

## Streszczenie

Węgiel kamienny energetyczny jest w kraju znaczącym paliwem do produkcji energii elektrycznej, jak i ciepłej. Jest surowcem, z którym w sposób bezpośredni, bądź też pośredni, powiązane są inne sektory gospodarki.

Górnictwo rozumiane jako przemysł zajmujący się wydobywaniem z ziemi kopalin użytecznych jest istotną składową gospodarki Polski. Przemysł górniczy dostarcza surowców mineralnych niezbędnych dla innych gałęzi przemysłu i przede wszystkim do energetyki. Z górnictwem węglowym powiązanych jest szereg firm świadczących usługi i dostarczających produkty niezbędne dla 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. 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. W rezultacie, kwestia zachowania lub likwidacji krajowego wydobycia surowca węglowego stanowi fundamentalny element funkcjonowania Polskiej gospodarki.

Przedmiotem badań podejmowanych w rozprawie doktorskiej jest polskie górnictwo węgla kamiennego energetycznego. Zakresem badań objęto oddziaływania zachodzące pomiędzy gałęzią górnictwa węgla kamiennego energetycznego, a pozostałymi gałęziami gospodarki krajowej w obszarze dotyczącym wpływu zmniejszenia ilości wydobycia węgla kamiennego energetycznego (poprzez zamknięcie jednostek wydobywczych - kopalń węgla kamiennego) na zmianę wielkości PKB Polski, jako wskaźnika efektywności gospodarczej kraju.

### **Zaproponowano następujący cel badawczy:**

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 pracy postawiono następującą tezę badawczą:**

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

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 techniczno-ekonomiczny model gospodarki Polski, który został następnie zaimplementowany w środowisku MS Excel.

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 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 wprowadzenie, dziewięć rozdziałów 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 w zakresie zastosowanego w pracy modelowania matematycznego z uwzględnieniem przepływów międzygałęziowych metodą Leontiefa. 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 wnioski wynikające z przeprowadzonych badań, odnoszące się do przyjętych w pracy celów oraz tezy postawionej w rozprawie doktorskiej.

### **Wskazane wnioski:**

W celu zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego i rozwoju gospodarczego kraju zmiany na krajowym 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 kraju. 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). 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 w PKB, 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 2015 roku dla krajowej gospodarki (z uwzględnieniem erraty z 2024 roku) 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 przyszłości.

Mając wspomniane wyżej problemy na uwadze, obliczono zmniejszenie wartości PKB dla scenariuszy redukcji wydobycia importowanego węgla kamiennego energetycznego o 25, 50, 75 i 100% przy różnych poziomach cenowych węgla 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 likwidacji 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) ze względu na różne możliwości importu energii oraz zmiany

prawne w tym zakresie, a także możliwości zastępowania węgla 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 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 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.

W zakresie analizy przejścia pracowników z branży górniczej do innych wykonano model autorski. Założono liczbę 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 wpływ ten jest niewielki. 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 cząstkowe, 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 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* oraz określenie wpływu zmian w zakresie wydobycia, substytucji węgla 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.



## Summary

Thermal coal is a significant fuel in the country for the production of both electricity and heat. It is a raw material with which other sectors of the economy are directly or indirectly linked.

Mining, understood as the industry involved in extracting useful minerals from the ground, is an important component of Poland's economy. The mining industry provides the minerals necessary for other industries and, above all, for the energy sector. A number of companies are associated with coal mining; providing services and products necessary for the operation of the industry, referred to as mining-related companies. These service providers include manufacturers of mining machinery and equipment, research and development institutions with specialisations related to mining. These companies do not only supply materials, but also carry out research and analysis, supporting the progress of mining operations. Thus, it can be concluded that the mining sector acts as a supplier of goods to other sectors of the economy. As a result, the issue of preserving or liquidating domestic coal mining is a fundamental element in the functioning of the Polish economy.

The subject of the research undertaken in the doctoral dissertation is the Polish thermal coal mining industry. The scope of the research covered interactions between the energy coal mining industry and other branches of the national economy in the area of the impact of a reduction in the volume of energy coal mining (by closing mining units - coal mines) on a change in the volume of Poland's GDP as an indicator of the country's economic efficiency.

### **The following research objective was proposed:**

In the light of the presented research subject and the scope of the study, the main objective of the dissertation is: **to quantitatively assess the change in the value of Poland's GDP index as a result of the cessation or reduction of thermal coal mining.**

Achieving the main objective of the work requires the achievement of sub-objectives, which are formulated as follows:

1. Acquisition and collation of hard coal market data.
2. Preparation of research scenarios.

3. Preparation of a substitution model and analysis of labour migration for the proposed research scenarios.
4. Calculation of GDP values for combinations of research scenarios using the Leontief method.

**The paper sets out the following research thesis:**

**The input-output method makes it possible to determine the contribution of thermal coal mining to GDP and the impact of a reduction in thermal coal mining on the change in GDP.**

The analysis of the topic's literature showed that a suitable method used to study the structure of flows between branches of the economy is the Leontief input-output analysis. In order to achieve the set objectives, a technical-economic model of the Polish economy was developed and then implemented in the MS Excel environment.

In the context of achieving the objectives of the study, research scenarios were developed. The scenarios represent a complex combination of different options that could occur in the situation under this study. Three main options have been included in the analysis: reduction, substitution and migration. The options are described in detail in the individual chapters of the thesis.

The defined subject of the research, the scope of the thesis and the defined research objectives and thesis are subordinated to the layout of the thesis, which consists of an introduction, nine chapters and a conclusion.

Chapter one is an introduction to the dissertation. Chapter two analyses the current state of knowledge on the impact of coal mining on GDP formation using input-outputs. Both national and international experiences in the indicated area are listed. The third chapter describes coal mining in Poland. The next chapter is about the mechanisms of the national economy. The fifth chapter contains a description of the computational method in terms of the mathematical modelling used in the study, taking into account input-output using the Leontief method. The sixth chapter describes the activity of indicating the impact of coal mining on the formation of GDP using input-outputs. The next chapter contains the results of the calculations. The

conclusion presents the verdicts obtained from the research carried out, relating to the objectives adopted in the work and the thesis set out in the dissertation.

### **Indicated conclusions:**

In order to ensure energy security and the economic development of the country, changes in the domestic raw materials market and plans for restructuring the Polish coal mining industry are becoming particularly important. In economic terms, an important indicator for assessing the state of the economy is the value of GDP. It is therefore important to understand the impact of thermal coal mining activities on the country's GDP. Analysing this relationship can help in assessing the economic consequences of restructuring the hard coal mining sector and in formulating effective economic development strategies that take into account changing market and environmental conditions.

Measures aimed at reducing the extraction of power coal in the country, which cause a consistently pursued climate and energy policy aimed at reducing the negative environmental impact of fossil fuel combustion, contribute to changing the structure of the fuel mix and, as a result, to the closure of hard coal mines. Coal-fired units will continue to form the basis of the generation structure of the national electricity system for several more years. However, it is important to examine the possibilities of their replacement (substitution), taking into account the various constraints present in this process in the 2030 perspective. The analysis of these possibilities can help to develop a strategy for the transition to more sustainable and environmentally friendly energy sources and to ensure the stability and efficiency of the operation of the electricity system. Heat generation and industrial processes are also important methods of coal use. Related to these issues are the limitations and assumptions adopted in this dissertation, as the actions taken to reduce the amount of thermal coal mining in the country should coincide with the possibilities and limitations of its substitution (within the adopted time perspective). These actions, depending on the substitution used, the price relationship of substitute goods and the structure of labour migration, can positively or negatively affect the change in GDP.

There is a lack of comprehensive research in the literature on the impact of changes in thermal coal mining on the Polish economy. Analyses carried out by the Central Statistical Office

(GUS) mainly concern the general state of coal mining, however, in the context of detailed aspects related to different types of coal, such as thermal coal, coking coal (considered a critical raw material in the EU) and lignite, it is impossible to consider them together due to their different specificities. Each of the above-mentioned coal types have distinctive characteristics, uses and implications for different economic sectors, making it difficult to generalise them into a single analysis. Therefore, it was necessary to carry out an author's analysis of data on thermal coal mining based on data made available by the Central Statistical Office. An additional advantage of the paper is the use of input-output based calculations, which is an innovative approach to the topic, enabling a more comprehensive analysis and a better understanding of the dynamics of this sector in the economy.

The dissertation developed a method of decomposing input-output values in such a way as to be able to isolate the current impact of thermal coal mining on the Polish economy and to analyse the impact of changes in the extraction of the raw material. For this purpose, an expert analysis was carried out and the latest data from the fuel and energy sector was used. A decomposition of the input-output table was carried out, thereby reflecting the key relationships between the thermal coal mining sector and other sectors of the economy. The allocation of fuel carriers (energy raw materials) to the commercial power industry and other industries that make significant use of thermal coal was also taken into account. These measures allowed for the detailed identification of mining industries such as thermal coal mining, coconut coal mining, lignite coal mining, and enabled the relationship between mining industries and other industries to be shown.

In order to solve the problem formulated in the paper, a calculation method was developed for the impact of changes in domestic thermal coal mining on Poland's GDP. The methodology used in the study is based on the concept of mathematical modelling taking into account input-output with the Leontief method. The process of building the model was preceded by a review of world and national scientific publications on the subject.

Validation of the method developed included, among other things, calculating the value of GDP using input-output tables. The result of this calculation was consistent with the value provided by the CSO in official documents for 2015. In addition, the dissertation determined the contribution of thermal coal mining to GDP, which was calculated to be 0.8% for 2015.

The use of the built computational model (after validation), combined with the developed research scenarios (including the level of mining reduction), enabled a quantitative assessment of the impact of thermal coal mining reduction on the country's GDP. The proposed model takes into account the analysis of data from 2015 and after the implementation of changes in the mining sector. The costs of these changes are constraints, especially in the substitution model, but do not affect input-output values in a significant way for the post-mining change calculations.

In addition to the development of the calculation method, the main objective of the study was to analyse the impact of a scenario-based reduction in thermal coal mining on the change in GDP values. In this aspect, the latest 2015 input-output data from the Central Statistical Office (CSO) for the national economy (including the 2024 errata) were used and a number of assumptions, constraints and models were made: coal substitution depending on energy commodity prices, change in employment structure (labour migration). The associated computational uncertainties are at the same time indications for similar analyses that may be made in the future.

With the aforementioned problems in mind, the reduction in GDP values was calculated for scenarios of 25, 50, 75 and 100% reduction in imported thermal coal production at different thermal coal and natural gas price levels. The research scenarios developed were designed to allow a quantitative assessment of the impact of thermal coal reduction on changes in GDP. The reduction scenarios show the reduction of thermal coal in a phased, non-smooth manner, so that stepwise dynamics of change could be demonstrated. These are plausible scenarios based on domestic mine decommissioning plans; they have been tailored to market conditions and take into account the mechanisms of mine operation. The dissertation did not analyse the impact of electricity prices on changes in the substitution option (SV2) due to the different energy import options and legal changes in this area, as well as the possibility of substituting thermal coal with electricity (for example in heat generation).

For the scenario including the Reduction Variant (RV25%) and the Substitution Variant (SV1) (substitution with imported thermal coal), the percentage decrease in the value of GDP ranges from 0.175% (when the price of imported thermal coal is 40% lower than the domestic price) to 0.254% (when the price of imported coal is 40% higher than the domestic price). In contrast, for the Total Reduction (RV100%) and the Substitution Variant (SV1), the percentage

decrease in GDP value ranges from 0.784% (when the price of imported thermal coal is 40% lower than the domestic price) to 1.075% (when the price of imported coal is 40% higher than the domestic price).

For the scenario including the Reduction Variant (RV25%) and the Substitution Variant (SV2) (substitution with imported thermal coal, imported natural gas and imported electricity), the percentage decrease in GDP value ranges from 0.175 (when the price of imported thermal coal is 40% lower than the domestic price, with imported gas prices ranging from -40% to +40% of the reference price) to an average of 0.250 (when the price of imported coal is 40% higher than the domestic price, with imported gas prices ranging from -40% to +40% of the reference price). In contrast, for the Total Reduction (RV100%) and the Substitution Variant (SV2), the percentage decrease in the value of GDP ranges from an average of 0.775% (when the price of imported thermal coal is 40% lower than the domestic price, with imported gas prices ranging from -40% to +40% of the reference price) to an average of 1.1% (when the price of imported coal is 40% higher than the domestic price, with imported gas prices ranging from -40% to +40% of the reference price). In addition, it was shown that an increase in the price of imported energy commodities would result in higher values of GDP decline.

With regard to the analysis of the transition of workers from the mining industry to others, the author's model was performed. Assumptions were made on the number of retirements (10%) and the fact that migration would be towards branches less affected by the act of reducing thermal coal mining. By doing the calculations, in stages, it has been presumed that migration affects GDP and, in the case of the above assumptions, reduces the decrease in GDP, which is caused by the closure of thermal coal mines, but the impact is small. It should be noted that there are various other combinations of labour migration that have a relatively high impact on GDP. For a 0.62% decrease in GDP for the scenario with the Reduction Variant (RV100%), the spread of results for different Migration Variants chosen at random can reach 0.218% of the increase in GDP.

In view of this situation, the work carried out confirmed the research thesis set out in the dissertation. By carrying out the work, it was proven that the input-output method makes it possible to determine the contribution of thermal coal mining on GDP and the impact of a reduction in thermal coal mining on the change in GDP.

The main objective of the dissertation was to quantitatively assess the change in the value of Poland's GDP index as a result of the cessation or reduction of thermal coal mining, which was achieved and illustrated in chapter seven of the dissertation. Sub-objectives were also met, as described in chapters:

1. Acquisition and collation of hard coal market data – Chapter 3.
2. Preparation of research scenarios – Chapter 6.
3. Prepare a substitution model and analyse labour migration for the proposed research scenarios – Chapter 6.
4. Calculate GDP values for combinations of research scenarios using the Leontief method – Chapter 7.

In order to solve the research problem posed and to achieve the objectives set, the input-output method was used, which, as indicated within Chapter 2 – where a literature analysis of the topic under consideration is presented – is an economic method describing the dependencies of enterprises in the country's economy as a whole.

The energy transition, including the move away from thermal coal mining in Poland, is causing various changes, including economic ones. In this aspect, this is the first paper to determine the impact of the changes in the above-mentioned area on Poland's GDP.

In the dissertation, the main features of novelty are the determination of the contribution of thermal coal mining to GDP - for the first time done according to the input-output method, based on the decomposition of the coal *and lignite branches*, the performance of the decomposition of the coal and *lignite* branches and the determination of the impact of changes in mining, coal substitution and labour migration on changes in GDP values.

This dissertation is an important contribution to the development of Polish scientific thought, especially in the analysis of the reduction of thermal coal mining and its impact on the economy. In addition, the results presented in this thesis and their proper interpretation may be relevant for those responsible for shaping national energy policy. In order to effectively implement these results in the decision-making process, it would be necessary to revise the presumptions and take into account the latest data and current assumptions. Indeed, decision-makers have a better understanding and perspective on changes and assumptions than the author of the thesis, which is important for decision-making at the policy level.