantów Redukcji). Zasadę tę przedstawia rysunek 6.7.



Rys. 6.7. Przyrost liczby pracowników w gałęziach, tys. osób

Źródło: Opracowanie własne

Przyjęcie zasady, że większa liczba osób zwolnionych z gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny* i *Węgiel kamienny koksowy* przechodzi do sektorów mniej uzależnionych od górnictwa i zatrudniających większą liczbę pracowników jest uzasadnione z kilku powodów. W pierwszej kolejności, branże mniej uzależnione od górnictwa są bardziej stabilne i mniej narażone na zmiany strukturalne związane z redukcją wydobycia węgla kamiennego. Dzięki temu praca w tych branżach może być bardziej odporna na zmiany koniunktury, co zwiększa perspektywy zatrudnienia dla pracowników przechodzących z sektora górniczego. Następnie, sektory zatrudniające większą liczbę pracowników oferują większe możliwości zatrudnienia dla osób przechodzących z gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny* i *Węgiel kamienny koksowy*. Wprowadzenie większej liczby pracowników do tych sektorów może być łatwiejsze i bardziej efektywne w kontekście absorbowania dużej ilości pracowników z gałęzi *Węgiel kamienny energetyczny* i *Węgiel kamienny koksowy*. Warto również zauważyć, że takie podejście ma potencjał stymulowania wzrostu gospodarczego poprzez dywersyfikację zatrudnienia i przekierowanie zasobów ludzkich do sektorów o większym potencjale rozwoju. Jest to szczególnie ważne w kontekście transformacji strukturalnej gospodarki, gdzie konieczne jest dostosowanie się do nowych warunków rynkowych i promowanie innowacyjności oraz konkurencyjności. W ten sposób, przyjęcie zasady skierowania większej liczby pracowników do branż mniej uzależnionych od górnictwa węglowego i zatrudniających większą liczbę osób, wydaje się logiczne z punktu widzenia zarówno stabilności zatrudnienia, jak i perspektyw rozwoju gospodarczego.

W ramach rozprawy doktorskiej, decyzja o wyborze sposobu migracji pracowników jako preferowanego sposobu radzenia sobie z redukcją zatrudnienia w sektorze górnictwym została zatem podjęta po uwzględnieniu szerokiej gamy czynników

gospodarczych, społecznych i strukturalnych, które wpływają na dynamikę rynku pracy i perspektywy rozwoju gospodarczego.

W rozprawie założono, że migracja pracowników do innych gałęzi spowoduje wzrost produkcji w tych gałęziach gospodarki, do których pracownicy przejdą. Powyższe można uzasadnić tym, że pracownicy z sektora górniczego mogą przynieść ze sobą specjalistyczne umiejętności i doświadczenie, które mogą być cenne w innych branżach. Ich obecność może zwiększyć efektywność i wydajność produkcji w gałęziach do których przejdą. Ponadto może zwiększyć się dostępność siły roboczej w tych sektorach, co może prowadzić do zwiększenia produkcji dla zaspokojenia rosnącego popytu na produkty i usługi. Dodatkowo nowi pracownicy mogą przynieść ze sobą innowacyjne pomysły, co może prowadzić do rozwoju nowych technologii w branżach, do których się przemieszczają. Zwiększenie liczby pracowników w innych niż węglowe gałęziach może przyczynić się do rozwoju tych sektorów poprzez zwiększenie konkurencji, zwiększenie różnorodności produktów i usług oraz poprawę jakości. Wszystkie te czynniki mogą wspólnie przyczynić się do wzrostu produkcji w sektorach gospodarki, które absorbują pracowników z sektora górniczego. Jednakże, skuteczność tego procesu może być zależna od wielu czynników, takich jak dostępność zasobów, infrastruktura czy polityka gospodarcza.

Poniżej zaprezentowano przykład obliczeń z uwzględnieniem założeń opisanych w podrozdziałach 6.4.1–6.4.5 dla przepływów międzygałęziowych w Zdekomponowanej tabeli przepływów międzygałęziowych. W tym zakresie skupiono się na zmianach przepływów w *TPMD* wynikających z wprowadzenia Wariantów Redukcji oraz Wariantów Substytucji (Modelu Substytucji), dla każdej części macierzy, to jest dla cz. I. *MZP*, cz. II *MPK* oraz cz. III *MWD*. Jak wspomniano w opisie rozdziału 6 – w tej części pokazane są obliczenia wynikowe w zakresie redukcji, substytucji oraz migracji. Do obliczeń przyjęto wartości zgodne z Załącznik 2 oraz zgodne z tabelą 6.1. Czyli obliczenia dla zdekomponowanych tablic wynikowych, które oprócz Wariantów Redukcji i substytucji uwzględniają również Wariant Migracji (wartości obliczane dla tych tablic oznaczane cyfrą 3, ich liczba zależy od iloczynu Wariantów Redukcji i Substytucji oraz Migracji).

Migracja pracowników prowadzi do zmian w przepływach międzygałęziowych w gospodarce, co skutkuje tym, że przepływy międzygałęziowe dla branż gospodarki (dla cz. I tablicy przepływów międzygałęziowych) po jej uwzględnieniu obliczono zatem jako:



– przepływ z *Produkty rolnictwa i łowiectwa* do *Produkty rolnictwa i łowiectwa* ( $x_{3_{pril,pril}}$ ):

$$x_{3_{pril,pril}} = x_{2_{pril,pril}} + \Delta x_{2_{pril,pril}}^m \quad (79)$$

gdzie:

$x_{2_{pril,pril}}$  – przepływ z gałęzi *Produkty rolnictwa i łowiectwa* do gałęzi *Produkty rolnictwa i łowiectwa* z tablicy *TPMD* po zastosowaniu Wariantów Redukcji i Wariantów Substytucji, tys. zł,

$\Delta x_{2_{pril,pril}}^m$  – zmiana przepływu z gałęzi *Produkty rolnictwa i łowiectwa* do gałęzi *Produkty rolnictwa i łowiectwa* po zastosowaniu Wariantów Redukcji i Wariantów Substytucji oraz migracji. Obliczana jako:

$$\Delta x_{2_{pril,pril}}^m = \frac{x_{2_{pril,pril}}}{\sum_j x_{2_{pril,j}}} * Q_{pril} \quad (80)$$

gdzie:

$\sum_j x_{2_{pril,j}}$  – suma zużycia pośredniego dla gałęzi *Produkty rolnictwa i łowiectwa*, tys. zł,

$Q_{pril}$  – liczone według wzorów dla  $Q_i$  (objaśnienia w dalszej części pracy „Obliczenia ogólne dla Scenariuszy”),

– pozostałe oznaczenia jak we wzorze (79).

W przypadku powyższych obliczeń operacje wykonano na macierzach, ponieważ zmianę w gałęzi gospodarki odnoszono do zmian w jej całości, spowodowanych migracją pracowników w obrębie całej gospodarki, a nie tylko pojedynczej gałęzi.

W związku z migracją pracowników dokonano również przeliczeń dla części III tablicy przepływów międzygałęziowych.

Dla poszczególnych opłat przyjęto następujące założenia:

– *Podatki od produktów pomniejszone o dotacje od produktów* ( $PPdp3_j$ ):

$$PPdp3_j = PPdp2_j * \frac{RP2_j + \Delta RP_j}{RP2_j} \quad (81)$$

oraz

$$\Delta RP_j = RP3_j - RP2_j \quad (82)$$

gdzie:

$PPdp2_j$  – *Podatki od produktów pomniejszone o dotacje od produktów* uwzględniające Wariant Redukcji i Wariant Substytucji, tys. zł,

$RP2_j$  – *Razem produkty* uwzględniające Wariant Redukcji i Wariant Substytucji, tys. zł,

$RP3_j$  – Razem produkty uwzględniające Wariant Redukcji i Wariant Substytucji oraz Wariant Migracji, tys. zł;

– Koszty związane z zatrudnieniem ( $KZ3_j$ ):

$$KZ3_j = KZ2_j * \frac{RP2_j + \Delta RP_j}{RP2_j} \quad (83)$$

oraz

$$\Delta RP_j = RP3_j - RP2_j \quad (84)$$

gdzie:

$KZ2_j$  – Koszty związane z zatrudnieniem uwzględniające Wariant Redukcji i Wariant Substytucji, tys. zł,

$RP2_j$  – Razem produkty uwzględniające Wariant Redukcji i Wariant Substytucji, tys. zł,

$RP3_j$  – Razem produkty uwzględniające Wariant Redukcji i Wariant Substytucji oraz Wariant Migracji, tys. zł;

– Pozostałe podatki pomniejszone o dotacje związane z produkcją ( $POPdp3_j$ ):

$$POPdp3_j = POPdp2_j * \frac{RP2_j + \Delta RP_j}{RP2_j} \quad (85)$$

oraz

$$\Delta RP_j = RP3_j - RP2_j \quad (86)$$

gdzie:

$POPdp2_j$  – Pozostałe podatki pomniejszone o dotacje związane z produkcją uwzględniające Wariant Redukcji i Wariant Substytucji, tys. zł,

$RP2_j$  – Razem produkty uwzględniające Wariant Redukcji i Wariant Substytucji, tys. zł,

$RP3_j$  – Razem produkty uwzględniające Wariant Redukcji i Wariant Substytucji oraz Wariant Migracji, tys. zł;

– Nadwyżka operacyjna netto ( $NO_{n3_j}$ ):

$$NO_{n3_j} = NO_{n2_j} * \frac{RP_{2_j} + \Delta RP_j}{RP_{2_j}} \quad (87)$$

oraz

$$\Delta RP_j = RP_{3_j} - RP_{2_j} \quad (88)$$

gdzie:

$RP_{2_j}$  – Razem produkty uwzględniające Wariant Redukcji i Wariant Substytucji, tys. zł,

$RP_{3_j}$  – Razem produkty uwzględniające Wariant Redukcji i Wariant Substytucji oraz Wariant Migracji, tys. zł;

$NO_{n2_j}$  – Nadwyżka operacyjna netto uwzględniająca Wariant Redukcji i Wariant Substytucji, tys. zł.

– Amortyzacja środków trwałych ( $AM_{3_j}$ ):

$$AM_{3_j} = AM_{2_j} * \frac{RP_{2_j} + \Delta RP_j}{RP_{2_j}} \quad (89)$$

oraz

$$\Delta RP_j = RP_{3_j} - RP_{2_j} \quad (90)$$

gdzie:

$RP_{2_j}$  – Razem produkty uwzględniające Wariant Redukcji i Wariant Substytucji, tys. zł,

$RP_{3_j}$  – Razem produkty uwzględniające Wariant Redukcji i Wariant Substytucji oraz Wariant Migracji, tys. zł;

$AM_{2_j}$  – Amortyzacja środków trwałych uwzględniająca Wariant Redukcji i Wariant Substytucji, tys. zł.

### **Obliczenia ogólne dla Scenariuszy**

Reasumując, na podstawie wszystkich możliwych Scenariuszy badawczych, obejmujących zaprezentowane w rozdziale 6 możliwości Redukcji, Substytucji oraz Migracji, oszacowano wektory zmian dla każdego scenariusza.

Obliczenia dla wektora zmian przepływów obliczono następująco:

$$\vec{Q} = A * \overline{WP} \quad (91)$$

gdzie:

$\vec{Q}$  – wektor ( $n \times n$ ) współczynników zmian

$$\vec{Q} = \begin{bmatrix} Q_1 \\ \dots \\ Q_i \end{bmatrix} \quad (92)$$

gdzie:

$$A = [a_{i,j}] = \begin{bmatrix} \frac{x_{1,1}}{X_1} & \dots & \frac{x_{1,n}}{X_n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{x_{n,1}}{X_1} & \dots & \frac{x_{n,n}}{X_n} \end{bmatrix} \quad (93)$$

$A$  – macierz ( $n \times n$ ) współczynników produktywności ( $a_{ij}$ ),

$$\vec{WP} = \begin{bmatrix} WP_1 \\ \dots \\ WP_i \end{bmatrix} \quad (94)$$

$\vec{WP}$  – wektor współczynników zmian wartości produkcji.

W związku z wprowadzeniem substytucji krajowego węgla kamiennego energetycznego innymi surowcami, która była dokonana w I części tablicy przepływów międzygałęziowych, zmieniła się wartość wektora zużycia pośredniego, co skutkowało koniecznością przeliczenia popytu końcowego zgodnie z wzorem:

– dla popytu końcowego:

$$Y = L * X \quad (95)$$

Analogicznie, w związku z prowadzeniem substytucji węgla innymi surowcami która była dokonana w II części tablicy przepływów międzygałęziowych, zmieniła się wartość wektora zużycia końcowego, co skutkowało koniecznością przeliczenia wielkości produkcji globalnej, zgodnie z wzorem:

– dla produkcji globalnej:

$$X = L^{-1} * Y \quad (96)$$

### **Migracja – próba losowa**

Dodatkowo wykonano symulacje w zakresie migracji losowej. Migracja – próba losowa nie została zastosowana w ramach rozprawy została przeprowadzona dodatkowo. Aby sprawdzić możliwy zakres zmian rozkładu wyników spowodowany możliwością migracji, wykonano również symulację losowej możliwości przejścia pracowników górniczych.

W przypadku losowej migracji pracowników PKB może wzrosnąć o średnio 0,218%, co zostało potwierdzone w przeprowadzonej symulacji Monte Carlo.

Dokonując tej próby, możliwości przejścia pracowników losowo, utwierdzono się w przekonaniu, że Wariant Migracji zaproponowany w rozprawie (czyli zmiana miejsc pracy na te, które mniej straciły w Wariacie Redukcji oraz zatrudniają obecnie większą liczbę pracowników) jest wariantem bardziej prawdopodobnym i lepiej pokazującym rzeczywiste możliwości migracji pracowników.

### **Analiza wrażliwości oraz analiza regresji**

W ramach rozprawy wykonano również próby zastosowania analizy wrażliwości oraz analizy regresji, w celu sprawdzenia możliwego wpływu poszczególnych czynników jakimi są: redukcja wydobycia węgla kamiennego energetycznego (w ramach Wariantów Redukcji), cena węgla kamiennego energetycznego z importu, cena gazu ziemnego z importu, na zmianę PKB.

Przeprowadzając wstępną analizę regresji, zauważono, że nie można przyjąć wprost wartości wpływu ceny surowców z importu sumarycznie dla wszystkich Wariantów Redukcji (Wariantu Redukcji 25%, 50%, 75% oraz 100%). Zauważono zatem, że przy różnych Wariantach Redukcji wydobycia węgla kamiennego energetycznego powinny być założone różne przeliczniki, dostosowane do poziomu redukcji wydobycia. W przypadku WR25% zmiana ceny węgla kamiennego energetycznego o 100 zł, ma inny (mniejszy) wpływ na PKB niż w przypadku całkowitej redukcji wydobycia (WR100%), różnica wpływu cen jest tutaj około trzykrotna. Tym samym można wnioskować, że wpływ ceny węgla kamiennego z importu na zmianę PKB jest zależny od wielkości redukcji wydobycia krajowego węgla kamiennego energetycznego oraz ceny gazu ziemnego z importu. Zatem jako kierunek dalszych badań wskazuję w ostatnim rozdziale kalkulację współczynnika zależności redukcji wydobycia węgla kamiennego energetycznego oraz modelu substytucji do zmiany cen węgla kamiennego importowanego. Wielkości te należy ze sobą powiązać mając na uwadze, że nie jest możliwe wskazanie dla wszystkich Wariantów Redukcji i Substytucji łącznie przy pomocy analizy wrażliwości czy na przykład analizy regresji. Ponieważ przy każdym możliwym Wariacie Redukcji i Substytucji należałoby to robić osobno.

## 7. Obliczenia wartości Produktu Krajowego Brutto dla Scenariuszy badawczych

W niniejszym rozdziale zaprezentowano wyniki obliczeń dla poszczególnych Scenariuszy badawczych. Połączenie Wariantów Redukcji, Wariantów Substytucji oraz wprowadzenie Wariantu Migracji, pozwoliło na przygotowanie kombinacji wariantów dla możliwych do wystąpienia, w ramach wprowadzanego w Polsce procesu transformacji energetycznej, scenariuszy badawczych.

W ramach scenariusza referencyjnego zgodnie z rozdziałem 6.4.1 oraz w celu walidacji obliczeń wykonano analizę porównawczą wartości PKB wyliczoną na podstawie tablicy przepływów międzygałęziowych zgodnie z wzorem:

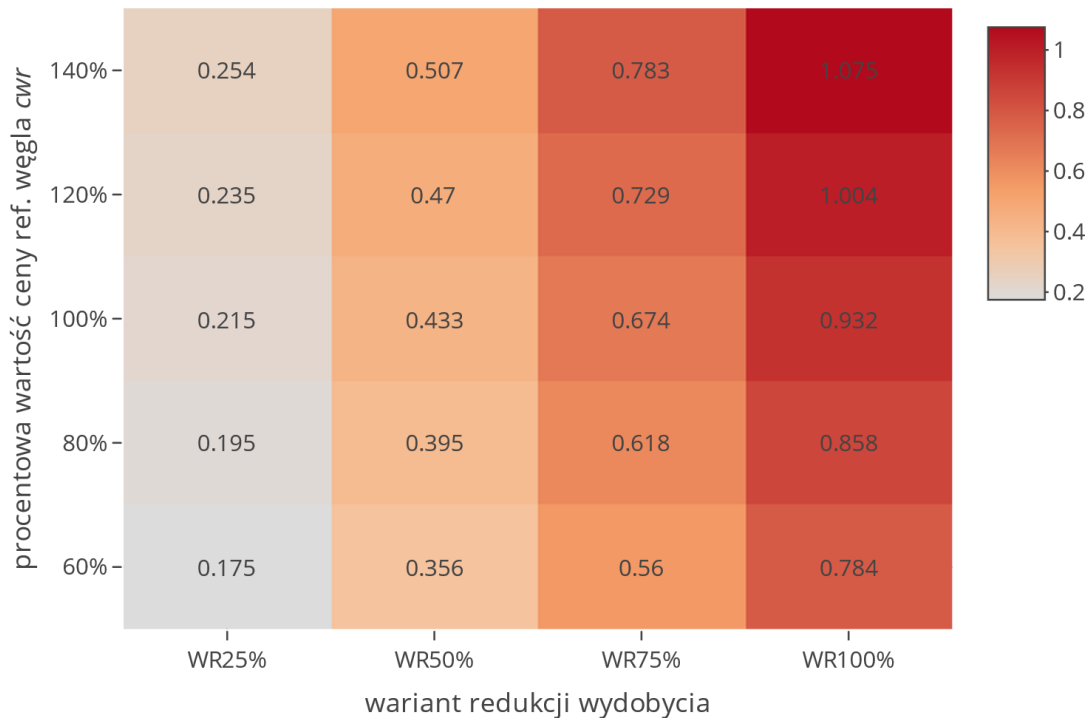
$$\begin{aligned} PKB &= \text{PRODUKCJA GLOBALNA} - \text{ZUŻYCIE POŚREDNIE} \\ &+ \text{PODATKI OD PRODUKTÓW POMNIEJSZANE O DOTACJE DO PRODUKTÓW} \end{aligned} \quad (97)$$

Otrzymano wynik 1 799 392 237 tys. zł. Porównując z oficjalną daną dla GUS z 2015 roku osiągnięto 100% zgodności. Dodatkowo obliczono udział górnictwa węgla kamiennego energetycznego w PKB z 2015 roku na podstawie *TPMD*, uzyskując informację, że udział ten wynosi 0,531%.

W celu sprawdzenia poprawności przygotowania Zdekomponowanej tablicy przepływów między gałęziowych zweryfikowano (oraz z uwzględnieniem wprowadzonych zmian ze względu na warianty redukcji, substytucji i migracji) bilans kolumn względem bilansu wierszy.

### 7.1. Wyniki Scenariuszy Badawczych – Wariant Substytucji WS1

W przypadku wyników obliczeń Wariantów Redukcji (WR25%, WR50%, WR75%, WR100%) oraz zastosowania Wariantu Substytucji WS1 oraz przy uwzględnieniu Migracji pracowników, otrzymujemy następujące wyniki w postaci mapy ciepła (rys.7.1).



Rys. 7.1. Procentowy spadek wartości PKB w funkcji Wariantów Redukcji wydobycia oraz procentowo wyrażonej ceny węgla z importu; z uwzględnieniem Wariantu Substytucji WS1 i Wariantu Migracji, na podstawie danych z 2015 roku

Źródło: Opracowanie własne

W przypadku, gdy całkowite zapotrzebowanie na węgiel kamienny energetyczny w kraju substytuujemy węglem z importu WS1 oraz uwzględnimy Migrację i zmniejszamy wydobycie węgla krajowego o:

1. 25% – (Wariant Redukcji WR25%) oraz w przypadku, gdy cena węgla z importu jest równa cenie węgla krajowego, to wartość PKB obniża się o 0,215%. Natomiast gdy cena węgla z importu jest niższa o 40% w stosunku do ceny węgla krajowego, to wartość PKB maleje o 0,175% i gdy cena węgla z importu jest niższa o 20% w stosunku do ceny węgla krajowego, to wartość PKB obniża się o 0,195%. Jednakże, gdy cena węgla z importu jest wyższa o 20% w stosunku do ceny węgla krajowego, to PKB maleje o 0,235%, natomiast gdy o 40%, to maleje o 0,254%,
2. 100% – (Wariant Redukcji WR100%) oraz w przypadku, gdy cena węgla z importu jest równa cenie węgla krajowego, to wartość PKB maleje o 0,932%. Natomiast gdy cena węgla z importu jest niższa o 40% w stosunku do ceny węgla krajowego, to wartość PKB maleje 0,784% i gdy cena węgla z importu jest niższa o 20% w stosunku do ceny węgla krajowego to wartość PKB maleje 0,858%. Jednakże, gdy cena węgla z importu jest wyższa o 20% w stosunku do

ceny węgla krajowego, to PKB maleje o 1,004%, natomiast gdy o 40%, to wartość PKB maleje o 1,075%.

Wraz ze wzrostem możliwej redukcji wydobycia węgla kamiennego energetycznego (od WR25% do WR100%), w przypadku gdy substytucja następuje tylko na węgiel kamienny energetyczny z importu, oraz gdy cena węgla kamiennego energetycznego importowanego jest równa cenie węgla krajowego, spadek wartości PKB mieści się w przedziale od 0,215 do 0,932%. Natomiast w przypadku, gdy zmieni się cena węgla z importu i gdy ceny węgla wzrosną o 40%, to przedział spadku wartości PKB wynosi od 0,254 do 1,075 (jest to najwyższy spadek wartości PKB przy tak założonej kombinacji Wariantów Redukcji, Substytucji oraz przy uwzględnieniu Migracji). Jednakże gdy ceny węgla importowanego będą niższe od cen krajowych, na przykład o 40% to wartości spadku PKB mieszczą się w przedziale od 0,175 do 0,784%).

Analizowany przypadek stanowi źródło odniesienia dla kolejnych obliczeń, w których uwzględniono możliwość w zakresie substytucji na inne źródła, jakimi są węgiel kamienny z importu, gaz ziemny z importu oraz energia elektryczna z importu.

Scenariusz badawczy dla WS1 ma charakter teoretyczny, służący podniesieniu możliwości odwołania się do niego w przypadku zastosowania scenariuszy uwzględniających substytucję w wariantach WS2.

## **7.2. Wyniki Scenariuszy Badawczych – Wariant Substytucji WS2**

W przypadku wyników obliczeń Wariantów Redukcji (WR25%, WR50%, WR75%, WR100%) oraz zastosowania Wariantu Substytucji WS2 oraz przy uwzględnieniu Migracji, otrzymujemy wyniki zaprezentowane w ramach niniejszego podrozdziału.

### **Cena gazu ziemnego niższa o 40%**

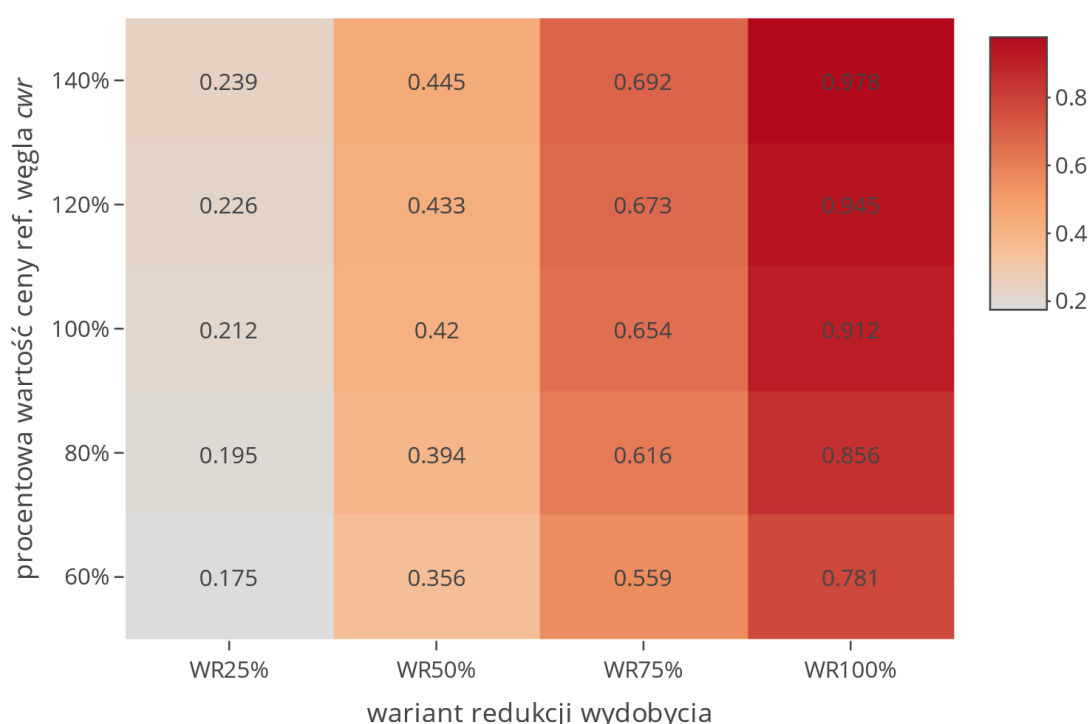
W przypadku, gdy całkowite zapotrzebowanie na węgiel kamienny energetyczny w kraju substytuujemy miksem surowców z importu, czyli węglem kamiennym energetycznym z importu, gazem ziemnym z importu oraz energią elektryczną z importu WS2, a cena gazu ziemnego importowanego jest niższa o 40% od ceny referencyjnej (cena referencyjna gazu ziemnego z importu – 0,7 zł/m<sup>3</sup>) oraz uwzględnimy Migrację i zmniejszamy wydobycie węgla krajowego o:

1. 25% – (Wariant Redukcji WR25%) oraz w przypadku, gdy cena węgla z importu jest równa cenie węgla krajowego, to wartość PKB obniża się o 0,212%. Natomiast gdy cena węgla z importu jest niższa o 40% w stosunku do ceny węgla krajowego, to wartość PKB maleje o 0,175% i gdy cena węgla z importu jest niższa o 20% w stosunku do ceny węgla krajowego, to wartość PKB obniża się o 0,195%. Jednakże, gdy cena węgla z importu jest wyższa o 20% w stosunku do ceny węgla krajowego to PKB maleje o 0,226%, natomiast gdy o 40% to maleje o 0,239%,



2. 100% – (Wariant Redukcji WR100%) oraz w przypadku, gdy cena węgla z importu jest równa cenie węgla krajowego, to wartość PKB maleje o 0,912%. Natomiast gdy cena węgla z importu jest niższa o 40% w stosunku do ceny węgla krajowego, to wartość PKB maleje 0,781% i gdy cena węgla z importu jest niższa o 20% w stosunku do ceny węgla krajowego, to wartość PKB maleje 0,856%. Jednakże, gdy cena węgla z importu jest wyższa o 20% w stosunku do ceny węgla krajowego, to PKB maleje o 0,945%, natomiast gdy o 40%, to wartość PKB maleje o 0,978%.

Wyniki dla różnych procentowanych wartości ceny referencyjnej węgla oraz różnych Wariantów Redukcji wydobywania przy założeniu zmniejszenia ceny gazu ziemnego o 40% zawarto na wykresie w postaci mapy ciepła (rys. 7.2).



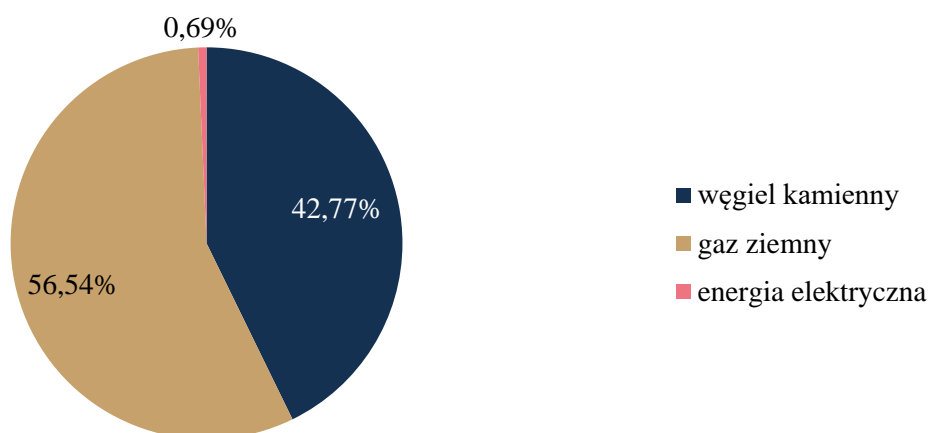
Rys. 7.2. Procentowy spadek wartości PKB w funkcji Wariantów Redukcji wydobywania oraz procentowo wyrażonej ceny węgla z importu; z uwzględnieniem Wariantu Substytucji WS2, zmniejszenia ceny gazu ziemnego o 40% i Wariantu Migracji, na podstawie danych z 2015 roku

Źródło: Opracowanie własne

Wraz ze wzrostem możliwej redukcji wydobywania węgla kamiennego energetycznego (od WR25% do WR100%), w przypadku gdy substytucja następuje na miks surowców, czyli na węgiel kamienny energetyczny z importu, gaz ziemny z importu oraz energię elektryczną z importu oraz gdy cena gazu ziemnego jest niższa od ceny referencyjnej o 40% i gdy cena węgla kamiennego energetycznego z importu jest równa cenie węgla krajowego spadek wartości PKB mieści się w przedziale od 0,175 do 0,781%. Natomiast w przypadku, gdy zmieni się cena węgla z importu i gdy ceny węgla wzrosną o 40%, to przedział spadku wartości PKB wynosi od 0,239 do 0,978% (jest to

najwyższy spadek wartości PKB przy tak założonej kombinacji Wariantów Redukcji, Substytucji oraz przy uwzględnieniu Migracji). Jednakże gdy ceny surowca importowanego są niższe od cen krajowych, na przykład o 40%, to wartości spadku PKB mieszczą się w przedziale od 0,239 do 0,978%.

W przypadku, gdy całkowite zapotrzebowanie na węgiel kamienny energetyczny w kraju substytuujemy miksem surowców z importu, czyli węglem kamiennym energetycznym z importu, gazem ziemnym z importu oraz energią elektryczną z importu WS2, a cena gazu ziemnego jest niższa o 40% od ceny referencyjnej (cena referencyjna gazu ziemnego z importu – 0,7 zł/m<sup>3</sup>) oraz uwzględnimy Migrację i całkowicie zaprzestaniemy wydobywać węgiel kamienny krajowy (WR100%), a cena węgla kamiennego energetycznego z importu będzie równa cenie węgla kamiennego energetycznego krajowego, to wynik modelu Substytucji wskazuje na następującą strukturę importu surowców (rys. 7.3). W tym przypadku najbardziej znaczący jest import gazu ziemnego stanowiący ponad 56%, udział węgla kamiennego energetycznego z importu stanowi 42,77% zastępowanej energii, niewielki jest udział energii elektrycznej z importu w strukturze.

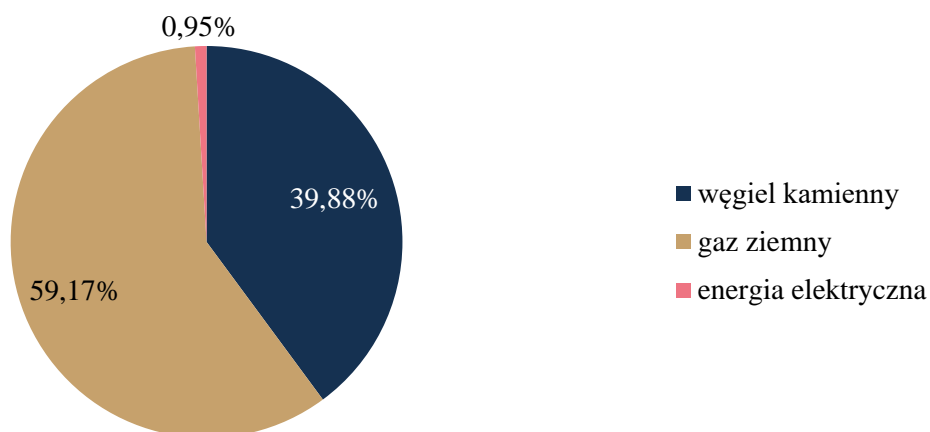


Rys. 7.3. Procentowy udział zastąpienia energii z węgla kamiennego energetycznego dla Wariantu Redukcji WR100%, Wariantu Migracji i Wariantu Substytucji WS2: zmniejszenie ceny gazu ziemnego o 40%, cena węgla z importu równa referencyjnej (cwr)

Źródło: Opracowanie własne

Natomiast, jeżeli całkowite zapotrzebowanie na węgiel w kraju substytuujemy miksem surowców z importu, czyli węglem kamiennym energetycznym z importu, gazem ziemnym z importu oraz energią elektryczną z importu WS2, a cena gazu ziemnego jest niższa o 40% od ceny referencyjnej (cena referencyjna gazu ziemnego z importu – 0,7 zł/m<sup>3</sup>) oraz uwzględnimy Migrację i całkowicie zaprzestaniemy wydobywać węgiel kamienny krajowy (WR100%), a cena węgla kamiennego energetycznego z importu będzie wyższa o 40% od ceny węgla kamiennego energetycznego krajowego, to wynik modelu Substytucji wskazuje na następującą strukturę importu surowców (rys. 7.4).

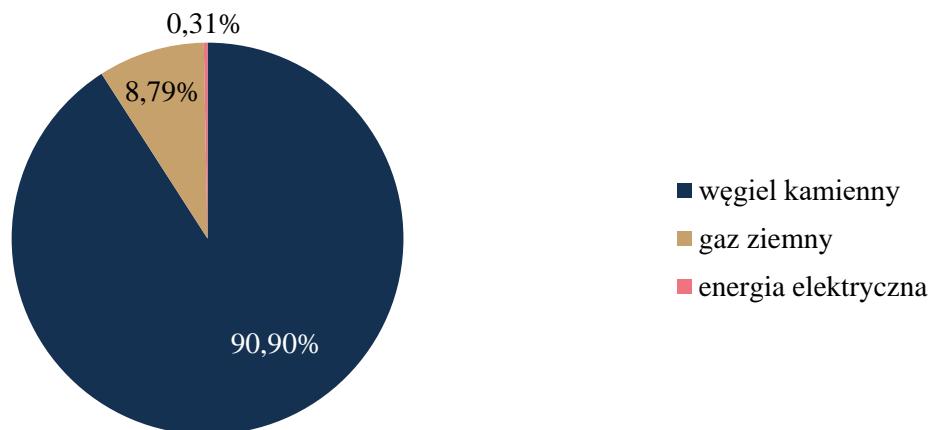
W tym przypadku udział węgla kamiennego energetycznego z importu nadal jest mniejszy niż gazu ziemnego i stanowi niecałe 40% zastępowanej energii, natomiast gaz ziemny z importu stanowi prawie 60%, niewielki jest udział energii elektrycznej z importu w strukturze.



Rys. 7.4. Procentowy udział zastąpienia energii z węgla kamiennego energetycznego dla Wariantu Redukcji WR100%, Wariantu Migracji i Wariantu Substytucji WS2: zmniejszenie ceny gazu ziemnego o 40%, cena węgla z importu wyższej o 40% od referencyjnej

Źródło: Opracowanie własne

W sytuacji, gdy całkowite zapotrzebowanie na węgiel kamienny energetyczny w kraju substytuujemy miksem surowców z importu, czyli węglem kamiennym energetycznym z importu, gazem ziemnym z importu oraz energią elektryczną z importu WS2, a cena gazu ziemnego jest niższa o 40% od ceny referencyjnej (cena referencyjna gazu ziemnego z importu – 0,7 zł/m<sup>3</sup>) oraz uwzględnimy Migrację i całkowicie zaprzestaniemy wydobywać węgiel kamienny krajowy (WR100%), a cena węgla kamiennego energetycznego z importu będzie niższa o 40% od ceny węgla kamiennego energetycznego krajowego, to wynik modelu Substytucji wskazuje na następującą strukturę importu surowców (rys. 7.5). W tym przypadku zdecydowanie prawie cała struktura importowa to węgiel kamienny z importu, stanowiący prawie 91% całości importu.



Rys. 7.5. Procentowy udział zastąpienia energii z węgla kamiennego energetycznego dla Wariantu Redukcji WR100%, Wariantu Migracji i Wariantu Substytucji WS2: zmniejszenie ceny gazu ziemnego o 40%, cena węgla z importu niższej o 40% od referencyjnej

Źródło: Opracowanie własne

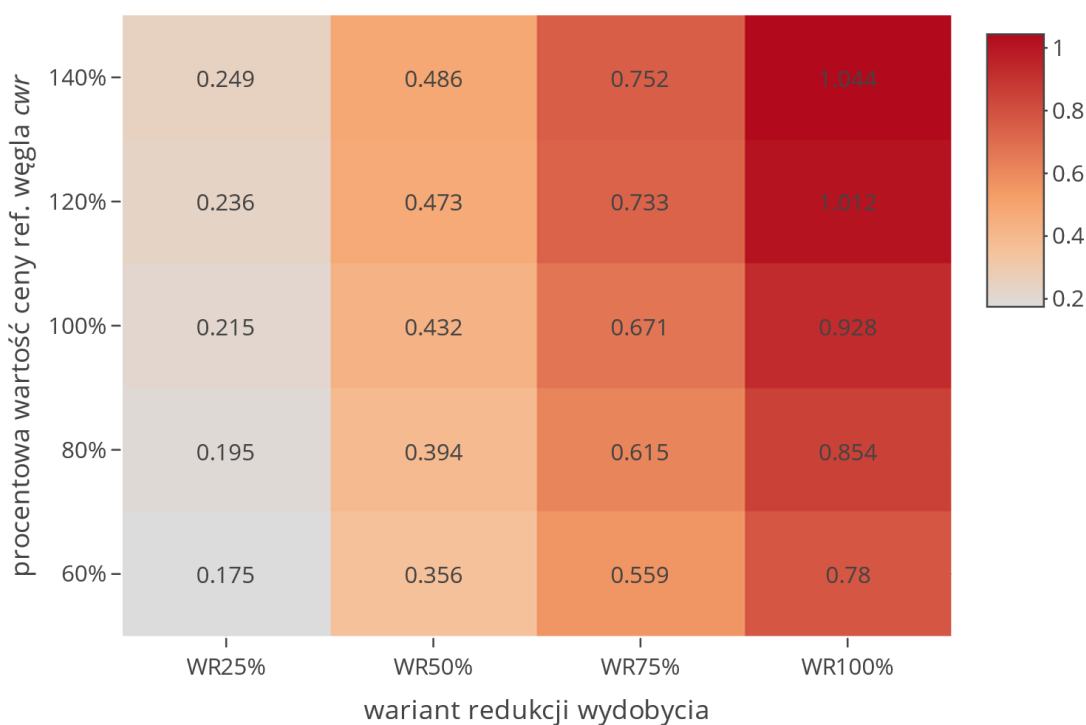
### **Cena gazu ziemnego niższa o 20%**

W przypadku, gdy całkowite zapotrzebowanie na węgiel kamienny energetyczny w kraju substytuujemy miksem surowców z importu, czyli węglem kamiennym energetycznym z importu, gazem ziemnym z importu oraz energią elektryczną z importu WS2, a cena gazu ziemnego jest niższa o 20% od ceny referencyjnej (cena referencyjna gazu ziemnego z importu – 0,7 zł/m<sup>3</sup>) oraz uwzględnimy Migrację i zmniejszamy wydobycie węgla krajowego o:

1. 25% – (Wariant Redukcji WR25%) oraz w przypadku, gdy cena węgla z importu jest równa cenie węgla krajowego, to wartość PKB obniża się o 0,215%. Natomiast gdy cena węgla z importu jest niższa o 40% w stosunku do ceny węgla krajowego, to wartość PKB maleje o 0,175% i gdy cena węgla z importu jest niższa o 20% w stosunku do ceny węgla krajowego, to wartość PKB obniża się o 0,195%. Jednakże, gdy cena węgla z importu jest wyższa o 20% w stosunku do ceny węgla krajowego, to PKB maleje o 0,236%, natomiast gdy o 40%, to maleje o 0,249%,
2. 100% – (Wariant Redukcji WR100%) oraz w przypadku, gdy cena węgla z importu jest równa cenie węgla krajowego, to wartość PKB maleje o 0,928%. Natomiast gdy cena węgla z importu jest niższa o 40% w stosunku do ceny węgla krajowego, to wartość PKB maleje 0,78% i gdy cena węgla z importu jest niższa o 20% w stosunku do ceny węgla krajowego, to wartość PKB maleje 0,854%. Jednakże, gdy cena węgla z importu jest wyższa o 20% w stosunku do ceny węgla krajowego, to PKB maleje o 1,012%, natomiast gdy o 40%, to wartość PKB maleje o 1,044%.

Powyższe zaprezentowano na wykresie (rys.7.6).

Wraz ze wzrostem możliwej redukcji wydobycia węgla kamiennego energetycznego (od WR25% do WR100%), w przypadku gdy substytucja następuje na miks surowców, czyli na węgiel kamienny energetyczny z importu, gaz ziemny z importu oraz energię elektryczną z importu oraz gdy cena gazu ziemnego jest niższa od ceny referencyjnej o 20% i gdy cena węgla kamiennego energetycznego z importu jest równa cenie węgla krajowego, spadek wartości PKB mieści się w przedziale od 0,215 do 0,928%. Natomiast w przypadku, gdy zmieni się cena węgla z importu i gdy ceny węgla wzrosną o 40% to przedział spadku wartości PKB wynosi od 0,249 do 1,044 (jest to najwyższy spadek wartości PKB przy tak założonej kombinacji Wariantów Redukcji, Substytucji oraz przy uwzględnieniu Migracji). Jednakże gdy ceny surowca importowanego są niższe od cen krajowych, na przykład o 40% to wartości spadku PKB mieszczą się w przedziale od 0,175 do 0,78%).



Rys. 7.6. Procentowy spadek wartości PKB w funkcji Wariantów Redukcji wydobycia oraz procentowo wyrażonej ceny węgla z importu; z uwzględnieniem Wariantu Substytucji WS2, zmniejszenia ceny gazu ziemnego o 20% i Wariantu Migracji, na podstawie danych z 2015 rok

Źródło: Opracowanie własne

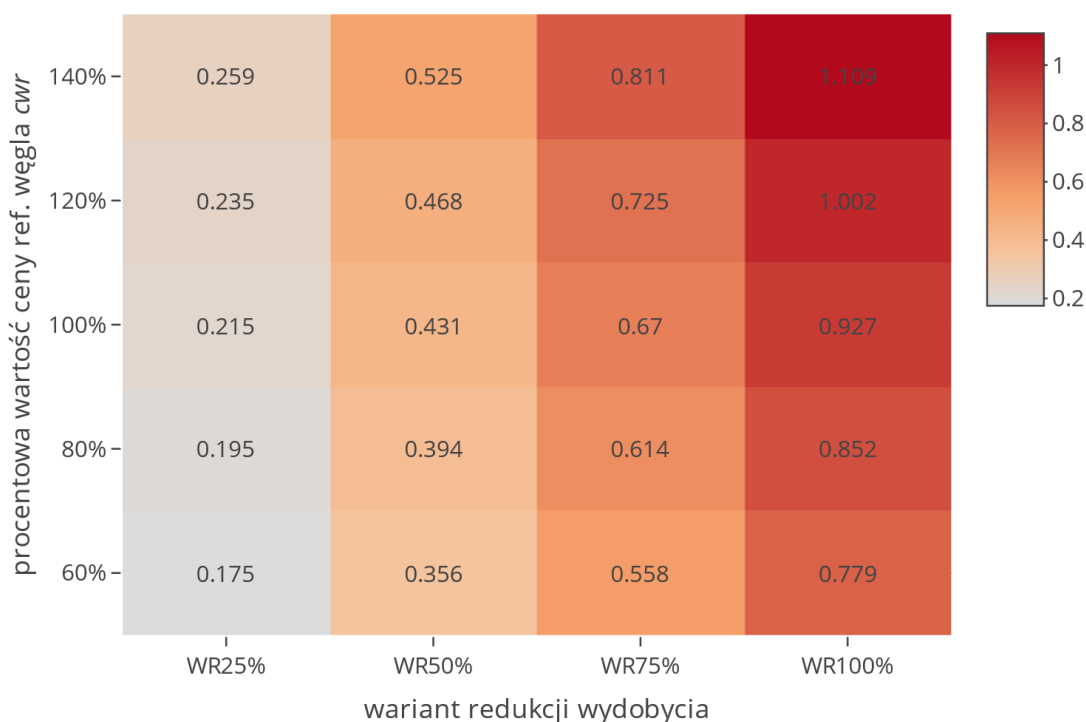
### Cena gazu ziemnego równa cenie referencyjnej

W przypadku, gdy całkowite zapotrzebowanie na węgiel kamienny energetyczny w kraju substytuujemy miksem surowców z importu, czyli węglem kamiennym energetycznym z importu, gazem ziemnym z importu oraz energią elektryczną z importu WS2, a cena gazu ziemnego jest równa cenie bazowej (cena referencyjna

gazu ziemnego z importu – 0,7 zł/m<sup>3</sup>) oraz uwzględnimy Migrację i zmniejszamy wydobycie węgla krajowego o:

1. 25% – (Wariant Redukcji WR25%) oraz w przypadku, gdy cena węgla z importu jest równa cenie węgla krajowego, to wartość PKB obniża się o 0,215%. Natomiast gdy cena węgla z importu jest niższa o 40% w stosunku do ceny węgla krajowego, to wartość PKB maleje o 0,175% i gdy cena węgla z importu jest niższa o 20% w stosunku do ceny węgla krajowego, to wartość PKB obniża się o 0,195%. Jednakże, gdy cena węgla z importu jest wyższa o 20% w stosunku do ceny węgla krajowego, to PKB maleje o 0,235%, natomiast gdy o 40%, to maleje o 0,259%,
2. 100% – (Wariant Redukcji WR100%) oraz w przypadku, gdy cena węgla z importu jest równa cenie węgla krajowego, to wartość PKB maleje o 0,927%. Natomiast gdy cena węgla z importu jest niższa o 40% w stosunku do ceny węgla krajowego, to wartość PKB maleje 0,779% i gdy cena węgla z importu jest niższa o 20% w stosunku do ceny węgla krajowego, to wartość PKB maleje 0,852%. Jednakże, gdy cena węgla z importu jest wyższa o 20% w stosunku do ceny węgla krajowego, to PKB maleje o 1,002%, natomiast gdy o 40%, to wartość PKB maleje o 1,109%.

Kompleksowe wyniki zaprezentowano na wykresie (rys. 7.7) w postaci mapy ciepła.



Rys. 7.7. Procentowy spadek wartości PKB w funkcji Wariantów Redukcji wydobywania oraz procentowo wyrażonej ceny węgla z importu; z uwzględnieniem Wariantu Substytucji WS2, cena gazu ziemnego równa wartości referencyjnej i Wariantu Migracji, na podstawie danych z 2015 roku

Źródło: Opracowanie własne

Wraz ze wzrostem możliwej redukcji wydobywania węgla kamiennego energetycznego (od WR25% do WR100%), w przypadku gdy substytucja następuje na miks surowców, czyli na węgiel kamienny energetyczny z importu, gaz ziemny z importu oraz energią elektryczną z importu oraz gdy cena gazu ziemnego jest równa cenie referencyjnej i gdy cena węgla kamiennego energetycznego importowanego równa jest cenie węgla krajowego, spadek wartości PKB mieści się w przedziale od 0,215 do 0,927%. Natomiast w przypadku, gdy zmieni się cena węgla z importu i gdy ceny węgla wzrosną o 40%, to przedział spadku wartości PKB wynosi od 0,259 do 1,109 (jest to najwyższy spadek wartości PKB przy tak założonej kombinacji Wariantów Redukcji, Substytucji oraz przy uwzględnieniu Migracji). Jednakże gdy ceny surowca importowanego są niższe od cen krajowych, na przykład o 40%, to wartości spadku PKB mieszczą się w przedziale od 0,175 do 0,779%.

### **Cena gazu ziemnego wyższa o 20%**

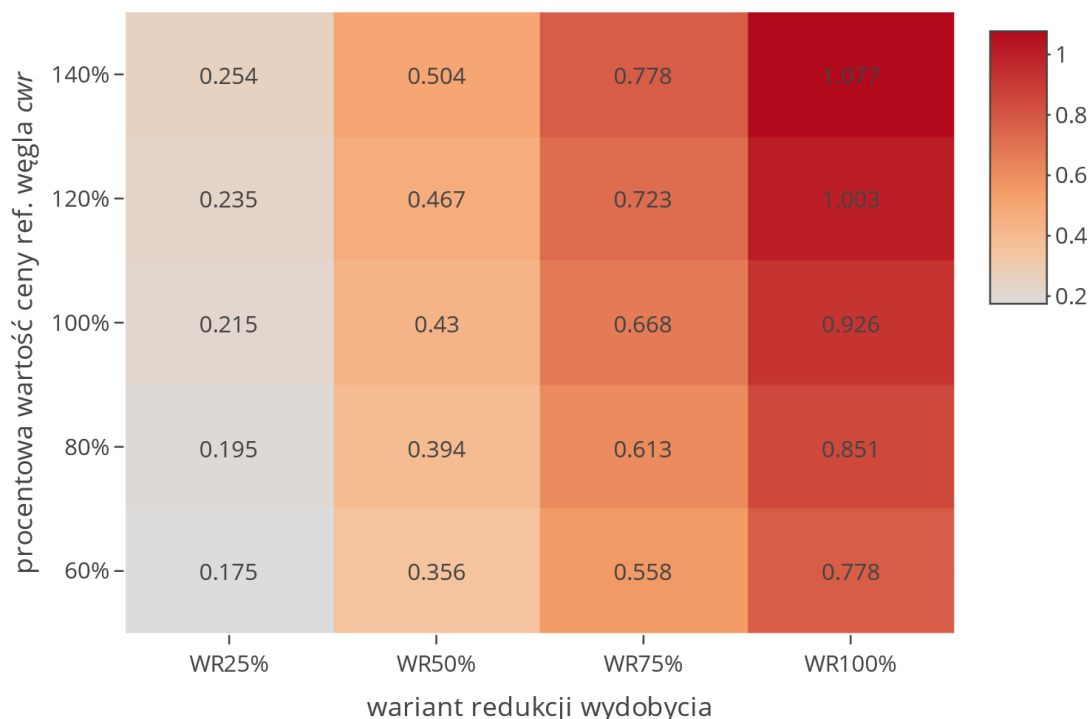
W przypadku, gdy całkowite zapotrzebowanie na węgiel kamienny energetyczny w kraju substytuujemy miksem surowców z importu, czyli węglem kamiennym energetycznym z importu, gazem ziemnym z importu oraz energią elektryczną z importu WS2, a cena gazu ziemnego jest wyższa o 20% od ceny referencyjnej (cena

referencyjna gazu ziemnego z importu – 0,7 zł/m<sup>3</sup>) oraz uwzględnimy Migrację i zmniejszamy wydobycie węgla krajowego o:

1. 25% – (Wariant Redukcji WR25%) oraz w przypadku, gdy cena węgla z importu jest równa cenie węgla krajowego, to wartość PKB obniża się o 0,215%. Natomiast gdy cena węgla z importu jest niższa o 40% w stosunku do ceny węgla krajowego, to wartość PKB maleje o 0,175% i gdy cena węgla z importu jest niższa o 20% w stosunku do ceny węgla krajowego, to wartość PKB obniża się o 0,195%. Jednakże, gdy cena węgla z importu jest wyższa o 20% w stosunku do ceny węgla krajowego, to PKB maleje o 0,235%, natomiast gdy o 40%, to maleje o 0,254%,
2. 100% – (Wariant Redukcji WR100%) oraz w przypadku, gdy cena węgla z importu jest równa cenie węgla krajowego, to wartość PKB maleje o 0,926%. Natomiast gdy cena węgla z importu jest niższa o 40% w stosunku do ceny węgla krajowego, to wartość PKB maleje 0,778% i gdy cena węgla z importu jest niższa o 20% w stosunku do ceny węgla krajowego, to wartość PKB maleje 0,851%. Jednakże, gdy cena węgla z importu jest wyższa o 20% w stosunku do ceny węgla krajowego, to PKB maleje o 1,003%, natomiast gdy o 40%, to wartość PKB maleje o 1,077%.

Procentowy spadek wartości PKB w funkcji Wariantów Redukcji wydobycia oraz procentowo wyrażonej ceny węgla z importu; z uwzględnieniem Wariantu Substytucji WS2, wzrostu ceny gazu ziemnego o 20% i Wariantu Migracji zaprezentowano na wykresie (rys. 7.8).





Rys. 7.8. Procentowy spadek wartości PKB w funkcji Wariantów Redukcji wydobycia oraz procentowo wyrażonej ceny węgla z importu; z uwzględnieniem Wariantu Substytucji WS2, wzrostu ceny gazu ziemnego o 20% i Wariantu Migracji, na podstawie danych z 2015 roku

Źródło: Opracowanie własne

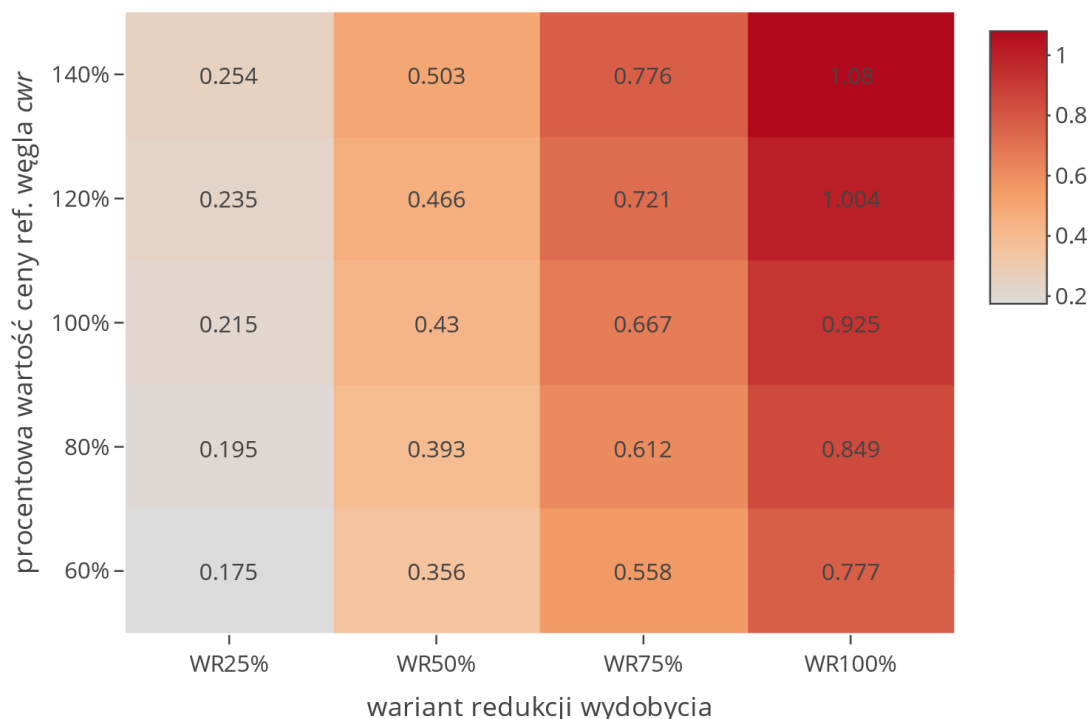
Wraz ze wzrostem możliwej redukcji wydobycia węgla kamiennego energetycznego (od WR25% do WR100%), w przypadku gdy substytucja następuje na miks surowców, czyli na węgiel kamienny energetyczny z importu, gaz ziemny z importu oraz energię elektryczną z importu oraz gdy cena gazu ziemnego jest wyższa od ceny referencyjnej o 20% i gdy cena węgla kamiennego energetycznego z importu jest równa cenie węgla krajowego, spadek wartości PKB mieści się w przedziale od 0,215 do 0,926%. Natomiast w przypadku, gdy zmieni się cena węgla z importu i gdy ceny węgla wzrosną o 40% to przedział spadku wartości PKB wynosi od 0,254 do 1,077% (jest to najwyższy spadek wartości PKB przy tak założonej kombinacji Wariantów Redukcji, Substytucji oraz przy uwzględnieniu Migracji). Jednakże gdy ceny surowca importowanego są niższe od cen krajowych, na przykład o 40%, to wartości spadku PKB mieszczą się w przedziale od 0,175 do 0,778%.

#### **Cena gazu ziemnego wyższa o 40%**

W przypadku, gdy całkowite zapotrzebowanie na węgiel kamienny energetyczny w kraju substytuujemy miksem surowców z importu, czyli węglem kamiennym energetycznym z importu, gazem ziemnym z importu oraz energią elektryczną z importu WS2, a cena gazu ziemnego jest wyższa o 40% od ceny referencyjnej (cena referencyjna gazu ziemnego z importu – 0,7 zł/m<sup>3</sup>) oraz uwzględnimy Migrację i zmniejszymy wydobycie węgla krajowego o:

1. 25% – (Wariant Redukcji WR25%) oraz w przypadku, gdy cena węgla z importu jest równa cenie węgla krajowego, to wartość PKB obniża się o 0,215%. Natomiast gdy cena węgla z importu jest niższa o 40% w stosunku do ceny węgla krajowego, to wartość PKB maleje o 0,175% i gdy cena węgla z importu jest niższa o 20% w stosunku do ceny węgla krajowego, to wartość PKB obniża się o 0,195%. Jednakże, gdy cena węgla z importu jest wyższa o 20% w stosunku do ceny węgla krajowego, to PKB maleje o 0,235%, natomiast gdy o 40% to maleje o 0,254%,
2. 100% – (Wariant Redukcji WR100%) oraz w przypadku, gdy cena węgla z importu jest równa cenie węgla krajowego, to wartość PKB maleje o 0,925%. Natomiast gdy cena węgla z importu jest niższa o 40% w stosunku do ceny węgla krajowego, to wartość PKB maleje 0,777% i gdy cena węgla z importu jest niższa o 20% w stosunku do ceny węgla krajowego, to wartość PKB maleje 0,849%. Jednakże, gdy cena węgla z importu jest wyższa o 20% w stosunku do ceny węgla krajowego, to PKB maleje o 1,004%, natomiast gdy o 40% to wartość PKB maleje o 1,08%.

Procentowy spadek wartości PKB w funkcji Wariantów Redukcji wydobycia oraz procentowo wyrażonej ceny węgla z importu; z uwzględnieniem Wariantu Substytucji WS2, wzrostu ceny gazu ziemnego o 40% i Wariantu Migracji zaprezentowano na wykresie (rys.7.9).

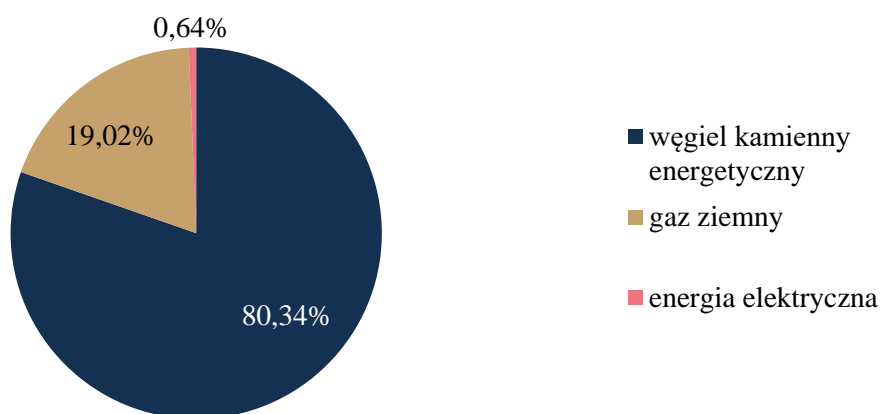


Rys. 7.9. Procentowy spadek wartości PKB w funkcji Wariantów Redukcji wydobycia oraz procentowo wyrażonej ceny węgla z importu; z uwzględnieniem Wariantu Substytucji WS2, wzrostu ceny gazu ziemnego o 40% i Wariantu Migracji, na podstawie danych z 2015 roku

Źródło: Opracowanie własne

Wraz ze wzrostem poziomu redukcji wydobycia węgla kamiennego energetycznego (od WR25% do WR100%) i w przypadku gdy substytucja następuje na węgiel kamienny energetyczny z importu, gaz ziemny z importu oraz energię elektryczną z importu, a także gdy cena gazu ziemnego jest wyższa od ceny referencyjnej o 40% i gdy cena węgla kamiennego energetycznego równej cenie węgla importowanego spadek wartości PKB mieści się w przedziale od 0,215 do 0,925%. Natomiast w przypadku, gdy zmieni się cena węgla z importu i gdy ceny węgla wzrosną o 40%, to przedział spadku wartości PKB wynosi od 0,254 do 1,08% (jest to najwyższy spadek wartości PKB przy tak uwzględnionej kombinacji Wariantów Redukcji, Substytucji oraz przy uwzględnieniu Migracji). Jednakże gdy ceny surowca importowanego są niższe od cen krajowych, na przykład o 40%, to wartości spadku PKB mieszczą się w przedziale od 0,175 do 0,777%.

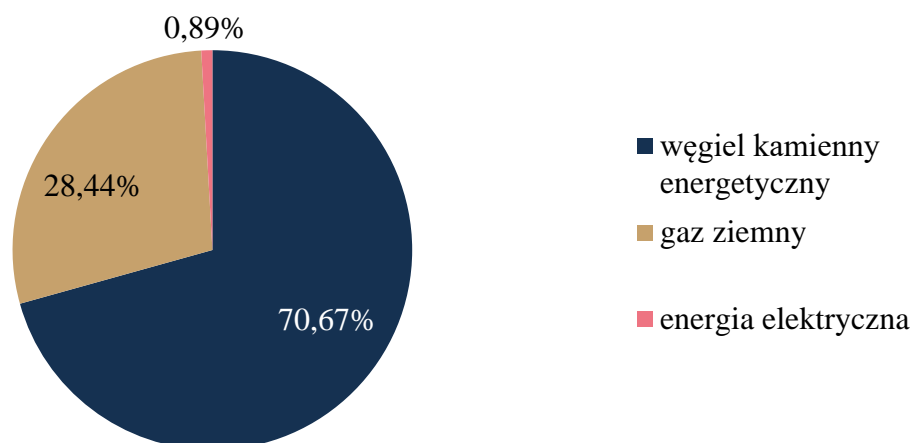
W przypadku, gdy całkowite zapotrzebowanie na węgiel kamienny energetyczny w kraju substytuujemy miksem surowców z importu, czyli węglem kamiennym energetycznym z importu, gazem ziemnym z importu oraz energią elektryczną z importu WS2, a cena gazu ziemnego jest wyższa o 40% od referencyjnej oraz uwzględnimy Migrację i całkowicie zaprzestaniemy wydobywać węgiel kamienny energetyczny krajowy (WR100%), a cena węgla kamiennego energetycznego z importu będzie równa cenie węgla kamiennego energetycznego krajowego, to wynik modelu Substytucji wskazuje strukturę importu surowców zaprezentowaną na wykresie (rys. 7.10). Znaczący jest import węgla kamiennego energetycznego oraz ponad 19% importu gazu ziemnego, niewielki udział energii elektrycznej.



Rys. 7.10. Procentowy udział zastąpienia energii z węgla kamiennego energetycznego dla Wariantu Redukcji WR100%, Wariantu Migracji i Wariantu Substytucji WS2: zwiększenie ceny gazu ziemnego o 40%, cena węgla z importu jest równa cenie referencyjnej

Źródło: Opracowanie własne

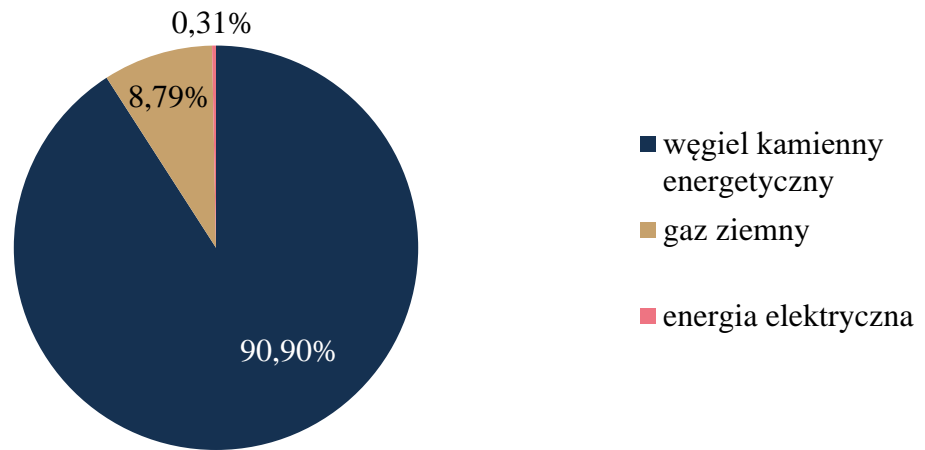
W przypadku, gdy całkowite zapotrzebowanie na węgiel kamienny energetyczny w kraju substytuujemy miksem surowców z importu, czyli węglem kamiennym energetycznym z importu, gazem ziemnym z importu oraz energią elektryczną z importu WS2, a cena gazu ziemnego jest wyższa o 40% od referencyjnej oraz uwzględnimy Migrację i całkowicie zaprzestaniemy wydobywać węgiel kamienny krajowy (WR100%), a cena węgla kamiennego energetycznego z importu będzie wyższa o 40% od referencyjnej ceny węgla kamiennego energetycznego krajowego, to wynik modelu Substytucji wskazuje na strukturę importu surowców zaprezentowaną na wykresie (rys. 7.11). Widoczny jest import gazu ziemnego na poziomie prawie 30% oraz węgla kamiennego energetycznego na poziomie ponad 70%, w niewielkim stopniu importowana jest energia elektryczna.



Rys. 7.11. Procentowy udział zastąpienia energii z węgla kamiennego energetycznego dla Wariantu Redukcji WR100%, Wariantu Migracji i Wariantu Substytucji WS2: zwiększenie ceny gazu ziemnego o 40%, cena węgla z importu wyższej o 40% od referencyjnej

Źródło: Opracowanie własne

W przypadku, gdy całkowite zapotrzebowanie na węgiel kamienny energetyczny w kraju substytuujemy miksem surowców z importu, czyli węglem kamiennym energetycznym z importu, gazem ziemnym z importu oraz energią elektryczną z importu WS2, a cena gazu ziemnego jest wyższa o 40% od referencyjnej oraz uwzględnimy Migrację i całkowicie zaprzestaniemy wydobywać węgiel kamienny krajowy (WR100%), a cena węgla kamiennego energetycznego z importu będzie niższa o 40% od referencyjnej ceny węgla kamiennego energetycznego krajowego, to wynik modelu Substytucji wskazuje na strukturę importu surowców zaprezentowaną na wykresie (rys. 7.12). Prawie całe zapotrzebowanie pokrywamy węglem kamiennym z importu.



Rys. 7.12. Procentowy udział zastąpienia energii z węgla kamiennego energetycznego dla Wariantu Redukcji WR100%, Wariantu Migracji i Wariantu Substytucji WS2: zwiększenie ceny gazu ziemnego o 40%, cena węgla z importu niższej o 40% od referencyjnej

Źródło: Opracowanie własne

## 8. Podsumowanie i wnioski końcowe

W celu zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego i rozwoju gospodarczego kraju zmiany na rynku surowców oraz plany restrukturyzacji polskiego górnictwa węgla kamiennego stają się szczególnie istotne. W aspekcie gospodarczym ważnym wskaźnikiem dla oceny stanu gospodarki jest wartość PKB. z tego względu istotnym zagadnieniem jest zrozumienie wpływu działalności górnictwa węgla kamiennego energetycznego na PKB. Przeanalizowanie tego związku może pomóc w ocenie ekonomicznych konsekwencji restrukturyzacji sektora górnictwa węgla kamiennego oraz w formułowaniu skutecznych strategii rozwoju gospodarczego, uwzględniających zmieniające się warunki rynkowe i ekologiczne.

Działania ukierunkowane na redukcję wydobycia węgla kamiennego energetycznego w kraju, które wynikają z konsekwentnie prowadzonej polityki klimatyczno-energetycznej zmierzającej do ograniczania negatywnego wpływu spalania paliw kopalnych na środowisko, przyczyniają się do zmiany struktury miksu paliwowego, a w efekcie do zamknięcia kopalń węgla kamiennego. Bloki węglowe jeszcze przez kolejne kilkanaście lat będą stanowić podstawę struktury wytwórczej krajowego systemu elektroenergetycznego. Jednakże istotne jest zbadanie możliwości ich zastąpienia (substytucji), biorąc pod uwagę różnorodne ograniczenia występujące w tym procesie w perspektywie 2030 roku. Analiza tych możliwości może pomóc w opracowaniu strategii przejścia na bardziej zrównoważone i ekologiczne źródła energii oraz w zapewnieniu stabilności i efektywności funkcjonowania systemu elektroenergetycznego. Ważnymi kierunkami wykorzystania węgla są również wytwarzanie ciepła oraz procesy przemysłowe. z tymi zagadnieniami powiązane są ograniczenia i założenia przyjęte w niniejszej rozprawie, ponieważ działania podejmowane w celu redukcji ilości wydobycia węgla kamiennego energetycznego w kraju powinny być zbieżne z możliwościami i ograniczeniami jego substytucji (w ramach przyjętej perspektywy czasowej – 2030 roku). Działania te, w zależności od zastosowanej substytucji, relacji cen dóbr substytucyjnych i struktury migracji pracowników, mogą pozytywnie lub negatywnie wpływać na zmianę PKB.

W literaturze przedmiotu brak jest kompleksowych badań w zakresie wpływu zmian w górnictwie węgla kamiennego energetycznego na polską gospodarkę. Analizy przeprowadzane przez GUS dotyczą głównie ogólnego stanu górnictwa węgla, jednakże w kontekście szczegółowych aspektów związanych z różnymi rodzajami węgla, takimi jak węgiel kamienny energetyczny, węgiel kamienny koksowy (uznawany za surowiec krytyczny w UE) oraz węgiel brunatny, niemożliwe jest ich łączne rozpatrywanie ze względu na ich zróżnicowaną specyfikę. Każdy z wyżej wymienionych rodzajów węgla ma charakterystyczne cechy, zastosowania i implikacje dla różnych sektorów gospodarki, co utrudnia ich uogólnione traktowanie w ramach jednej analizy. W związku z tym konieczne było przeprowadzenie autorskiej analizy danych dotyczących górnictwa węgla kamiennego energetycznego na podstawie danych udostępnionych przez GUS. Dodatkową zaletą pracy jest zastosowanie obliczeń

opartych na przepływach międzygałęziowych, co stanowi innowacyjne podejście do tematu, umożliwiające bardziej wszechstronną analizę oraz lepsze zrozumienie dynamiki tego sektora gospodarki.

W rozprawie doktorskiej opracowano metodę dekompozycji wartości przepływów międzygałęziowych w taki sposób, aby uzyskać możliwość wyodrębnienia obecnego wpływu górnictwa węgla kamiennego energetycznego na gospodarkę Polski oraz przeprowadzić analizę wpływu zmian w zakresie wydobycia surowca. W tym celu przeprowadzono analizę ekspercką, a także posłużono się najnowszymi danymi z sektora paliwowo-energetycznego. Dokonano dekompozycji tablicy przepływów międzygałęziowych, a tym samym odzwierciedlono kluczowe relacje pomiędzy sektorem górnictwa węgla kamiennego energetycznego a pozostałymi gałęziami gospodarki. Uwzględniono również przydział nośników paliwa (surowców energetycznych) dla energetyki zawodowej i innych branż, które w znaczącej mierze wykorzystują węgiel kamienny energetyczny. Działania te pozwoliły szczegółowo zidentyfikować górnicze gałęzie gospodarki, takie jak: górnictwo węgla kamiennego energetycznego, węgla kokosowego, węgla brunatnego, oraz umożliwiły pokazanie relacji między gałęziami górniczymi a innymi gałęziami gospodarki.

Do rozwiązania problemu sformułowanego w pracy opracowano metodę obliczeniową wpływu zmiany wydobycia krajowego węgla kamiennego energetycznego na PKB Polski. Zastosowana w pracy metodyka opiera się na koncepcji modelowania matematycznego z uwzględnieniem przepływów międzygałęziowych metodą Leontiefa. Proces budowy modelu poprzedzony został przeglądem światowych i krajowych publikacji naukowych w przedmiotowej tematyce.

Walidacja opracowanej metody obejmowała między innymi obliczenie wartości PKB przy użyciu tablic przepływów międzygałęziowych. Wynik tego obliczenia był zgodny z wartością podaną przez GUS w oficjalnych dokumentach dla 2015 roku. Dodatkowo w ramach rozprawy wyznaczono udział górnictwa węgla kamiennego energetycznego, który według obliczeń dla 2015 roku wyniósł 0,8%.

Zastosowanie zbudowanego modelu obliczeniowego (po walidacji), w połączeniu z opracowanymi scenariuszami badawczymi (w tym poziomu redukcji wydobycia), umożliwiło przeprowadzenie ilościowej oceny wpływu redukcji wydobycia węgla kamiennego energetycznego na PKB kraju. Zaproponowany model uwzględnia analizę danych z 2015 roku oraz po wykonaniu zmian w sektorze górnictwa. Koszty tych zmian stanowią ograniczenia, zwłaszcza w modelu substytucji, jednak nie wpływają na wartości przepływów międzygałęziowych w istotny sposób dla obliczeń po zmianie w zakresie wydobycia.

Oprócz opracowania metody obliczeniowej głównym celem pracy była analiza wpływu scenariuszowej redukcji wydobycia węgla kamiennego energetycznego na zmianę wartości PKB. W tym aspekcie skorzystano z najnowszych danych GUS o przepływach międzygałęziowych (z uwzględnieniem erraty z 2024 roku) z 2015 roku dla krajowej gospodarki oraz poczyniono szereg założeń, ograniczeń i modeli: substytucji węgla



w zależności od cen surowców energetycznych, zmiany struktury zatrudnienia (migracji pracowników). Związane z tym niepewności obliczeniowe są jednocześnie wskazówkami dla podobnych analiz, które mogą być poczynione w przeszłości.

Mając wspomniane wyżej problemy na uwadze, obliczono zmniejszenie wartości PKB dla Wariantów Redukcji wydobycia węgla kamiennego energetycznego o 25, 50, 75 i 100% przy różnych poziomach cenowych węgla kamiennego energetycznego i gazu ziemnego. Opracowane scenariusze badawcze miały na celu umożliwienie ilościowej oceny wpływu redukcji węgla kamiennego energetycznego na zmiany PKB. Warianty redukcji pokazują zmniejszenie wydobycia węgla kamiennego w sposób etapowy, niepełny, dzięki czemu możliwe było wykazanie krokowej dynamiki zmian. Są to wiarygodne scenariusze bazujące na planach zamknięcia krajowych kopalń; zostały one dopasowane do warunków rynkowych i uwzględniono w nich mechanizmy funkcjonowania kopalń.

W rozprawie nie analizowano wpływu cen energii elektrycznej na zmiany w zakresie Wariantu Substytucji WS2 (substytucja węglem kamiennym energetycznym z importu, gazem ziemnym z importu oraz energią elektryczną z importu) ze względu na różne możliwości importu energii oraz zmiany prawne w tym zakresie, a także możliwości zastępowania węgla kamiennego energetycznego energią elektryczną (na przykład w produkcji ciepła).

Dla scenariusza obejmującego Wariant Redukcji WR25% oraz Wariant Substytucji WS1 (substytucja węglem kamiennym energetycznym z importu), procentowy spadek wartości PKB wynosi od 0,175% (gdy cena węgla kamiennego energetycznego z importu jest niższa od ceny krajowej o 40%) do 0,254% (gdy cena węgla z importu jest wyższa od ceny krajowej o 40%). Natomiast w przypadku redukcji całkowitej WR100% oraz biorąc pod uwagę Wariant Substytucji WS1 procentowy spadek wartości PKB wynosi od 0,784% (gdy cena węgla kamiennego energetycznego z importu jest niższa od ceny krajowej o 40%) do 1,075% (gdy cena węgla z importu jest wyższa od ceny krajowej o 40%).

Dla scenariusza obejmującego Wariant Redukcji (WR25%) oraz Wariant Substytucji WS2 (substytucja węglem kamiennym energetycznym z importu, gazem ziemnym z importu oraz energią elektryczną z importu), procentowy spadek wartości PKB wynosi od 0,175% (gdy cena węgla kamiennego energetycznego z importu jest niższa od ceny krajowej o 40%, przy cenach gazu z importu w zakresie od -40% do +40% ceny referencyjnej) do średnio 0,250% (gdy cena węgla z importu jest wyższa od ceny krajowej o 40%, przy cenach gazu z importu w zakresie od -40% do +40% ceny referencyjnej). Natomiast w przypadku redukcji całkowitej (WR100%) oraz uwzględnia Wariant Substytucji WS2 procentowy spadek wartości PKB wynosi od średnio 0,775% (gdy cena węgla kamiennego energetycznego z importu jest niższa od ceny krajowej o 40%, przy cenach gazu z importu w zakresie od -40% do +40% ceny referencyjnej) do średnio 1,1% (gdy cena węgla z importu jest wyższa od ceny krajowej o 40%, przy cenach gazu z importu w zakresie od -40% do +40% ceny referencyjnej). Ponadto

wykazano, że wzrost cen surowców energetycznych z importu spowodowałby wyższe wartości spadku PKB.

Udziały węgla kamiennego energetycznego z importu w przypadku scenariuszy z uwzględnieniem Wariantu Redukcji 100% w przypadku Wariantu Substytucji WS2

W przypadku gdy cena węgla kamiennego energetycznego z importu jest równa cenie węgla kamiennego energetycznego krajowego i przy niskich cenach gazu ziemnego z importu (-40%), udział gazu ziemnego z importu (około 57%) przewyższa udział węgla kamiennego z importu (około 43%). Sytuacja ta spowodowana jest wzrostem konkurencyjności gazu w stosunku do węgla kamiennego, przy możliwości importu gazu ziemnego po niskiej cenie gazu. Natomiast sytuacja ta zmienia się w przypadku wzrostu cen gazu, spadek importu gazu z poziomu ponad 50% do 19%.

Podobną sytuację obserwujemy w przypadku gdy cena węgla kamiennego energetycznego z importu jest o 40% wyższa od ceny węgla kamiennego energetycznego krajowego i przy niskich cenach gazu ziemnego z importu (-40%). Udział węgla kamiennego z importu wynosi niespełna 40% natomiast gazu ziemnego z importu prawie 60%. Przy wysokich cenach gazu z importu następuje spadek importu gazu ziemnego do poziomu około 30%.

Natomiast w przypadku niskich cen węgla kamiennego energetycznego z importu oraz niskiej cenie gazu ziemnego z importu, import węgla kamiennego energetycznego znacząco dominuje, podobnie jest w przypadku wzrostu ceny gazu ziemnego z importu (+40%). Pomimo wzrostu ceny gazu z importu, przy niskiej cenie gazu z importu, nadal wiodącym jest import węgla kamiennego energetycznego.

Reasumując, cena węgla kamiennego energetycznego z importu musi być istotnie wyższa od ceny gazu ziemnego z importu, aby import gazu ziemnego miał znaczenie.

W zakresie analizy przejścia pracowników z branży górniczej do innych wykonano model autorski. Założono liczby osób przechodzących na emeryturę (10%) oraz fakt, że migracja będzie przebiegała w kierunku gałęzi, na które mniejszy wpływ miało działanie związane z redukcją wydobycia węgla kamiennego energetycznego. Dokonując obliczeń, etapowo, dochodzi się do wniosku, że migracja wpływa na PKB i w przypadku powyższych założeń zmniejsza spadek PKB, który spowodowany jest zamknięciem kopalń węgla kamiennego energetycznego, jednakże skala tego wpływu jest niewielka. Należy zaznaczyć, że istnieją różne inne kombinacje migracji pracowników, których wpływ na PKB jest stosunkowo wysoki. Dla 0,62% spadku PKB w przypadku scenariusza z Wariantem Redukcji WR100% rozpiętość wyników dla różnych Wariantów migracji wybieranych losowo może sięgać 0,218% wzrostu PKB.

W związku z taką sytuacją w ramach przeprowadzonych prac potwierdzono postawioną w rozprawie doktorskiej tezę badawczą. Realizując pracę udowodniono, że metoda przepływów międzygałęziowych umożliwia określenie udziału górnictwa węgla kamiennego energetycznego w PKB oraz wpływu redukcji wydobycia węgla kamiennego energetycznego na zmianę PKB.

Głównym celem rozprawy była ilościowa ocena zmiany wartości wskaźnika PKB Polski w wyniku zaprzestania lub ograniczenia wydobycia węgla kamiennego energetycznego, co zostało osiągnięte i zobrazowane w rozdziale siódmym rozprawy. Zrealizowano również cele częściowe, co zostało opisane w rozdziałach:

1. Pozyskanie i zestawienie danych dotyczących rynku węgla kamiennego – rozdział 3.
2. Przygotowanie scenariuszy badawczych – rozdział 6.
3. Przygotowanie modelu substytucji i analiza migracji pracowników dla zaproponowanych scenariuszy badawczych – rozdział 6.
4. Obliczenie wartości PKB dla kombinacji scenariuszy badawczych przy użyciu metody Leontiefa – rozdział 7.

Do rozwiązania postawionego problemu badawczego i osiągnięcia założonych celów zastosowano metodę przepływów międzygałęziowych, która, jak wskazano w ramach rozdziału 2 – gdzie zaprezentowano analizę literaturową z zakresu rozpatrywanej tematyki – jest metodą ekonomiczną opisującą zależności przedsiębiorstw w całej gospodarce kraju.

Transformacja energetyczna, w tym odchodzenie od wydobywania węgla kamiennego energetycznego w Polsce, powoduje różne zmiany, także gospodarcze. W tym też aspekcie, jest to pierwsza praca określająca wpływ zmian w wyżej wymienionym zakresie na PKB Polski.

W rozprawie głównymi cechami nowości są:

- określenie udziału górnictwa węgla kamiennego energetycznego w PKB – po raz pierwszy dokonane według metody przepływów międzygałęziowych, na podstawie dekompozycji gałęzi *Węgiel kamienny i brunatny*,
- przeprowadzenie dekompozycji gałęzi *Węgiel kamienny i brunatny*,
- określenie wpływu zmian w zakresie wydobycia, substytucji węgla kamiennego energetycznego oraz migracji pracowników na zmiany wartości PKB.

Niniejsza rozprawa stanowi istotny wkład w rozwój polskiej myśli naukowej, szczególnie w zakresie analizy redukcji górnictwa węgla kamiennego energetycznego i jej wpływu na gospodarkę. Ponadto wyniki przedstawione w niniejszej pracy oraz ich właściwa interpretacja mogą być istotne dla podmiotów odpowiedzialnych za kształtowanie krajowej polityki energetycznej. W celu skutecznej implementacji tych wyników w procesie decyzyjnym konieczna byłaby weryfikacja założeń oraz uwzględnienie najnowszych danych i aktualnych założeń. Decydenci dysponują bowiem lepszym zrozumieniem oraz perspektywami zmian i założeń niż autorka rozprawy, co jest istotne dla podejmowania decyzji na szczeblu politycznym.

Dalsze badania w ramach sformułowanego w pracy nurtu badawczego dotyczyć będą:

1. Poprzez próbę zastosowania w obliczeniach analizy regresji stwierdzono, że wartym rozważeniu jest kalkulacja współczynnika zależności redukcji

wydobycia do zmiany cen węgla kamiennego importowanego, na podstawie którego można w dalszej części wykonać poprawnie analizę regresji i sprawdzić zależność zmiany PKB od ceny węgla kamiennego energetycznego z importu.

2. Przy wykorzystaniu tablicy przepływów międzygałęziowych otrzymuje się dostęp do przepływów pieniężnych w całej gospodarce, zatem możliwe byłoby również wskazanie wpływu cen emisji (ETS) w przypadku węgla kamiennego na zmiany PKB.
3. Przy wykorzystaniu tablicy przepływów międzygałęziowych, uzyskuje się dostęp do przepływów pieniężnych w całej gospodarce, interesujące wydaje się również podjęcie tematu wielkości dopłat do *Gałęzi węglowych* w Polsce, stworzenie kalkulacji wskazującej, jak dużo możemy dopłacić, aby utrzymać PKB na niezmiennym poziomie.
4. Rozbudowa możliwości modelu substytucji WS2 o zastosowanie Odnawialnych Źródeł Energii oraz energetykę jądrową.

## Literatura

1. Akhabbar, A., Lallement, J. (2010) – *Wassily Leontief and Léon Walras: the Production as a Circular Flow*. MPRA Paper No. 30207, posted 15 Apr 2011 14:56 UTC.
2. Alcántara, V., Padilla, E. (2003) – “Key” sectors in final energy consumption: An input-output application to the Spanish case, *Energy Policy*. DOI: 10.1016/S0301-4215(02)00233-1.
3. Alcántara, V., Roca, J. (1995) – *Energy and CO2 emissions in Spain*, *Energy Economics*, 17(3), pp. 221–230. DOI: 10.1016/0140-9883(95)00014-1.
4. Ali, A. (2018) – *Travel and tourism: Growth potentials and contribution to the GDP of Saudi Arabia*, *Problems and Perspectives in Management*, 16(1), pp. 417–427. DOI: 10.21511/ppm.16(1).2018.39.
5. Allcott, H., Keniston, D. (2018) – *Dutch disease or agglomeration? The local economic effects of natural resource booms in modern America*, *Review of Economic Studies*, 85(2), pp. 695–731. DOI: 10.1093/restud/rdx042.
6. Al-mulali, U., Che Sab, C. N. B. (2018) – *The impact of coal consumption and CO2 emission on economic growth*, *Energy Sources, Part B: Economics, Planning and Policy*, 13(4), pp. 218–223. DOI: 10.1080/15567249.2012.661027.
7. Anthony, E. (2010) – *Agricultural credit and economic growth in Nigeria: An empirical analysis*, *Business and Economics Journal*.
8. Anwer, M., Farooqi, S., Qureshi, Y. (2015) – *Agriculture sector performance: An analysis through the role of agriculture sector share in GDP*. *Journal of Agricultural Economics, Extension and Rural Development*, 3(3), 270-275.
9. ARE 2016a – Agencji Rynku Energii SA (2016) – *Statystyka Elektroenergetyki Polskiej 2015*. (stan na koniec 31.12.2026).
10. ARE 2023 – Agencja Rynku Energii (2023) – *Statystyka elektroenergetyki*. Warszawa.
11. ARP 2022 – Agencja Rozwoju Przemysłu SA (2022) – *Wyniki techniczno-ekonomiczne działalności oraz inwestycje w górnictwie węgla kamiennego w Polsce w 2021*. Katowice 2022.

12. ARP 2022a – Agencja Rozwoju Przemysłu SA (2022) – *Wyniki techniczno-ekonomiczne działalności oraz inwestycje w górnictwie węgla kamiennego w Polsce w latach 2010–2021*. Katowice 2022.
13. ARP 2023a – Agencja Rozwoju Przemysłu SA (2023) – *Polski rynek węgla. Raport Stan zatrudnienia*. Katowice.
14. ARP 2023b – Agencja Rozwoju Przemysłu SA. (2023) – *Import i przywóz (nabycie wewnętrzne) węgla kamiennego w latach 2010-2022*. Katowice 2023.
15. ARP 2023c – Agencja Rozwoju Przemysłu SA. (2023) – *Podstawowe informacje o rynku oraz sektorze węgla kamiennego w Polsce w latach 2010-2022 r.* Katowice 2023.
16. ARP 2023d – Agencja Rozwoju Przemysłu SA. (2023) – *Import i przywóz (nabycie wewnętrzne) węgla kamiennego w roku 2022*. Katowice 2023.
17. ARP SA 2021 – Agencja Rozwoju Przemysłu SA. (2022) – *Podstawowe informacje o rynku oraz sektorze węgla kamiennego w Polsce w 2021 r.* Katowice 2023.
18. Aryee, B. N. A. (2001) – *Ghana's mining sector: Its contribution to the national economy*, Resources Policy, 27(2), pp. 61–75. DOI: 10.1016/S0301-4207(00)00042-8.
19. Awrejcewicz, J. (2007) – *Matematyczne modelowanie systemów*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
20. Baer-Nawrocka, A., Kiryluk-Dryjska, E. (2017) – *Dochodotwórcza rola rolnictwa w krajach unii europejskiej- analiza dynamiczna*. Roczniki Ekonomiczne Kujawsko-Pomorskiej Szkoły Wyższej w Bydgoszczy, 10: 133-147.
21. Bąk, H., Marciniak, Z., Michalski, R., & Rosati, D. (1990) – *Wstęp do polityki gospodarczej*. IKC HZ. Warszawa.
22. Balcerowicz, L. (1989) – *Systemy gospodarcze: elementy analizy porównawczej*, Monografie i Opracowania/Szkoła Główna Planowania i Statystyki, (281).
23. Barburski, J. (2001) – *Wyniki działalności budownictwa na tle wzrostu gospodarczego w latach 1992-1997*, Zeszyty Naukowe Akademii Ekonomicznej w Krakowie.

24. Beck, T., Levine, R., Loayza, N. (2000) – *Finance and the sources of growth*, Journal of Financial Economics, 58(1–2), pp. 261–300. DOI: 10.1016/S0304-405X(00)00072-6.
25. Beksiak, J. (2000) – *Ekonomia*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000.
26. Bell, S. E., York, R. (2012) – *Coal, Injustice, and Environmental Destruction: Introduction to the Special Issue on Coal and the Environment*. DOI: 10.1177/1086026612468138.
27. Berthelemy, J. C., Varoudakis, A. (1996) – *Economic growth, convergence clubs, and the role of financial development*, Oxford Economic Papers, 48(2), pp. 300–328. DOI: 10.1093/OXFORDJOURNALS.OEP.A028570.
28. Bess, R., Ambargis, Z. O. (2011) – *Input-Output Models for Impact Analysis: Suggestions for Practitioners Using RIMS II Multipliers*, 50<sup>th</sup> Southern Regional Science Association Conference, pp. 1–28.
29. Black, D., McKinnish, T., Sanders, S. (2005) – *The Economic Impact of the Coal Boom and Bust*, The Economic Journal, 115, pp. 449–476.
30. Blaug, M. (1997) – *Economic theory in retrospect*. Cambridge University Press, Cambridge.
31. Boratyński, J. (2006) – *Indirect Taxes and Price Formation a Model for the Polish Economy*. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego.
32. Boratyński, J., Plich, M., Przybyliński, M. (2010) – *Krótkookresowe efekty zmian cen energii w polskiej gospodarce*, Studia Prawno-Ekonomiczne, VXXXII, pp. 217–239.
33. Boratyński, J., Przybyliński, M., Świczewska, I. (2015) – *Metody Input-Output: Wybrane Kierunki Rozwoju*, Wydział Ekonomiczno-Socjologiczny/Faculty of Economics and Sociology, pp. 9–23.
34. Brauers, H., Oei, P. Y. (2020) – *The political economy of coal in Poland: Drivers and barriers for a shift away from fossil fuels*, Energy Policy, 144, DOI: 10.1016/j.enpol.2020.111621.
35. Bridge, G. (2009) – *Material worlds: Natural resources, resource geography and the material economy*, Geography Compass, 3(3), pp. 1217–1244. DOI: 10.1111/j.1749-8198.2009.00233.x.
36. Budnikowski, A. (2006) – *Międzynarodowe stosunki gospodarcze*. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa

37. Businessinsider 2022 – *PGNiG zainwestuje 700 mln zł w dwie kopalnie ropy i gazu i przedłuży wydobycie*. Dostęp online: <https://businessinsider.com.pl/> (07.06.2022).
38. Chenery, H. B., Watanabe, T. (1958) – *International Comparisons of the Structure of Production*, *Econometric*, 26(4), pp. 487–521.
39. Chmielarz, P. (2023) – *Polityka bezpieczeństwa dostaw gazu ziemnego w Polsce w latach 2017-2021 na tle strategii bezpieczeństwa energetycznego Unii Europejskiej* (Rozprawa doktorska).
40. Choi, Y. Y., Ha, H.-K., Park, M. (2008) – *Analysis of the role of maritime freight transport industry in the Korean national economy*, *Journal of International Logistics and Trade*, 6(1), pp. 23–44. DOI: 10.24006/jilt.2008.6.1.23.
41. Christopoulos, D. K., Tsionas, E. G. (2004) – *Financial development and economic growth: evidence from panel unit root and cointegration tests*, *Journal of Development Economics*, 73(1), pp. 55–74. DOI: 10.1016/J.JDEVECO.2003.03.002.
42. Chrzanowska, M. and Zielińska-Sitkiewicz, M. (2014) – *Zastosowanie taksonomicznego miernika atrakcyjności inwestycji do klasyfikacji spółek budowlanych notowanych na WGPW*. *Acta Universitatis Lodzianis. Folia Oeconomica* 2014, vol. 2, t. 301 *Future of Finance. Część III. Przyszłość finansów rynku kapitałowego*, 39–50.
43. Chudzik, A. (2020) – *Znaczenie ekonomiczne rolnictwa w Polsce w latach 2015–2019*. *Acta Sci. Acad. Ostroviensis, A, Nauki Humanist. Społecz. Tech.* 1–2(15–16), 44–60. DOI: 10.33674/acta\_120203.
44. Chukwuma, O. M., Edith, E. E., Alfa, M. D., Babadoko, Y. A., Ebhohimen, C. C., Christian, C., Bida, F. P. (2018) – *The Solid Mineral Sector and Economic Diversification in Nigeria*. *Lapai Journal of Economics*, 2(2), 123–142.
45. CIF 2023 – *Cost, Insurance, and Freight (CIF) Definition, Rules, and Example* (2023) Dostęp online: <https://www.investopedia.com/terms/c/cif.asp> (02.11.2022).
46. Clark, D. L. (1984) – *Planning and the real origins of input-output analysis*, *Journal of Contemporary Asia*, 14(4), pp. 408–429. DOI: 10.1080/00472338485390301.
47. Cristian, M. G. (2020) – *An Overview on Tourism's Contribution To GDP*, *Revista Economica*, 72(2), pp. 19–26.



48. Czechowski, T. (1958) – *Wstęp matematyczny do analizy przepływów międzygałęziowych*. PWG, Warszawa.
49. Czyżewski, A., Grzelak, A. (2012) – *Możliwości wykorzystania statystyki bilansów przepływów międzygałęziowych dla makroekonomicznych ocen w gospodarce*, *Przegląd Statystyczny*, 59(numer specjalny 1), pp. 173–184.
50. Czyżewski, A., Grzelak, A. (2014) – *Przepływy międzygałęziowe jako makroekonomiczny model gospodarki – doświadczenia i przyszłość*, *Roczniki Ekonomiczne Kujawsko-Pomorskiej Szkoły Wyższej w Bydgoszczy*, 7, pp. 21–32.
51. Czyżewski, A., Grzelak, A. (2018) – *Application of the input-output model for structural analysis on the example of the agricultural sector in Poland*, *Management*, 22(2), pp. 285–298. DOI: 10.2478/manment-2018-0037.
52. Czyżewski, B., Mrówczyńska-Kamińska, A. (2011) – *Przepływy międzygałęziowe i podział rent w sektorze rolno-żywnościowym w Polsce w latach 1995 – 2005*, *Ekonomista*, (2), pp. 203–233.
53. Davis, H. C. and Salkin, E. L. (1984) – *Alternative approaches to the estimation of economic impacts resulting from supply constraints*, *The Annals of Regional Science*, 18(2), pp. 25–34. DOI: 10.1007/BF01287372.
54. Deane, P. (1965) – *The First Industrial Revolution*. Cambridge University Press, Cambridge.
55. DHiWM 2020 – *Republika Ghany Informacja o stosunkach gospodarczych z Polską*, Ministerstwo Rozwoju. Departament Handlu i Współpracy Międzynarodowej. Dostęp online: [https://www.gov.pl/attachment/11d9f7d3-a907-4211-9813-5af8ebcf0903#:~:text=\(10.10.2022\)](https://www.gov.pl/attachment/11d9f7d3-a907-4211-9813-5af8ebcf0903#:~:text=(10.10.2022)).
56. Dietzenbacher, E., Lahr, M. L., Los, B. (2004) – *Wassily Leontief and Input-Output Economics: The decline in labor compensation's share of gdp: a structural decomposition analysis for the united states, 1982 to 1997*, *Economics*, (1965), pp. 188–212. DOI: 10.1017/CBO9780511493522.013.
57. Dietzenbacher, E., van der Linden, J. A., Steenge, A. E. (1993) – *The Regional Extraction Method: EC Input-Output Comparisons*, *Economic Systems Research*, 5(2), pp. 185–206. DOI: 10.1080/09535319300000017.
58. Dorfman, R. (1954) – *The Nature and Significance of Input-Output*, *The Review of Economics and Statistics*, 36(2), pp. 121–133.
59. Dorożyński, T., Świerkocki, J. (2022) – *Specjalne strefy ekonomiczne w Polsce. Doświadczenia i perspektywy*. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.

60. DSGE 2024 – *Dynamiczne modele równowagi ogólnej*. Dostęp online: [https://ibs.org.pl/wp-content/uploads/2022/12/IBS\\_Wotking\\_Paper\\_04\\_2011.pdf](https://ibs.org.pl/wp-content/uploads/2022/12/IBS_Wotking_Paper_04_2011.pdf) (02.02.2024).
61. Dubiński, J., Turek, M. (2007) – *Dostępność zasobów węgla dla polskiej energetyki*, Prace Naukowe GIG. Górnictwo i Środowisko/Główny Instytut Górnictwa, pp. 5–17.
62. Dyrektywa CRM (2023) – Parlament Europejski– *European Critical Raw Materials Act*.
63. Dyrektywa EE (2012) – Parlament Europejski, Rada Unii Europejskiej „*Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r. W sprawie efektywności energetycznej, zmiany dyrektyw 2009/125/WE i 2010/30/UE oraz uchylenia dyrektyw 2004/8/WE i 2006/32/WE*”, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, pp. 1–56. (13.05.2023).
64. Dyrektywa EE (2006) – Komisja Europejska „*Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2006/32/WE w sprawie efektywności końcowego wykorzystania energii i usług energetycznych*”.
65. Dyrektywa ETS (2003) – Parlament Europejski and Rada Unii Europejskiej „*Dyrektywa 2003/87/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 13 października 2003 r. ustanawiająca system handlu przydziałami emisji gazów cieplarnianych we Wspólnocie oraz zmieniająca dyrektywę Rady 96/61/WE*”.
66. Dyrektywa IED (2010) – „Dz. Urz. UE L 334/17 z 24 listopada 2010 „*Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/75/UE z dnia 24 listopada 2010 r. W sprawie emisji przemysłowych (zintegrowane zapobieganie zanieczyszczeniom i ich kontrola)*”, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, Dostęp online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0075&from=EN>. (10.10.2022).
67. Dyrektywa IPPC (2008) – „*Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady Europy z dnia 15 stycznia 2008 r. dotycząca zintegrowanego zapobiegania zanieczyszczeniom i ich kontroli*”, Parlament Unii Europejskiej i Rada, 2006(166), pp. 8–29.
68. Dyrektywa LCP (2001) – „*Dyrektywa 2001/80/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2001 r. W sprawie ograniczenia emisji niektórych zanieczyszczeń do powietrza z dużych obiektów energetycznego spalania*”, 299(7), pp. 299–319.

69. Dyrektywa OZE (2018) – Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej „Dyrektywa Parlamentu europejskiego i Rady (UE) 2018/2001 z dnia 11 grudnia 2018 r. W sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych”, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, L 328, pp. 82–209 (13.05.2023).
70. Dyrektywa OZE2 (2009) – „Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. W sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE”, Dz. U. WE 2009 L. 140/16 (2009). Official Journal of the European Union, (2), pp. 1–47. Dostęp online : <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=PL>. (10.10.2022).
71. Dyrektywa PA (2014) – Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej „Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/94/UE z dnia 22 października 2014 r. W sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych”, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, (4). Dostęp online: <http://eur-lex.europa.eu/legalcontent/PL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32014L0094&from=PL>. (13.05.2023).
72. Dziennik UE (2013) – Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej „Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 549/2013 z dnia 21 maja 2013 r. W sprawie europejskiego systemu rachunków narodowych i regionalnych w Unii Europejskiej”.
73. Dzieszko, P., Bartkowiak, K., Gięda-Pinas, K. (2013) – *Agenci w modelowaniu agentowym (ABM)*. Roczniki Geomatyki, 11.
74. Dziurzyński, W. (2001) – *Niestacjonarne rozkłady stężenia metanu w sieci wentylacyjnej po zaistniałym wstrząsie lub tąpnięciu*, Przegląd Górniczy, 57(3), pp. 15–22.
75. Eggert, R. G. (2001) – *Mining and economic sustainability*, Mining, Minerals and Sustainable Development, no 19.
76. Eiser, D., Roberts, D. (2002) – *The employment and output effects of changing patterns of afforestation in Scotland*, Journal of Agricultural Economics, 53(1), pp. 65–81. DOI: 10.1111/j.1477-9552.2002.tb00006.x.
77. Elton, G. R. (2021) – *Industry and Trade, England Under the Tudors*, pp. 248–260. DOI: 10.4324/9780203825426-40.

78. Encyklopedia zarządzania – 2023a Encyklopedia Zarządzania (2023) – *Gospodarka narodowa* Dostęp online : [https://mfiles.pl/pl/index.php/Gospodarka\\_narodowa](https://mfiles.pl/pl/index.php/Gospodarka_narodowa) (05.09.2023).
79. Encyklopedia zarządzania – 2023b Encyklopedia zarządzania (2023) – *Współczynnik korelacji spearmana*. Dostęp online: [https://mfiles.pl/pl/index.php/Współczynnik\\_korelacji\\_rang\\_Spearmana](https://mfiles.pl/pl/index.php/Współczynnik_korelacji_rang_Spearmana) (05.09.2023).
80. Energia RP 2023 – Energia RP (2023) – *Spada produkcja i zużycie prądu w Polsce*. Dostęp online: <https://energia.rp.pl/elektroenergetyka/art39275061-spada-produkcja-i-zuzycie-pradu-w-polsce>” (01.01.2024).
81. ESA 2023 – The European system of national and regional accounts (2023) „The European system of national and regional accounts (ESA 2010)”. Dostęp online: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5925693/KS-02-13-269-EN.PDF/44cd9d01-bc64-40e5-bd40-d17df0c69334> (06.06.2023).
82. EZŁ (2023) – „Europejski zielony ład” Europejska, Rada Unii Europejskiej.
83. Fernihough, A., O'Rourke, K. H. (2021) – *Coal and the European Industrial Revolution*, *The Economic Journal*, 131(635), pp. 1135–1149. DOI: 10.1093/ej/ueaa117.
84. Fischer, C., Busch, W. (2002) – *Monitoring of Environmental Changes Caused by Hard Coal Mining*, 4545, pp. 64–72.
85. FOB 2020 – *Incoterms FOB*. Dostęp online: <https://unioncargo.pl/incoterms-2020-fob-free-on-board> (05.05.2022).
86. Francis, E. (2015) – *The Australian Mining Industry: More than just shovels and bring lucky country*, IP Australia Economic Research. Australian Government.
87. Franik, T. (2014) – *Wykorzystanie kapitału trwałego w procesach produkcyjnych realizowanych w górnictwie*, *Przegląd Górniczy*, pp. 20–23.
88. Franik, T. (2016) – *Efektywność wykorzystania trwałych składników majątkowych w górnictwie oraz w przemyśle w Polsce*. Praca naukowa dofinansowana przez MNiSW – praca statutowa: 11.11.100.279
89. Froggatt, A., Kuzemko, C., Rouhaud, E. (2013) – *The Energy Security-Climate Nexus and the Environment BT – New Challenges in Energy Security: The UK in a Multipolar World*, in Mitchell, C., Watson, J., and Whiting, J. (eds). London: Palgrave Macmillan UK, pp. 44–67. DOI: 10.1057/9781137298850\_3.

90. Gajda, J. B. (2001) – *Prognozowanie i symulacja a decyzje gospodarcze*. Wydawnictwo CH Beck, Warszawa.
91. Gajda, J. B. (2017) – *Prognozowanie i symulacje w ekonomii i zarządzaniu*, Wydawnictwo CH Beck, Warszawa.
92. Gawlik, L., Mokrzycki, E. (2014) – *Scenariusze wykorzystania węgla w polskiej energetyce w świetle polityki klimatycznej Unii Europejskiej*, Przegląd Górniczy, 5(70).
93. Gawlik, L., Mokrzycki, E. (2017) – *Paliwa kopalne w krajowej energetyce – problemy i wyzwania*, Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal, 20(4), pp. 6–26.
94. Gawlik, L., Olszowski, J., Pełowska, M. (2016) – *Analiza płatności publicznoprawnych polskiego górnictwa węgla kamiennego*, Przegląd Górniczy, 5(72).
95. Gawlik, L., Pełowska, M. (2017a) – *Pomoc państwa dla górnictwa węgla kamiennego w świetle przepisów unijnych*, Polityka i Społeczeństwo, 2(15), pp. 20–34. DOI: 10.15584/polispol.2017.2.2.
96. Gawlik, L., Pełowska, M. (2017b) – *Zależność przedsiębiorstw okołogórnicznych od sytuacji w górnictwie – badania ankietowe*, Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN (97), pp. 43–55.
97. Gęstwicki, F. E., Westa, M. (2017) – *Modele ekonometryczne wybranych mierników nierówności dochodów gospodarstw domowych w Polsce*. Roczniki Kolegium Analiz Ekonomicznych/Szkoła Główna Handlowa, (45 Narzędzia gospodarki cyfrowej), s. 273-283.
98. Gogolewska, A. B. (2011) – *Analiza zagrożenia wyrzutami gazów i skał w złożu węgla kamiennego w niecce walbrzyskiej z zastosowaniem narzędzi GIS*, Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, 133(40), pp. 49–73.
99. Greenwood, J., Smith, B. D. (1997) – *Financial markets in development, and the development of financial markets*, Journal of Economic Dynamics and Control, 21(1), pp. 145–181. DOI: 10.1016/0165-1889(95)00928-0.
100. Grudziński, Z. (2023) – *Rynek węgla kamiennego energetycznego – skutki wojny rosyjsko-ukraińskiej*, Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, 111, pp. 7–19.

101. Grudziński, Z., Stala-Szlugaj, K. (2014) – *Pozycja węgla kamiennego w bilansie paliw i energii w kraju*, *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*, 17(3), pp. 49–66.
102. Grupa Orlen 2023a – (2023a) *Grupa Orlen 2023*. Dostęp online: <https://www.ornlen.pl/> (01.01.2024).
103. Grupa Orlen 2023b – *ORLEN stawia na bezpieczeństwo – rusza największa inwestycja w krajowe magazyny gazu* Dostęp online: <https://tiny.pl/d738z> (31.08.2023).
104. Gurgul, H., Lach, Ł. (2011a) – *The interdependence between energy consumption and economic growth in the Polish economy in the last decade*, *Managerial Economics*, 9, pp. 25–48.
105. Gurgul, H., Lach, Ł. (2011b) – *The role of coal consumption in the economic growth of the Polish economy in transition*, *Energy Policy*, 39(4), pp. 2088–2099. DOI: 10.1016/j.enpol.2011.01.052.
106. Gurgul, H., Lach, Ł. (2012) – *The electricity consumption versus economic growth of the Polish economy*, *Energy Economics*, 34(2), pp. 500–510. DOI: 10.1016/j.eneco.2011.10.017.
107. Gurgul, H., Lach, Ł. (2015) – *Key sectors in the post-communist CEE economies: What does the transition data say?*, *Communist and Post-Communist Studies*. DOI: 10.1016/j.postcomstud.2014.12.001.
108. Gurgul, H., Lach, Ł. (2016) „Simulating evolution of interindustry linkages in endogenous dynamic IO model with layers of techniques”, *Metroeconomica*, 67(4), pp. 632–666. DOI: 10.1111/meca.12112.
109. Gurgul, H., Lach, Ł. (2018a) „On using dynamic IO models with layers of techniques to measure value added in global value chains”, *Structural Change and Economic Dynamics*, 47, pp. 155–170. DOI: 10.1016/j.strueco.2018.07.004.
110. Gurgul, H., Lach, Ł. (2018b) – *Some remarks on a social network approach to identifying key sectors*, *Economic Systems Research*, 30(1), pp. 120–135. DOI: 10.1080/09535314.2017.1365048.
111. Gurgul, H., Majdosz, P. (2005) – *Key Sector Analysis: a Case of the Transited Polish Economy*, in *Managing Global Transitions*, p. 51.
112. GUS 2007 – Główny Urząd Statystyczny 2007 – *Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej (2007)*. Warszawa.

113. GUS 2008 – Główny Urząd Statystyczny (2008) – *Zasady metodyczne Polskiej Klasyfikacji Wyrobów i Usług (PKWU 2008)*, Warszawa.
114. GUS 2014 – Główny Urząd Statystyczny (2014) – *Wdrożenie Europejskiego Systemu Rachunków Narodowych i Regionalnych w Unii Europejskiej (ESA2010) do polskich rachunków narodowych. Zmiany metodologiczne oraz ich wpływ na główne agregaty makroekonomiczne (notka informacyjna)*, Warszawa.
115. GUS 2017a – Główny Urząd Statystyczny (2017a) – *Gospodarka Paliwowo-Energetyczna w latach 2015-2016*, Warszawa.
116. GUS 2017b – Główny Urząd Statystyczny (2017b) – *Rocznik statystyczny pracy*, Warszawa.
117. GUS 2018 – Główny Urząd Statystyczny (2018) – *Rachunki narodowe wg sektorów i podsektorów instytucjonalnych w latach 2013-2016*, Warszawa.
118. GUS 2019 – Główny Urząd Statystyczny (2019) – *Bilans przepływów międzygałęziowych w bieżących cenach bazowych w 2015 r.*, Warszawa.
119. GUS 2022a – Główny Urząd Statystyczny (2022) – *Zużycie energii w gospodarstwach domowych w 2021 r. Informacje sygnałne*, Warszawa.
120. GUS 2022f – Główny Urząd Statystyczny (2022) – *Zużycie paliw i nośników energii w latach 2010-2021*. Warszawa.
121. GUS 2022g – Główny Urząd Statystyczny – *Rocznik Statystyczny Gospodarki Morskiej*. Warszawa 2022.
122. GUS 2023a – Główny Urząd Statystyczny (2023a) – *Pojęcia stosowane w statystyce publicznej*, Warszawa.
123. GUS 2023c – Główny Urząd Statystyczny (2023) – *Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2016-2022*. Warszawa.
124. GUS 2023d – Główny Urząd Statystyczny (2023) – *Efektywność wykorzystania energii w latach 2011-2021*. Warszawa–Rzeszów.
125. GUS 2023e – Główny Urząd Statystyczny (2023) – *Bezrobocie rejestrowane w latach 2011-2021*. Warszawa.
126. Gutenbaum, J. (2003) – *Matematyczne modelowanie systemów*. Akademicka Oficyna Wydawnicza Exit, Warszawa.

127. Hadasik B. (2020) – *Analiza makroekonomiczna sektora e-commerce w obliczu pandemii COVID-19 z użyciem metody PEST/PESTEL*. Poszerzamy Horyzonty - Tom XX, cz. I
128. Hall, R. E., Taylor, J. B., Andrzej, W. (1997) – *Makroekonomia: teoria, funkcjonowanie i polityka*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
129. Ham, H., Kim, T. J., Boyce, D. (2005) – *Assessment of economic impacts from unexpected events with an interregional commodity flow and multimodal transportation network model*, Transportation Research Part A: Policy and Practice, 39(10), pp. 849–860. DOI: 10.1016/j.tra.2005.02.006.
130. Hartlieb, P., Ruppel, U., Wagner, D. (2016) – *Coal Mining in Turkey*, Mining Report, 152(1), pp. 41–50.
131. Hebda, W. (2022) – *Gaz ziemny w procesie dekarbonizacji polskiej energetyki*, Analiza KBN, Nr 2 (97), 2(2), pp. 1–5.
132. Hirschmann, A. O. (1958) – *The Strategy of Economic Development*, Yale: University Press, New Haven.
133. Hubert, W., Kowalik, W., Komorowska, A., Kryzia, D., Peplowska, M., Gawlik, L. (2023) – *Territorial trauma or modernization experience? The Kraków Metropolitan Area and Silesia as case studies affected by intensive energy transition processes*, Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management, 39(3), pp. 125–148. DOI: 10.24425/gsm.2023.147552.
134. Hwang, D. B. K., Gum, B. (1991) – *The causal relationship between energy and GNP: the case of Taiwan*, The Journal of Energy and Development, 16(2), pp. 219–226.
135. IBM (2023) – *Metoda bootstrap*. Dostęp online: <https://www.ibm.com/docs/pl/spss-statistics/saas?topic=bootstrapping-> (30.12.2023).
136. ICMM (2012) – *The role of mining in national economies (2nd edition)*. ICMM – International Council on Mining and Metals DOI: 10.6007/ijarafms/v4-i3/1116.
137. ICMM – (2020) Mining with principles. Reserach – Role of mining in national economies. International Council on Mining and Metals Dostęp online: <https://www.icmm.com/en-gb/research/social-performance/2020/role-of-mining-in-national-economies> (08.08.2023).
138. IEA 2020 – International Energy Agency and Nuclear Energy Agency (2020). Projected Costs of Generating Electricity.



139. IGSMiE PAN, 2016 – *Raporty z prac zleconych przez sektor górnictwa węglowego*, IGSMiE PAN, 2016 (niepublikowane).
140. Ipsum, L. Sit, D. (2016) – *The Mining Association of Canada Facts and Figures*. Dostęp online: <https://mining.ca/resources/reports/facts-and-figures-2016/> (09.08.2023).
141. Ivanova, G., Rolfe, J. (2011) – *Using input-output analysis to estimate the impact of a coal industry expansion on regional and local economies*, Impact Assessment and Project Appraisal. DOI: 10.3152/146155111X12959673795840.
142. Jahanmiri, S., Asadizadeh, M., Alipour, A., Nowak, S., Sherizadeh, T. (2021) – *Predicting the Contribution of Mining Sector to the Gross Domestic Product (GDP) Index Utilizing Heuristic Approaches*, Applied Artificial Intelligence, 35(15), pp. 1990–2012. DOI: 10.1080/08839514.2021.1997225.
143. Jalil, A., Feridun, M., Ma, Y. (2010) – *Finance-growth nexus in China revisited: New evidence from principal components and ARDL bounds tests*, International Review of Economics & Finance, 19(2), pp. 189–195. DOI: 10.1016/J.IREF.2009.10.005.
144. Jalil, A., Ma, Y. (2008) – *Financial development and economic growth: Time series evidence from Pakistan and China*, Journal of Economic Cooperation Among Islamic Countries, 29(2), pp. 29–68.
145. Jarmołowicz, W. (2014) *Podstawy makroekonomii wyd. 3*. Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Nowym Sączu.
146. Jarosz-Angowska, A. (2015) – *Zmiana znaczenia rolnictwa Unii Europejskiej na tle gospodarki światowej w latach 2000–2012*, Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, sectio H – Oeconomia, 49(2), p. 61. DOI: 10.17951/h.2015.49.2.61.
147. Jonek-Kowalska, I. (2019) – *Long-term analysis of the effects of production management in coal mining in Poland*, Energies, 12(16). DOI: 10.3390/en12163146.
148. JSW – Jastrzębska Spółka Węglowa SA (2016) – *Jednostkowy Raport Roczny Jastrzębskiej Spółki Węglowej SA za rok obrotowy zakończony 31 grudnia 2015 roku*, Jastrzębie-Zdrój.
149. Kacprzak, D. (2017) – *Input-output model based on ordered fuzzy numbers, Theory and Applications of Ordered Fuzzy Numbers: a Tribute to Professor Witold Kosiński*. Dostęp online:

<http://www.springer.com/series/2941><http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-59614-3> (26.11.2023)

150. Kamiński, J. (2010) – *Modelowanie systemów energetycznych: ogólna metodyka budowy modeli*, *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*, 13(2), pp. 219–225.
151. Kander, A., Warde, P., Henriques, S. T., Nielsen, H., Kulionis, V., Hagen, S. (2017) – *International Trade and Energy Intensity During European Industrialization, 1870–1935*, *Ecological Economics*, 139, pp. 33–44. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2017.03.042.
152. Karaca, Y., Bayrak, Ş., Emrullah, F. Y. (2017) – *The Classification of Turkish Economic Growth by Artificial Neural Network Algorithms*. *Computational Science and Its Applications–ICCSA 2017: 17th International Conference*, Trieste, Italy, July 3-6, 2017, Proceedings, Part II 17. Springer International P. DOI: 10.1007/978-3-319-62395-5.
153. Karbownik, A., Turek, M. (2011) – *Zmiany w górnictwie węgla kamiennego–geneza, przebieg, efekty*, *Przegląd Górniczy*, 67(7–8), pp. 11–18.
154. Kasztelewicz, Z. (2018) – *Raport o stanie branży węgla brunatnego w Polsce i w Niemczech wraz z diagnozą działań dla rozwoju tej branży w I połowie XXI wieku*, pp. 1–79.
155. Kasztelewicz, Z., Ptak, M., Sikora, M. (2018) – *Węgiel brunatny optymalnym surowcem energetycznym dla Polski*, *Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN*, 106(106), pp. 61–84. DOI: 10.24425/124403.
156. Kasztelewicz, Z., Tajduś, A., Cała, M., Ptak, M., Sikora, M. (2016) – *Kroki milowe polskiej doktryny energetycznej dla rozwoju branży węgla brunatnego w XXI wieku w Polsce*, *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*, 19(4), pp. 5–20.
157. Kaszyński, P. (2016) – *Koncepcja implementacji regulacji środowiskowych w długoterminowym modelu systemu wytwarzania energii elektrycznej*, *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*, 19(2), pp. 5–22.
158. Kicki, J., Jeziorowska, D. (2015) – *Wybrane aspekty zarządzania efektywnością energetyczną w przedsiębiorstwach sektora górnictwa podziemnego*, *Przegląd Górniczy*, 71(8), s. 30–34.

159. Kisielińska, J., Borkowski, B., Czech, K. A., Górską, A., Koszela, G., Krawiec, M., Landmesser J., Ochnio L., Pietrych Ł., Pietrzykowski R., Wasilewska E., Zielińska-Sitkiewicz, M. (2021) – *Wielowymiarowa analiza danych w ekonomice rolnictwa*. Warszawa, Poland: Wydawnictwo SGGW.
160. Kiuila, O. (2001) – *Obliczeniowe modele równowagi ogólnej (CGE)*, *Ekonomia: Rynek, Gospodarka, Społeczeństwo*, s. 109–127.
161. Kiuila, O. (2001) – *Obliczeniowe modele równowagi ogólnej (CGE)*. *Ekonomia: Rynek, Gospodarka, Społeczeństwo*, 109-127.
162. Klein, L. R. (1982) – *Wykłady z ekonometrii*. Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne.
163. Komisja Europejska (2020) – *Ambitniejszy cel klimatyczny Europy do 2030 r. Inwestowanie w przyszłość neutralną dla klimatu z korzyściami dla obywateli*, COM(2020) 562 final.
164. Kondratowicz-Pozorska, J. (2015) – *Rola rolnictwa w kreowaniu trwałego rozwoju*, *Studia i Prace WNEiZ*, 40, pp. 109–118. DOI: 10.18276/sip.2015.40/2-08.
165. Kopacz, M., Kryzia, D., Kryzia, K. (2017) – *Assessment of sustainable development of hard coal mining industry in Poland with use of bootstrap sampling and copula-based Monte Carlo simulation*, *Journal of Cleaner Production*, 159, pp. 359–373. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.05.038.
166. Kopeć, S., Lach, Ł., Spirydowicz, A. (2022) – *Wpływ rozbudowy infrastruktury fotowoltaicznej na rozwój gospodarczy w Polsce – prognoza do 2040 r.*, *Energetyka Rozproszona*, (7), pp. 29–53. DOI: 10.7494/er.2022.7.29.
167. Kot-Niewiadomska, A. (2017) – *Analiza konkurencyjności wybranych krajów wysoko rozwiniętych w zakresie podaży surowców mineralnych według projektu INTRAW*, *Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk*, (100), pp. 109–126.
168. Kowalik W., Hubert W., Peplowska M., Kryzia, D., Gawlik L., Komorowska A. (2024) – *Socio-cultural challenges of coal regions and their transformative capacities—a case study of Silesia*. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi-Mineral Resources Management*, vol 40, pp. 167–186. DOI: 10.24425/gsm.2024.149304
169. Kraft, J., Kraft, A. (1978) – *On the relationship between energy and GNP*. *The Journal of Energy and Development*, 3(2), pp. 401–403.

170. Krajewski, J. (2009) – *Zastosowanie dynamicznego modelu czynnikowego do modelowania i prognozowania PKB w Polsce*. ACTA UNIVERSITATIS NICOLAICOPERNICAEKONOMIA XXXIX – NAUKI HUMANISTYCZNO-SPOŁECZNE, z. 389, s. 247–255.
171. Kryzia, D. (2010) – *Analiza struktury wytwarzania energii elektrycznej z wykorzystaniem metod analizy portfelowej*, Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal, 13, pp. 293–310.
172. Kryzia, D. (2015) – *Wybór technologii wytwarzania energii elektrycznej w warunkach ryzyka*. Wydawnictwo Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN.
173. Kryzia, D., Kaliski, M. (2012) – *Znaczenie technologii wytwarzania energii elektrycznej bazujących na gazie ziemnym dla przedsiębiorstwa energetycznego w kontekście dywersyfikacji jego struktury produkcyjnej*, AGH Drilling Oil Gas, 29(1), pp. 241–251.
174. Krzak, M., Paulo, A. (2017) – *Perspektywy rynku oraz współczesne kryteria kwalifikowania złóż rud żelaza do wydobywania*. Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, nr 100, s. 127–140.
175. Księżyk, M. (2000) – *Podstawowe zagadnienia ekonomii*. Zakamycze.
176. Kudrycka, I., Górska, G. (1983) – *Wykorzystanie przepływów międzygałęziowych do analizy zmian w strukturze gospodarki Polski*. Główny Urząd Statystyczny. Zakład Badań Statystyczno-Ekonomicznych Wykorzystanie.
177. Kujaczyński, T. (2009) – *Wykorzystanie bilansu przepływów międzygałęziowych do analizy zmian struktur gospodarczych na przykładzie Polski*, Roczniki Ekonomiczne Kujawsko-Pomorskiej Szkoły Wyższej w Bydgoszczy, 2, pp. 93–100.
178. Kwak, S., Yoo, S., Chang, J. (2005) – *The role of the maritime industry in the Korean national economy: an input – output analysis*, 29, pp. 371–383. DOI: 10.1016/j.marpol.2004.06.004.
179. Lach, L. (2015) – *Oil usage, gas consumption and economic growth: Evidence from Poland*, Energy Sources, Part B: Economics, Planning and Policy, 10(3), pp. 223–232. DOI: 10.1080/15567249.2010.543946
180. Lach, Ł. (2020) – *Tracing key sectors and important input-output coefficients : Methods and applications Preface*, Wydawnictwo CH Beck, Warszawa.

181. Lach, Ł., Marcin, S., Kusa, R., & Duda, J. (2021) – *Forecasting the economic impact of a vacuum tube high-speed transport system in Poland: an input-output approach*, 22(2), pp. 113–142.
182. Lavine, R. (1997) *Financial development and economic growth: views and agenda*, Journal of Economic Literature, 35, pp. 688–726.
183. Lee, M. K., Yoo, S. H. (2014) – *The role of the capture fisheries and aquaculture sectors in the Korean national economy: An input–output analysis*, Marine Policy, 44, pp. 448–456. DOI: 10.1016/J.MARPOL.2013.10.014.
184. Lee, M. K., Yoo, S. H. (2016) – *The role of transportation sectors in the Korean national economy: An input-output analysis*, Transportation Research Part A: Policy and Practice. DOI: 10.1016/j.tra.2016.08.016.
185. Lei, Y., Cui, N., Pan, D. (2013) – *Economic and social effects analysis of mineral development in China and policy implications*, Resources Policy, 38(4), pp. 448–457. DOI: 10.1016/j.resourpol.2013.06.005.
186. Lenzen, M. (2003) – *Environmentally important paths, linkages and key sectors in the Australian economy*, Structural Change and Economic Dynamics, 14(1), pp. 1–34. DOI: 10.1016/S0954-349X(02)00025-5.
187. Leontief W., Carter A.P., P. Petri. (1977) – *The Future of the World Economy*, Oxford University Press, Oxford.
188. Leontief W., F. Daniel (1972) – *Air Pollution and Economic Structure. Empirical Results of Input-Output Computations*, In: A. Brody and A. P. Carter, Eds., Input-Output Techniques, North-Holland, Amsterdam, pp. 9–23.
189. Leontief, W. (1936) – *Quantitative Input-Output Relations in the Economic System of the United States*, Review of Economics and Statistics, 18(3), p. 105–25.
190. Leontief, W. (1936) – *Quantitative Input and Output Relations in the Economic Systems of the United States*, The Review of Economics and Statistics, 18(3), pp. 105–125. DOI: 10.1093/qje/33.1.200.
191. Leontief, W. (1970) – *Environmental Repercussions and the Economic Structure: An Input-Output Approach*, The Review of Economics and Statistics, 52(3).
192. Leontief, W. (1974a) – *Structure of the World Economy: Outline of a Simple Input-Output Formulation*, American Economic Review, 64(6), pp. 823–34.

193. Leontief, W. (1974b) – *Structure of the World Economy*, American Economic Review, 64(6), p. 823—34.
194. Leontief, W. (1976) – *The Structure of the American Economy: 1919—1929*, Oxford University Press.
195. Leung, P., Pooley, S. (2001) – *Regional Economic Impacts of Reductions in Fisheries Production: a Supply-Driven Approach*, Marine Resource Economics, 14(4).
196. Levine, R. (1999) – *Law, finance, and economic growth*. Journal of financial Intermediation, 8(1-2), 8-35.
197. Lis, M., Kotelska, J. (2022a) – *Model restrukturyzacji systemu wykonawczego przedsiębiorstwa górnictwa węgla kamiennego w relacji z interesariuszami*, Wydawnictwo Naukowe Akademii WSB, Dąbrowa Górnicza.
198. Lis, M., Kotelska, J. (2022b) – *Restrukturyzacja górnictwa węgla kamiennego w Polsce w perspektywie oceny interesariuszy*, Wydawnictwo Naukowe Akademii WSB, Dąbrowa Górnicza.
199. Lisowski, A. (2001) – *Podstawy ekonomicznej efektywności podziemnej eksploatacji złóż*. Wydawnictwo GIG, Katowice.
200. Lisowski, A. (2005) – *Miejsce modernizacji kopalń w programach restrukturyzacji polskiego górnictwa węgla kamiennego w latach 1990-2004*, Przegląd Górniczy, 61(12), pp. 1–9.
201. Lisowski, A. (2006) – *Wpływ restrukturyzacji polskiego górnictwa węgla kamiennego w latach 1990–2004 na kondycję sektora i na pod stawowe mierniki technicznej modernizacji kopalń*, Przegląd Górniczy, 62(3), pp. 1–15.
202. Lisowski, A. (2021) – *Górnictwo węgla kamiennego w Polsce*. Wydawnictwo GIG, Katowice.
203. Łopatka, A. (2015) – *Ekonomia dobrobytu. Rachunki narodowe w kontekście pomiaru dobrobytu*, Współczesne Problemy Ekonomiczne. Globalizacja. Liberalizacja. Etyka, 11, pp. 43–56. DOI: 10.18276/wpe.2015.11-04.
204. Łupiński, M. (2013) – *Porównanie jakości prognozowania polskiego PKB dynamicznymi modelami czynnikowymi oraz czynnikowymi modelami MIDAS*. Ekonometria, (42), 85-102.
205. Magda, R., Woźny, T. (2014) – *Zależność jednostkowego kosztu własnego od stopnia wykorzystania zdolności produkcyjnej zakładu wydobywczego*, Przegląd Górniczy, 70(9), pp. 66–71.

206. Makroekonomiczna analiza (2024) – *Makroekonomiczna analiza*. Dostęp online: <https://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-d2da2c3e-4cae-4bdb-9597-a4c35dd65be2/c/EngelhardtTTS10-1.pdf> (06.02.2024).
207. Malec, M. (2022) – *The prospects for decarbonisation in the context of reported resources and energy policy goals: The case of Poland*, *Energy Policy*, 161, p. 112763. DOI: 10.1016/j.enpol.2021.112763.
208. Malec, M., Kamiński, J. Kaszyński, P. (2016) – *Regulacje środowiskowe w energetyce a zapotrzebowanie na węgiel kamienny*, *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*, 19(1), pp. 21–34.
209. Manzoor, F., Wei, L., Asif, M., Haq, M. Z. U., Rehman, H. U. (2019) – *The Contribution of Sustainable Tourism to Economic Growth and Employment in Pakistan*, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(19). DOI: 10.1002/sd.2059.
210. Marciniuk-Kluska, A. (2014) – *Turystyka jako determinanta rozwoju obszarów wiejskich*, *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach. Seria: Administracja i Zarządzanie*, 101(101), pp. 85–100.
211. Marcouiller, D. W., Schreiner, D. F., Lewis, D. K. (1996) – *The impact of forest land use on regional value added*, *Review of Regional Studies*, 26(2). DOI: 10.52324/001c.8952.
212. Matheis, M. (2016) – *Local economic impacts of coal mining in the United States 1870 to 1970*, *Journal of Economic History*, 76(4), pp. 1152–1181. DOI: 10.1017/S002205071600098X.
213. Maziarz, M. (2015) – *o wartości informacyjnej testów przyczynowości w sensie Grangera*, *Optimum. Studia Ekonomiczne*, 2(2(74)), pp. 152–170. DOI: 10.15290/ose.2015.02.74.10.
214. Meredyk, K. (2007) – *Ekonomia ogólna*. Wydawnictwo Uniwersytetu w Białymstoku, Białystok.
215. Michaels, G. (2011) – *The Long Term Consequences of Resource-Based Specialisation*, *Economic Journal*, 121(551), pp. 31–57. DOI: 10.1111/j.1468-0297.2010.02402.x.
216. Miernyk, W. H. (2020) – *The Elements of Input-Output Analysis*, *Web Book of Regional Science*, red. Randall Jackson, Virginia.
217. Milewski, R., Kwiatkowski, E. (2018) – *Podstawy ekonomii*, Wydawnictwo Naukowe PWN, (4), Warszawa.

218. Miller, R. E., Blair, P. D. (2009) – *Input-output analysis: Foundations and extensions, second edition*, DOI: 10.1017/CBO9780511626982.
219. Ministerstwo Energii (2018) – *Program dla sektora górnictwa węgla brunatnego w Polsce*. Warszawa.
220. Ministerstwo Energii 2018 (2018) – *Program dla sektora górnictwa węgla brunatnego w Polsce*. Warszawa.
221. Ministerstwo Klimatu i Środowiska (2021) – *Polityka energetyczna Polski do 2040 r.*, Warszawa.
222. Mokrzycki, E., Uliasz-Bocheńczyk, A. (2009) – *Gospodarka pierwotnymi nośnikami energii w Polsce a ochrona środowiska przyrodniczego*, Rocznik Ochrona Środowiska, 11(1).
223. Mrówczyńska-Kamińska, A. (2014) – *Wybrane współzależności międzygałęziowe w sektorze rolno-żywnościowym w krajach Unii Europejskiej*, Journal of Agribusiness and Rural Development, 2(32), pp. 99–110.
224. Mrówczyńska-Kamińska, A. (2015) – *Gospodarka żywnościowa w krajach Unii Europejskiej: kierunki rozwoju, przepływy i współzależności*, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego.
225. Mućk, J. (2016) – *Przepływy międzygałęziowe. Model Leontiefa*. Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Warszawa.
226. Muganyizi, T. K. (2014) – *Mining Sector Taxation in Tanzania*, SSRN Electronic Journal. ICTD Research Report 1 DOI: 10.2139/ssrn.2436459.
227. NIK 2017 – Najwyższa Izba Kontroli (2017) – *Funkcjonowanie górnictwa węgla kamiennego w latach 2007–2015 na tle założeń programu rządowego*. Warszawa.
228. OECD 2023 – *OECD Tables (2023)* Dostęp online: <https://www.oecd.org/dac/financing-sustainable-development/development-finance-data/> (22.09.2023).
229. Ogrzewamy (2023) – *Wartość opałowa*. Dostęp online: <https://tiny.pl/dr727> (25.10.2023).
230. Olalekan, D. O., Afees, N. O., Ayodele, A. S. (2016) – *An Empirical Analysis of the Contribution of Mining Sector to Economic Development in Nigeria*, Khazar Journal of Humanities and Social Sciences, 19(1), pp. 88–106. DOI: 10.5782/2223-2621.2016.19.1.88.



231. Olczyk, M. (2011) – *Sektory kluczowe w polskiej gospodarce-analiza input-output*. Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, 60-69.
232. Olkuski, T. (2013) – *Zależność Polski w zakresie importu węgla kamiennego*, *Gospodarka Surowcami Mineralnymi-Mineral Resources Management*, 29(3), pp. 115–130. DOI: 10.2478/gospo-2013-0033.
233. Olkuski, T., Suwała, W., Wyrwa, A., Zyśk, J., Tora, B. (2021) – *Primary energy consumption in selected EU Countries compared to global trends*, *Open Chemistry*, 19(1), pp. 503–510. DOI: 10.1515/chem-2021-0046.
234. Olszowski, J. (2010) – *Obligatoryjne obciążenia górnictwa węgla kamiennego w Polsce*, *Górnictwo i Geologia*, 5(3), pp. 87–99.
235. Ormazabal, K. (2002) – *Quesnay and Leontief on Capital and Income* (No. 1134-8984). Universidad del País Vasco-Departamento de Economía Aplicada III (Econometría y Estadística).
236. Orzeszko, W., Osińska, M. (2007) – *Analiza przyczynowości w zakresie zależności nieliniowych: implikacje finansowe*, *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego*, 6(1), pp. 151–165.
237. Paszcza, H. (2010) – *Procesy restrukturyzacyjne w polskim górnictwie węgla kamiennego w aspekcie zrealizowanych przemian i zmiany bazy zasobowej*, *Górnictwo i Geoinżynieria*, R. 34, z., pp. 63–82.
238. PEP 2040 – *Dziennik Urzędowy Rzeczypospolitej Polskiej (2021) Obwieszczenie ministra klimatu i środowiska z dnia 2 marca 2021 r. W sprawie polityki energetycznej państwa do 2040 r.*
239. Peplowska, M. (2021) – *Coal supply prospects in poland and selected European Union countries*, *Gospodarka Surowcami Mineralnymi / Mineral Resources Management*, 37(3), pp. 31–52. DOI: 10.24425/gsm.2021.138657.
240. Peplowska, M., Gawlik, L. (2019) – *Financial liabilities of the hard coal mining sector in Poland*, *Inżynieria Mineralna*, 2019(2). DOI: 10.29227/IM-2019-02-47.
241. Peplowska, M., Gawlik, L., Kryzia, D. (2017) – *Analiza statystyczna zależności finansów przedsiębiorstw okولوجórnicznych od kondycji branży górnictwa węgla kamiennego*, *Przegląd Górniczy*, T. 73(11), pp. 15–22.
242. Pereira-López, X., Węgrzyńska, M. A., Sánchez-Chóez, N. G. (2022) – *Measuring Technological Change through an Extended Structural*

- Decomposition Analysis: An Application to EU-28 Primary Sectors (2010–2015)*, *Economies*, 10(1). DOI: 10.3390/economies10010015.
243. Petkovich, M. D., Chauncey, T. C. (1978) – *Modifying a One Region Leontief Input-Output Model to Show Sector Capacity Constraints*, *Western Journal of Agricultural Economics*, 3(2), pp. 173–179.
244. PGNiG 2022 – *PGNiG Raport roczny 2022*. Dostęp online: <https://pgnig2021.pl/> (02.02.2023)
245. Pietraszewski, A. (2017) – *Polskie górnictwo węgla brunatnego w 2016 roku*, *Węgiel Brunatny*, 1(98), pp. 10–21.
246. PiG – Państwowy Instytut Geologiczny (2020) – *Państwowa Służba Geologiczna o Surowcach Mineralnych Polski Węgiel brunatny*.
247. PiG PIB 2022 – *Gaz ziemny*. Dostęp online: <https://www.pgi.gov.pl/surowce/energetyczne/gaz-ziemny.html> (05.05.2023)
248. PiGG 2011 – Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. – *Prawo geologiczne i górnicze*. Dz.U. 2011 nr 163 poz. 981
249. PKD 2007 – Załącznik do Rozporządzenia and Rady Ministrów z dnia 24.12.2007 r. Dz.U. 251, P. 188. (2007) *Polska Klasyfikacja Działalności*.
250. PKW SA – *Południowy Koncern Węglowy SA* (2024). Dostęp online: <https://www.tauron-wydobycie.pl/spolka> (01.02.2024).
251. Plaut, P. O. (1997) – *Transportation-communications relationships in industry*, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 31(6), pp. 419–429. DOI: 10.1016/S0965-8564(96)00036-5.
252. Plich, M. (2002) – *Budowa i zastosowanie wielosektorowych modeli ekonomiczno-ekologicznych*. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego
253. Pradhan, R. P., Mukhopadhyay, B., Gunashekar, A., Samadhan, B., Pandey, S. (2013) – *Financial development, social development, and economic growth: the causal nexus in Asia*, *Decision*, 40(1–2), pp. 69–83. DOI: 10.1007/s40622-013-0011-3.
254. PRW 2023 – *Polski Rynek Węgla*. Dostęp online <https://polskirynekwegla.pl/raport-dynamiczny/wydobycie-i-sprzedaz-wegla-kamiennego-ogolem> (13.05.2023).
255. PSE 2022 – *Polskie Sieci Elektroenergetyczne (2022) – Zasoby wytwórcze 2022*, PSE 2022. Dostęp online:

<https://www.pse.pl/dokumenty?safeargs=666f6c64657249643d3333393139#>  
(13.03.2023).

256. Ptak, M., Kasztelewicz, Z. (2014) – *Podatki i daniny płacone przez górnictwo w Polsce*. Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, nr 88, s. 195–207.
257. PWN – (2023) – *Słownik Języka Polskiego PWN*. Wydawnictwo Naukowe PWN SA.
258. Rada Ministrów RP (2007) – *Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 24 grudnia 2007 r. W sprawie Polskiej Klasyfikacji Działalności (PKD)*, Dz.U. 251, poz.1885, z późn. zm., (33), p. 2008. Dostęp online: [https://stat.gov.pl/Klasyfikacje/doc/pkd\\_07/pdf/rozp\\_24\\_XII\\_2007.pdf](https://stat.gov.pl/Klasyfikacje/doc/pkd_07/pdf/rozp_24_XII_2007.pdf). (14.05.2023).
259. Ranosz, R. (2014) – *Górnictwo i jego znaczenie w gospodarce światowej*, *Gospodarka Surowcami Mineralnymi / Mineral Resources Management*, 30(1), pp. 5–20. DOI: 10.2478/gospo-2014-0003.
260. Rasmussen, P. N. (1956) – *Studies in Intersectional Relations*. Harcks.
261. Rathinam, F. X., Raja, A. V. (2010) – *Law, regulation and institutions for financial development: Evidence from India*, *Emerging Markets Review*, 11(2), pp. 106–118. DOI: 10.1016/J.EMEMAR.2010.01.002.
262. Razzaq Nazish, A., Iqbal A., Ramzan M. (2013) – *Impact of Agriculture, Manufacturing and Service Industry on The GDP Growth of Pakistan*, *Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business*, 5(4), pp. 727–734.
263. Roberts, D. (1994) – *a modified Leontief model for analysing the impact of milk quotas on the wider economy*, 45(1), pp. 90–101.
264. Rogala, T., Hochuł, A. (2017) – *Aktualny stan oraz główne kierunki zmian produkcji węgla handlowego PGG SA*. Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, nr 105, s. 173–186 DOI: 10.24425/124385.
265. Rogala, T., Hochuł, A. (2017) – *Strategia Rynkowa Polskiej Grupy Górniczej – nowe podejście do spetryfikowanego rynku*, *Min-Pan.Krakow.Pl*, pp. 15–18.
266. Runge, A., Runge, J. (2008) – *Słownik pojęć z geografii społeczno-ekonomicznej*, Videograf Edukacja.

267. San Cristóbal, J. R., Biezma, M. V. (2006) – *The mining industry in the European Union: Analysis of inter-industry linkages using input-output analysis*, Resources Policy. DOI: 10.1016/j.resourpol.2006.03.004.
268. Sarama, M. (2015) – *Tablice i modele input-output – wykorzystanie algebry macierzowej*, *Ekonomia matematyczna wykłady*. pp. 1–29.
269. Schachter G. (1991) – *Francois Quesnay: Interpreters and Critics Revisited* *The American Journal of Economics and Sociology*, 50(3), pp. 313-322.
270. Sekuła, P. (2019) – *Test przyczynowości w sensie Grangera między stopami zwrotu z akcji, zmianami koniunktury gospodarczej i wskaźnikami sentymentu ekonomicznego – badania na rynku polskim*, *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, sectio H – Oeconomia*, 53(4), p. 129. DOI: 10.17951/h.2019.53.4.129-139.
271. Seweryn, R. (2017) – *Wkład turystyki w PKB Polski na tle innych krajów Unii Europejskiej*, *Handel Wewnętrzny*, 369(4/2), pp. 220–232.
272. Siekierski, J. (2007) – *Wkład laureatów Nagrody Nobla w dziedzinie ekonomii w rozwój nauk ekonomiczno-rolniczych*, *Acta Scientiarum Polonorum. Oeconomia* 6(2), pp. 123–130.
273. Sierpińska, M., Bąk, P. (2013) – *Rola obligacji korporacyjnych w finansowaniu przedsiębiorstw sektora górniczego w Polsce*, *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management*, 29(1), pp. 141–155. DOI: 10.2478/gospo-2013-0011.
274. Singh, S., Arya, V., Yadav, M. P., Power, G. J. (2023) – *Does financial development improve economic growth? The role of asymmetrical relationships*, *Global Finance Journal*, 56, p. 100831. DOI: 10.1016/J.GFJ.2023.100831.
275. Śliwa, R. (2012) – *Koszty utopione w działalności telekomunikacyjnej*, *Telekomunikacja i Techniki Informacyjne*, pp. 10–17.
276. Šmid, W. (2010) – *Leksykon przedsiębiorcy*, Wydawnictwo Poltext, Warszawa.
277. SNA 2023 – (2023) – *The System of National Accounts (SNA)*, p. 2023.
278. Snopkowski, R. (2000) – *Metoda identyfikacji rozkładu prawdopodobieństwa wydobywania uzyskiwanego z przodków ścianowych kopalń węgla kamiennego*, *Uczelniane Wydawnictwo Naukowe – Dydaktyczne AGH*, p. 2000.

279. Snopkowski, R., Napieraj, A. (2011) – *Czynniki wpływające na niestabilność czasu trwania cyklu produkcyjnego realizowanego w przodku ścianowym kopalń węgla kamiennego*, Przegląd Górniczy 11(2), pp. 10–14.
280. Sobczyk-Grygiel, S. (2022) – *Możemy wydobywać więcej gazu*. Dostęp online: <https://serwisy.gazetaprawna.pl/edukacja/artykuly/8528962,wydobycie-gazu-2023.html> (25.10.2023).
281. Sofronov, B. (2018) – *Tourism Industry in the World*, Annals of Spiru Haret University. Economic Series, 18(4), pp. 123–137.
282. Stala-Szlugaj, K. (2023) – *Households in Poland vs. energy carriers: one year after Russia's February 2022 invasion of Ukraine*, Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal, 26(4), pp. 5–18. DOI: 10.33223/epj/171879.
283. Stankiewicz, W. (2007) – *Historia myśli ekonomicznej*. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.,
284. Statistics South Africa (2023) – *Statistic South Africa*, Dostęp online: [www.statssa.gov.za](http://www.statssa.gov.za) (07.07.2023).
285. Steenge, A. E., Van Den Berg, R. (2007) – *Transcribing the Tableau conomique: Input-output analysis à la Quesnay*, Journal of the History of Economic Thought, 29(3), pp. 331–358. DOI: 10.1080/10427710701514745.
286. Steinback, S. R. (2004) – *Using ready-made regional input-output models to estimate backward-linkage effects of exogenous output shocks*, Review of Regional Studies, 34(1), pp. 57–71. DOI: 10.52324/001c.8369.
287. Stilwell, L. C., Minnitt, R. C. A., Monson, T. D., Kuhn, G. (2000) – *An input-output analysis of the impact of mining on the South African economy*, Resources Policy. DOI: 10.1016/S0301-4207(00)00013-1.
288. Suwała, W., Wyrwa, A., Olkuski, T. (2017) – *Trends in coal use–global, EU and Poland*, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 268(1). DOI: 10.1088/1757-899X/268/1/012003.
289. Syczewska, E. M. (2014) – *Przyczynowość w sensie Grangera-wybrane metody*, Metody Ilościowe w Naukach Ekonomicznych, XV(4), pp. 169–180.
290. Tajduś, A. (2021) – *QUO VADIS polskie górnictwo?*, Przegląd Górniczy, 77(1–3), pp. 7–13.
291. Tarnawska, K. (2014) – *Analiza determinant rozwoju regionalnego w świetle ewolucyjnej geografii ekonomicznej*, Prace Naukowe Uniwersytetu

- Ekonomicznego we Wrocławiu, (367), pp. 350–358. DOI: 10.15611/pn.2014.367.38.
292. TGE 2023 – *Towarowa Giełda Energii. Dane rynkowe*. Dostęp online: <https://tge.pl/> (01.02.2023)
293. Thlon, M. (2019) – *Wykorzystanie modelu Leontiefa jako narzędzia analizy potencjału rozwojowego regionalnych specjalizacji*, Rzeszów.
294. Tomaszewicz, Ł. (1994) – *Metody analizy input-output* Warszawa, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
295. Trzaskalik, T. (2004) – *Matematyka w ekonomii*. Prace Naukowe AE w Katowicach, Katowice.
296. Turek, M., Jonek-Kowalska, I. (2014) – *Kierunki rozwoju energetyki a rynek węgla kamiennego w Polsce*, Zeszyty Naukowe. Organizacja i Zarządzanie/ Politechnika Śląska, 74, pp. 449–460.
297. Umowa Społeczna (2021) – *Umowa Społeczna Dotycząca Transformacji Sektora Górnictwa Węgla Kamiennego Oraz Wybranych Procesów Transformacji Województwa Śląskiego*.
298. URE 2023 – *Energetyka ciepła w liczbach – 2022*. Warszawa.
299. Valley, H., Higginbotham, N., Freeman, S., Connor, L., Albrecht, G.. (2010) – *Health & Place Environmental injustice and air pollution in coal affected communities*, *Health & Place*, 16(2), pp. 259–266. DOI: 10.1016/j.healthplace.2009.10.007.
300. Vinet, L., Zhedanov, A. (2011) – a “missing” family of classical orthogonal polynomials, *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, 44(8), pp. 1689–1699. DOI: 10.1088/1751-8113/44/8/085201.
301. Waters, E. C., David W., H., Weber, B. A. (1997) – *Economic Impacts of a Property Tax Limitation: a Computable General Equilibrium Analysis of Oregon’s Measure 5*, *Land Economics*, 73(1), pp. 72–89.
302. Wędrowska, E., Wojciechowska, K. (2016) – *Zróżnicowanie tworzenia struktury produktu krajowego brutto w Polsce w latach 2000 – 2013*, *Collegium of Economic Analysis Annals*, 40, pp. 425–438.
303. WEI 2014 – (2014) – *Korzyści wynikające z konsolidacji sektora technologii wydobywania węgla w Polsce*. Warsaw Enterprise Institute, Warszawa

304. Wellbeing Polska (2023) – *Co to jest produktywność pracy i jak ją poprawić?* Dostęp online: <https://wellbeingpolska.pl/co-to-jest-produktywnosc-pracy-i-jak-ja-poprawic/> (25.10.2023).
305. WIG 2023 – Warszawska Izba Gospodarcza (2023) – *Oto najnowsze dane dotyczące PKB w Polsce w 2022 r.* Dostęp online: <https://wig.waw.pl/oto-najnowsze-dane-dotyczace-pkb-w-polsce-w-2022-r/> (30.01.2023).
306. Williams, R., Ottinger, R. L. (2002) – *Renewable Energy Sources for Development*, *Environmental Law*, 331-368.
307. WIOD 2023 – (2023) *World Input-Output Database*. Dostęp online: <https://www.rug.nl/ggdc/valuechain/wiod/initial-wiod-project> (25.10.2023).
308. Wojtkowska-Łodej, G. (2014) – *Wyzwania klimatyczne i energetyczne a polityka Unii Europejskiej*, *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*, 17(2), pp. 39–52.
309. WTTC 2016 – (2016) – *World Travel & Tourism Council*, Dostęp online: <https://www.wttc.org/> (25.10.2023).
310. Xesús Pereira, L., Węgrzyńska, M. A., Fernández, M. (2021) – *Methodological contribution to the detection of backward linkages between sectors of the economy*, *Argumenta Oeconomica* 46(1).
311. Xia, X., Xia, J. (2010) – *Evaluation of potential for developing renewable sources of energy to facilitate development in developing countries*, *Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference*. IEEE.
312. Xu, Z. (2000) – *Financial development, investment, and economic growth*, *Economic Inquiry*, 38(2), pp. 331–344. DOI: 10.1111/j.1465-7295.2000.tb00021.x.
313. Yang, H. Y. (2000) – *a note on the causal relationship between energy and GDP in Taiwan*, *Energy Economics*, 22(3), pp. 309–317. DOI: 10.1016/S0140-9883(99)00044-4.
314. Zielińska-Głębocka, A. (2021) – *Współczesna gospodarka światowa*, Wolters Kluwer Polska, Łódź.
315. Ziętara, W. (2008) – *Wewnętrzne uwarunkowania rozwoju polskiego rolnictwa*, *Rocznik Nauk Rolniczych*, pp. 80–94.

## Spis rysunków

Rys. 2.1. Klasyfikacja obszarów badawczych.....	16
Rys. 3.1. Spodziewany spadek liczby czynnych kopalń państwowych, wraz z uwzględnieniem postanowień Umowy społecznej.....	36
Rys. 3.2. Zużycie węgla kamiennego ogółem w Polsce w latach 2010–2021, mln Mg/rok.....	39
Rys. 3.3. Zużycie węgla kamiennego ogółem w Polsce w 2021 roku w podziale na sektory, %.....	40
Rys. 3.4. Wydobycie węgla kamiennego energetycznego w Polsce w latach 2010–2022, mln Mg.....	41
Rys. 3.5. Import węgla kamiennego energetycznego w Polsce w latach 2010–2022, mln Mg.....	41
Rys. 3.6. Sprzedaż węgla kamiennego energetycznego w Polsce w latach 2010–2022, mln Mg.....	42
Rys. 3.7. Wydobycie węgla kamiennego koksowego w Polsce w latach 2010–2022, mln Mg.....	43
Rys. 3.8. Import węgla kamiennego koksowego w Polsce w latach 2010–2022, mln Mg.....	43
Rys. 3.9. Sprzedaż węgla kamiennego koksowego w Polsce w latach 2010–2022, mln Mg.....	44
Rys. 3.10. Płatności publicznoprawne górnictwa węgla kamiennego w latach 2010–2021, mld zł .....	44
Rys. 3.11. Struktura płatności publicznoprawnych górnictwa węgla kamiennego w 2021 roku, % .....	45
Rysunek 3.12. Liczba osób zatrudnionych w górnictwie węgla kamiennego w latach 2007–2022.....	46
Rys. 3.13. Wydobycie węgla brunatnego i sprzedaż do elektrowni w 2016 roku, tys. Mg.....	47
Rysunek 3.14. Płatności publicznoprawne kopalń węgla brunatnego w 2016, mln zł.....	48
Rys. 4.1. Produkt Krajowy Brutto w Polsce w latach 2015–2022, mln zł.....	52
Rys. 6.1. Uproszczony schemat postępowania w obliczeniach wpływu górnictwa węglowego na kształtowanie się PKB z wykorzystaniem przepływów międzygałęziowych.....	70
Rys. 6.2. Warianty Substytucji.....	110



Rys. 6.3. Średnie ceny importowanego i krajowego węgla kamiennego energetycznego, zł/Mg.....	113
Rys. 6.4. Średnia cena gazu ziemnego z dostawą w kolejnej dobie (RDNg), zł/MWh.....	117
Rys. 6.5. Średnie wynagrodzenie w poszczególnych gałęziach gospodarki, 2015 rok.....	132
Rys. 6.6. Średnia stopa bezrobocia w Polsce, %.....	132
Rys. 6.7. Przyrost liczby pracowników w gałęziach, tys. osób.....	135
Rys. 7.1. Procentowy spadek wartości PKB w funkcji Wariantów Redukcji wydobycia oraz procentowo wyrażonej ceny węgla z importu; z uwzględnieniem Wariantu Substytucji WS1 i Wariantu Migracji, na podstawie danych z 2015 roku.....	143
Rys. 7.2. Procentowy spadek wartości PKB w funkcji Wariantów Redukcji wydobycia oraz procentowo wyrażonej ceny węgla z importu; z uwzględnieniem Wariantu Substytucji WS2, zmniejszenia ceny gazu ziemnego o 40% i Wariantu Migracji, na podstawie danych z 2015 roku.....	145
Rys. 7.3. Procentowy udział zastąpienia energii z węgla kamiennego energetycznego dla Wariantu Redukcji WR100%, Wariantu Migracji i Wariantu Substytucji WS2: zmniejszenie ceny gazu ziemnego o 40%, cena węgla z importu równa referencyjnej (cwr) .....	146
Rys. 7.4. Procentowy udział zastąpienia energii z węgla kamiennego energetycznego dla Wariantu Redukcji WR100%, Wariantu Migracji i Wariantu Substytucji WS2: zmniejszenie ceny gazu ziemnego o 40%, cena węgla z importu wyższej o 40% od referencyjnej.....	147
Rys. 7.5. Procentowy udział zastąpienia energii z węgla kamiennego energetycznego dla Wariantu Redukcji WR100%, Wariantu Migracji i Wariantu Substytucji WS2: zmniejszenie ceny gazu ziemnego o 40%, cena węgla z importu niższej o 40% od referencyjnej.....	148
Rys. 7.6. Procentowy spadek wartości PKB w funkcji Wariantów Redukcji wydobycia oraz procentowo wyrażonej ceny węgla z importu; z uwzględnieniem Wariantu Substytucji WS2, zmniejszenia ceny gazu ziemnego o 20% i Wariantu Migracji, na podstawie danych z 2015 rok.....	149
Rys. 7.7. Procentowy spadek wartości PKB w funkcji Wariantów Redukcji wydobycia oraz procentowo wyrażonej ceny węgla z importu; z uwzględnieniem Wariantu Substytucji WS2, cena gazu ziemnego równa wartości referencyjnej i Wariantu Migracji, na podstawie danych z 2015 roku.....	151
Rys. 7.8. Procentowy spadek wartości PKB w funkcji Wariantów Redukcji wydobycia oraz procentowo wyrażonej ceny węgla z importu; z uwzględnieniem Wariantu Substytucji WS2, wzrostu ceny gazu ziemnego o 20% i Wariantu Migracji, na podstawie danych z 2015 roku.....	153

Rys. 7.9. Procentowy spadek wartości PKB w funkcji Wariantów Redukcji wydobycia oraz procentowo wyrażonej ceny węgla z importu; z uwzględnieniem Wariantu Substytucji WS2, wzrostu ceny gazu ziemnego o 40% i Wariantu Migracji, na podstawie danych z 2015 roku.....155

Rys. 7.10. Procentowy udział zastąpienia energii z węgla kamiennego energetycznego dla Wariantu Redukcji WR100%, Wariantu Migracji i Wariantu Substytucji WS2: zwiększenie ceny gazu ziemnego o 40%, cena węgla z importu jest równa cenie referencyjnej.....156

Rys. 7.11. Procentowy udział zastąpienia energii z węgla kamiennego energetycznego dla Wariantu Redukcji WR100%, Wariantu Migracji i Wariantu Substytucji WS2: zwiększenie ceny gazu ziemnego o 40%, cena węgla z importu wyższej o 40% od referencyjnej.....157

Rys. 7.12. Procentowy udział zastąpienia energii z węgla kamiennego energetycznego dla Wariantu Redukcji WR100%, Wariantu Migracji i Wariantu Substytucji WS2: zwiększenie ceny gazu ziemnego o 40%, cena węgla z importu niższej o 40% od referencyjnej.....158

## Spis tabel

Tabela 3.1. Harmonogram transformacji sektora górnictwa węglowego w Polsce.....	36
Tabela 4.1. Produkt krajowy brutto w Polsce w latach 2015–2021, mln zł .....	52
Tabela 5.1. Schemat tablicy przepływów międzygałęziowych.....	61
Tabela 6.1. Parametry referencyjne przyjęte do obliczeń <i>TPMD</i> , 2015 rok.....	74
Tabela 6.2. Wyniki obliczeń <i>MWD</i> dla <i>TPMD</i> w 2015, tys. zł.....	89
Tabela 6.3. Struktura wydobycia kopalń węgla kamiennego w 2015 roku z terminami obowiązywania koncesji oraz zamknięcia.....	93
Tabela 6.4. Lista poszczególnych wariantów wchodzących w skład analizowanych scenariuszy badawczych. Możliwości kombinacji Wariantów Redukcji, Substytucji, Migracji.....	95
Tabela 6.5. Redukcja wydobycia węgla kamiennego energetycznego i koksowego w Wariantach w stosunku do stanu z 2015 roku oraz liczba osób zatrudnionych w gałęziach, %.....	99
Tabela 6.6. Parametry referencyjne przyjęte do obliczeń w modelu substytucji, 2020 i 2022 rok. ....	104
Tabela 6.7. Maksymalna przepustowość w zakresie importu węgla w 2021 roku, tys. Mg.....	112
Tabela 6.8. Udział gospodarstw domowych wykorzystujących poszczególne nośniki energii do ogrzewania pomieszczeń, %.....	120

## **Spis załączników**

1. Załącznik 1. Tablica przepływów międzygałęziowych GUS (*TPM*)
2. Załącznik 2. Zdekomponowana tablica przepływów międzygałęziowych (*TPMD*)