

UNIWERSYTET EKONOMICZNY W POZNANIU

WYDZIAŁ TOWAROZNAWSTWA

KATEDRA KONIUNKTURY GOSPODARCZEJ

JAN MIZGAJSKI

**Zmiany struktury gospodarczej jako czynnik determinujący jakość
środowiska na przykładzie emisji CO₂ w Polsce**

Praca doktorska

PROMOTOR:

PROF. DR HAB. RYSZARD BARCZYK, PROF. ZW. UEP

POZNAŃ 2014

Autor uzyskał dofinansowanie na realizację rozprawy w ramach projektu pt.: „Wsparcie stypendialne dla doktorantów na kierunkach uznanych za strategiczne z punktu widzenia rozwoju Wielkopolski”, Poddziałanie 8.2.2 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki, współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Składam serdeczne podziękowania Panu Prof. Ryszardowi Barczykowi za trud poniesiony podczas prowadzenia mojej osoby w przygotowaniach rozprawy.

Praca ta nie mogłaby powstać gdyby nie pomoc najbliższych. Przede wszystkim dziękuję droгим Rodzicom za przykład i wszelkie wsparcie. Kochanej Marcie dziękuję za wyrozumiałość, cierpliwość i wiarę w moje możliwości.

Spis treści

Wstęp	7
--------------------	----------

ROZDZIAŁ I

Teoretyczna analiza pojęć struktury gospodarczej i jakości środowiska	13
--	-----------

I.1. Ewolucja pojęcia struktury gospodarczej.....	13
I.1.1. Geneza pojęcia struktura gospodarcza w XVIII i XIX w.....	14
I.1.2. Systematyka współczesnych pojęć struktury gospodarczej i zmian strukturalnych.....	15
I.2. Struktura gospodarcza i jej zmiany w analizach ekonomicznych.....	21
I.2.1. Model ekonomiczny jako narzędzie analitycznego opisu struktury gospodarczej.....	22
I.2.2. Charakterystyka struktury gospodarczej w modelach ekonomicznych.....	25
I.2.3. Otwarta i zamknięta specyfikacja struktury w badaniu przemian gospodarczych.....	28
I.2.4. Akceptowane ujęcie analityczne struktury gospodarczej i jej zmian.....	30
I.3. Determinanty i wskaźniki jakości środowiska.....	31
I.3.1. Jakość środowiska jako problem naukowy.....	31
I.3.2. Czynniki określające jakość środowiska.....	32
I.3.3. Wskaźniki jakości środowiska.....	35
I.4. Presja na jakość środowiska w procesach transformacji gospodarczej w Polsce.....	40
I.4.1. Środowiskowa krzywa Kuznets'a.....	40
I.4.2. Czynniki kształtujące środowiskową krzywą Kuznets'a w Polsce.....	42
I.5. Układ zależności pomiędzy gospodarką, energią i środowiskiem w Polsce....	49
I.5.1. Zużycie energii w procesach wzrostu gospodarczego w Polsce.....	49
I.5.2. Oddziaływanie zużycia paliw na jakość środowiska w gospodarce polskiej.....	55

Rozdział II

Strukturalna analiza dekompozycyjna jako metoda badania wpływu zmian strukturalnych na jakość środowiska	67
---	-----------

II.1. Strukturalna analiza dekompozycyjna na tle innych metod.....	67
II.1.1. Strukturalna analiza dekompozycyjna (SDA).....	68
II.1.2. Indeksowa analiza dekompozycyjna.....	72
II.1.3. Metody ekonometryczne.....	76
II.1.4. Policjalne modele równowagi ogólnej.....	78
II.2. Wielosektorowy model Leontiefa jako wprowadzenie do SDA.....	82
II.2.1. Teoria przepływów międzygałęziowych.....	82
II.2.2. Konsekwencje wynikające z modelu Leontiefa.....	88

II.3.	Pomiar zmian strukturalnych w warunkach wzrostu gospodarczego.....	91
II.3.1.	Analiza statyki porównawczej - metoda statyczna w teorii dynamicznej	92
II.3.2.	Dekompozycja wzrostu gospodarczego w układzie wielosektorowym	94
II.4.	Model określający wpływ zmian strukturalnych na emisję CO ₂	97
II.4.1.	Założenia modelu.....	98
II.4.2.	Konstrukcja modelu.....	100
II.4.3.	Analiza zależności w modelu	110

Rozdział III

Rola czynników strukturalnych w kształtowaniu emisji CO₂ w Polsce w latach

1995-2009

III.1.	Dobór i formalna adaptacja danych empirycznych	119
III.1.1.	Tablice przepływów międzygałęziowych	120
III.1.2.	Tablice zużycia energii	123
III.1.3.	Wskaźniki emisyjności CO ₂ nośników energetycznych.....	125
III.2.	Zmiany struktury gospodarczej Polski w latach 1995-2009.....	127
III.3.	Dekompozycja czynników strukturalnych określających wielkość emisji CO ₂ w gospodarce polskiej.....	140
III.3.1.	Równomierny wzrost gospodarczy	141
III.3.2.	Energochłonność.....	143
III.3.3.	Struktura zaopatrzenia w nośniki energii.....	146
III.3.4.	Popyt gospodarstw domowych	149
III.3.5.	Spożycie instytucji rządowych i samorządowych	154
III.3.6.	Nakłady na środki trwałe brutto.....	159
III.3.7.	Eksport	163
III.3.8.	Popyt pośredni na produkty importowane.....	165
III.3.9.	Popyt pośredni na produkty ogółem.....	167
III.3.10.	Podsumowanie otrzymanych wyników empirycznych	169
III.4.	Przewidywania dotyczące zmian strukturalnych, emisji CO ₂ i jakości środowiska w Polsce w warunkach polityki klimatycznej UE	174

Wnioski i rekomendacje

Bibliografia

Spis tabel

Spis rysunków

Aneks statystyczny – płyta CD

Wstęp

Zmiany klimatu są jednym z najpoważniejszych wyzwań w zakresie ochrony środowiska. Uważa się, że narastająca presja na środowisko związana z ocieplającym się klimatem negatywnie kształtuje jego jakość. Oddziaływanie to może odbywać się na wiele sposobów prowadząc do obniżania jakości środowiska np. poprzez podnoszenie się poziomu oceanów i zalewanie terenów zagospodarowanych przez człowieka, uszczuplanie zasobów wody słodkiej, ograniczanie różnorodności biologicznej, gwałtowne zjawiska pogodowe, czy występowanie ekstremalnie wysokich temperatur powietrza atmosferycznego.

Działający przy ONZ Międzynarodowy Panel ds. Zmian Klimatu (IPCC) w ostatniej wersji raportu „Climate Change 2013: The Physical Science Basis” stwierdził, że *„...stężenie w atmosferze ditlenku węgla, metanu i podtlenku azotu wzrosło do poziomów niespotykanych co najmniej podczas ostatnich 800 000 lat. Stężenie ditlenku węgla wzrosło o 40% od czasów sprzed rewolucji przemysłowej (tj. od 1750), głównie z powodów spalania paliw kopalnych i zmiany użytkowania gruntów”* [IPCC 2013, s. 9]. W tym samym opracowaniu podkreślono, że: *„wpływ człowieka na system klimatyczny jest jasny. Wynika on z rosnącego stężenia gazów cieplarnianych w atmosferze, dodatniego wymuszania radiacyjnego, obserwowanego ocieplenia i wiedzy dotyczącej systemu klimatycznego”* [IPCC 2013, s. 13].

Uchwalona w 1992 roku Ramowa Konwencja Narodów Zjednoczonych w Sprawie Zmian Klimatu (UNFCCC) ustanowiła oficjalne pole dla skoordynowanych międzyrządowych działań w celu sprostania wyzwaniu globalnych zmian klimatycznych. Jej nadrzędnym celem jest stabilizacja gazów cieplarnianych na poziomie, który będzie przeciwdziałał niebezpiecznym zmianom w systemie klimatycznym. Biorąc pod uwagę długi okres życia cząsteczek CO₂ w atmosferze, stabilizacja koncentracji gazów cieplarnianych na dowolnym poziomie będzie wymagała istotnych redukcji globalnych emisji CO₂. Im niższej ustali się poziom stabilizacji CO₂, tym szybciej będzie należało podjąć odpowiednie kroki w zakresie redukcji emisji tych gazów, bądź tym głębsze będą musiały być redukcje w przyszłości. Niemniej, stabilizacja stężenia gazów cieplarnianych nie spowoduje ustąpienia niekorzystnych zjawisk klimatycznych. Uważa się, że część z nich może

trwale rozregulować system klimatyczny, czego konsekwencje będzie ponosić człowiek i jego środowisko.

Spośród różnych aktywności człowieka wywołujących emisję gazów cieplarnianych największe znaczenie mają procesy energetyczne. Na świecie wytwarzanie energii odpowiada za przeszło 80% globalnych antropogenicznych emisji gazów cieplarnianych. Emisje te są rezultatem produkcji, transformacji i konsumpcji wszystkich typów surowców energetycznych. Mniejsze znaczenie mają emisje związane z rolnictwem, w skład których wchodzi głównie metan (CH_4) i podtlenek azotu (N_2O), pochodzące głównie z procesów związanych z hodowlą zwierząt i uprawą ryżu, a także emisje uwalniane podczas nieenergetycznych procesów przemysłowych.

W Polsce działalność związana z zapewnieniem źródeł energii w gospodarce odpowiada za 82% wszystkich emisji, z czego zdecydowana większość pochodzi ze spalania paliw. 98% gazów cieplarnianych uwalnianych w trakcie spalania paliw to CO_2 , który jednocześnie stanowi 77% całkowitych emisji w Polsce [UNFCCC 2010]. Wymienione wartości jednoznacznie wskazują na kluczową rolę CO_2 ze spalania paliw dla problemu emisji gazów cieplarnianych w Polsce.

Emisje CO_2 , a także innych gazów cieplarnianych, oprócz wymiaru środowiskowego, ma dziś istotny wymiar polityczny i ekonomiczny. W ramach UNFCCC toczą się spory o odpowiedzialność za wywołane zmiany oraz podział zobowiązań redukcyjnych w zróżnicowanym pod względem zamożności świecie. Główna linia podziału stanowisk leży pomiędzy krajami rozwiniętymi, a rozwijającymi. Te ostatnie są bardzo niechętne nowym zobowiązaniom dotyczącym redukcji CO_2 , w których widzą przeszkodę dla podnoszenia swojego dobrobytu. Na świecie liderem w kwestii ochrony klimatu chce zostać Unia Europejska, która widzi w tym interes dla swojej pozycji politycznej i gospodarczej.

W związku z tym w 2007 roku Unia Europejska zobowiązała się do zmniejszenia do 2020 roku łącznych emisji gazów cieplarnianych o co najmniej 20 % poniżej poziomu z 1990 roku [DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY 2009/28/WE 2009]. To zapoczątkowało formułowanie przez Unię Europejską kolejnych, bardziej radykalnych, celów redukcyjnych. Półtora roku później Rada Europejska ogłosiła, iż: „w kontekście koniecznych redukcji, które zgodnie ze stanowiskiem Międzyrządowego Panelu ds. Zmian Klimatu (IPCC) mają osiągnąć kraje rozwinięte jako grupa Rada Europejska popiera cel UE polegający na

redukcji emisji o 80–95% do roku 2050 w porównaniu z poziomami z roku 1990” [RUE 2009].

Podstawowym instrumentem polityki klimatycznej UE jest wspólnotowy system handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych (EU ETS). Od roku 2013 działa on na nowych, rygorystycznych zasadach przystosowanych do realizacji ww. celów. Spowoduje to rosnące koszty dla przemysłu, wynikające z konieczności nabywania w drodze aukcji uprawnień do emisji gazów cieplarnianych, których cena będzie coraz wyższa wraz z ograniczaniem ich podaży. W rezultacie koszty te zostaną uwzględnione w cenach dóbr przemysłowych i energii, co pośrednio obciąży gospodarki krajów członkowskich UE. Ponadto, dodatkowe koszty dla gospodarek spowodują konieczność redukcji także nieobjętych przez EU ETS emisji gazów cieplarnianych.

Spośród wszystkich emisji gazów cieplarnianych, emisje CO₂ ze spalania paliw ma kluczowe znaczenie kosztotwórcze w UE. Jest to związane z tym, że stanowi ona zdecydowanie największy udział tych gazów ogółem (ok. 77%), z czego ponad połowa objęta jest systemem handlu emisjami. Dlatego stosunkowo niższe koszty polityki klimatycznej poniosą te kraje UE, w których wytworzenie jednostki PKB łączy się z niewielkimi emisjami CO₂. Zatem w interesie państw członkowskich UE jest dążenie do realizacji wzrostu gospodarczego przy jednoczesnym ograniczaniu emisji CO₂. Ścieżka takiego wzrostu jest wyzwaniem w szczególności dla Polski, dla której stosunek emisji CO₂ do PKB jest jednym z najwyższych w UE.

Mimo ciągłej potrzeby ograniczania emisyjności polskiej gospodarki można już zaobserwować znaczące zmiany, które dokonały się w tym zakresie. W latach 1990-2009 udało się obniżyć emisję CO₂ w Polsce o 17%, przy jednoczesnym wzroście gospodarczym o 104%. Jednocześnie wiadomo, iż polski rząd nie podejmował wtedy szczególnych wysiłków mających na celu ograniczania emisji gazów cieplarnianych. Stąd, określenie czynników zmian emisji CO₂ w tym okresie zdaje się mieć szczególne walory poznawcze i praktyczne z punktu widzenia przytoczonych wyżej zamierzeń politycznych UE.

Do tej pory w Polsce przeprowadzonych zostało niewiele podobnych badań. Z pośród nich na uwagę zasługuje monografia M. Plicha [Plich 2002], która w kompleksowy sposób wyjaśnia budowę i możliwości wykorzystania modeli ekonomiczno-ekologicznych. Natomiast wiele opracowań z tego zakresu powstaje za granicą, ostatnio zwłaszcza w Azji. Szczególnie istotne są dwie analizy. J. Parikh i

inni [2009] przedstawili szczegółową analizę emisji CO₂ w Indiach w głównych sektorach w latach 2003-04 bazując na macierzy rachunków społecznych SAM. F. Xiangzhao¹ i Z. Ji [2008] wykorzystali równanie Kaya oraz uwzględnili główne zmiany w otoczeniu makroekonomicznym Chin w okresie od 1971 do 2005 roku. Następnie przeprowadzili analizę strukturalną różnych czynników wpływających na emisję CO₂, aby na ich podstawie wyciągnąć wnioski dotyczące redukcji gazów cieplarnianych oraz realizacji strategii zrównoważonego rozwoju w Chinach.

Dysertacja opiera się na tezie, że zmiany emisji CO₂ zachodzące wskutek przemian struktury gospodarczej, poprzez wpływ na globalny efekt cieplarniany, determinują jakość środowiska. Przyjmuje się, że wpływ na jakość środowiska jest tym silniejszy im większe są emisje CO₂ do atmosfery.

Hipoteza przyjęta w pracy stanowi, że zmiany strukturalne w Polsce w latach 1995-2009, polegające na spadku energochłonności produkcji globalnej, zmianach technologii produkcji, a także zmianach w zakresie struktury przedmiotowej i intensywności handlu zagranicznego Polski były przyczyną redukcji emisji CO₂ w tym czasie. Redukcja ta była *ceteris paribus* czynnikiem działającym na rzecz poprawy jakości środowiska za sprawą ograniczania efektu cieplarnianego atmosfery.

Głównym celem rozprawy jest ustalenie i zbadanie charakteru wpływu zmian strukturalnych na wielkość emisji CO₂ pochodzącej z procesów spalania paliw w latach 1995-2009 w Polsce jako czynnika determinującego jakość środowiska.

Zakres analiz objął zestaw 35 sektorów polskiej gospodarki, będących źródłem emisji CO₂ ze spalania paliw, w skład których wchodzi podmioty gospodarcze i publiczne z wyłączeniem gospodarstw domowych. Emisje rozpatrywano dla kolejnych lat w okresie 1995-2009, co było uwarunkowane dostępnością porównywalnych danych statystycznych.

Badanie odnosiło się do pięciu zasadniczych pojęć: struktura gospodarcza, zmiany strukturalne, czynniki strukturalne, emisja CO₂ i jakość środowiska.

Struktura gospodarcza jest rozumiana jako zbiór elementów gospodarki oraz relacji między nimi. Za podstawę identyfikacji i uporządkowania tych elementów przyjęto działowo-gałęziowy układ gospodarki. Zakłada się, że w danym momencie tak rozumiana struktura gospodarcza jest zróżnicowana pod względem procentowego udziału elementów gospodarki w produkcie globalnym oraz ich własności energetyczno-technologicznych.

Zmiany struktury gospodarczej zachodzące w pewnym okresie polegają na zmianach udziału poszczególnych elementów gospodarki w produkcji globalnej oraz zmianie ich własności energetyczno-technologicznych.

Czynniki strukturalne to jednorodne cechy gospodarki decydujące o jej strukturze.

Emisje CO₂ oznaczają emisje ditlenku węgla pochodzące z procesów spalania paliw stałych, ciekłych i gazowych ze źródeł nieodnawialnych.

Jakość środowiska jest to zestaw właściwości i cech środowiska, zarówno globalnych, jak i lokalnych, które wpływają na człowieka i inne organizmy. Jest miarą stanu środowiska w stosunku do wymagań jednego lub wielu gatunków oraz w odniesieniu do potrzeb i celów człowieka [Johnson i in. 1997].

Metodyka pracy opiera się na wykorzystaniu analizy dekompozycyjnej modeli input-output, zwanej strukturalną analizą dekompozycyjną, która jest współcześnie powszechnie wykorzystywanym narzędziem w studiach nad zmianami strukturalnymi. Zgodnie z definicją, metoda ta polega na „...analizie zmian gospodarczych poprzez zbiór komparatywnych zmian statycznych w kluczowych parametrach tabeli input-output” [Rose i Chen 1991, s. 3].

Dysertacja ma charakter teoretyczno-empiryczny i składa się z trzech głównych części: teoretycznej, metodycznej i empirycznej, którym odpowiadają pojedyncze rozdziały.

W pierwszym rozdziale omówiono pojęcia, które przypisywano dotąd strukturze gospodarczej w naukach ekonomicznych. Przedstawiona została geneza „struktury gospodarczej” na gruncie myśli ekonomicznej XVIII i XIX w. Pokazano także dzisiejsze znaczenie tego terminu w oparciu o prace współczesnych autorów. Ponadto omówiono sposoby charakteryzowania struktury gospodarczej w zależności od przyjętych założeń teoretycznych. Następnie poddano analizie problem jakości środowiska, w tym wskaźników wykorzystywanych do jej oceny. Pokazano także relację jakości środowiska w odniesieniu do rozwoju gospodarczego w Polsce okresu transformacji w oparciu o teorię ekonomiki środowiska. Posłużyła do tego koncepcja środowiskowej krzywej Kuznets’a, którą szczegółowo przedstawiono w celu wyjaśnienia poszczególnych strukturalnych i niestrukturalnych mechanizmów w niej ujętych. Rozdział kończy uszczegółowienie powyższej relacji poprzez skupienie się na związkach zachodzących pomiędzy gospodarką, energią i środowiskiem w Polsce. W tym celu wyjaśniono rolę energii w procesach wzrostu gospodarczego i pokazano

jak kształtowało się jej zużycie w procesach rozwoju gospodarczego. Następnie przedstawiono w jaki sposób konsumpcja energii wpływa na jakość środowiska, ze szczególnym uwzględnieniem emisji CO₂.

Drugi rozdział ma charakter ściśle metodyczny. Rozpoczyna się od przedstawienia metody strukturalnej analizy dekompozycyjnej na tle pozostałych metod, służących do analiz wpływu zmian struktury na jakość środowiska. Omówiono tu indeksową analizę dekompozycyjną, metody ekonometryczne oraz modele równowagi ogólnej. Kolejną część rozdziału to wprowadzenie do strukturalnej analizy dekompozycyjnej poprzez przedstawienie modelu przepływów międzygałęziowych Leontief'a. Omówiono także ograniczenia tego modelu, które determinują interpretację wyników uzyskanych za pomocą strukturalnej analizy dekompozycyjnej. Następnie pokazano sposób mierzenia zmian strukturalnych w warunkach wzrostu gospodarczego, który znalazł swoje zastosowanie w zaproponowanej w pracy metodzie badań. Ostatnią część rozdziału stanowi przedstawienie modelu matematycznego określającego wpływ zmian strukturalnych na emisje CO₂. Omówiono w niej specyficzne założenia modelu oraz przedstawiono jego szczegółowe wyprowadzenie. Na koniec przeanalizowano poszczególne zależności ujęte w modelu.

Rozdział trzeci jest rozdziałem empirycznym, który rozpoczyna dyskusja materiału statystycznego. Przedstawione zostały szczegółowo źródła danych oraz dokonano próbną ich krytycznej oceny. Kluczowy fragment rozdziału stanowi prezentacja i dyskusja wyników empirycznych w podziale na grupy czynników popytowych wyszczególnionych w modelu analitycznym. Rozdział kończy analiza przewidywanych zmian strukturalnych i emisji CO₂ w Polsce w warunkach polityki klimatycznej UE po roku 2013.

Ostatnią część dysertacji stanowi zakończenie, w którym zawarto wnioski z analiz oraz przedstawiono rekomendacje dotyczące prowadzenia polityki gospodarczej Polski, uwzględniającej konieczność poprawy jakości środowiska w zakresie redukcji emisji CO₂. Zaproponowano także kierunki dla dalszych badań w tym obszarze.

ROZDZIAŁ I

Teoretyczna analiza pojęć struktury gospodarczej i jakości środowiska

Badanie zmian strukturalnych poddane jest istotnemu wpływowi ze strony zastosowanego sposobu mapowania, tj. sposobu specyfikacji struktury, który wyłania się z ekonomicznego opisu systemu gospodarczego [Landesmann i Scazzieri 1990]. Stąd też, rozdział ten w całości zostanie poświęcony różnym koncepcjom interpretacji struktury gospodarczej w literaturze przedmiotu, które znajdują swoje odzwierciedlenie nie tylko w obszarze czysto teoretycznym, ale także w praktyce analitycznej. W pierwszej części rozdziału zostanie omówiona geneza pojęcia struktury gospodarczej na przykładzie ekonomistów działających w XVIII i XIX wieku. W szczególności zostaną przywołane koncepcje A. Smith'a, D. Ricardo i F. Quesnay, które wskazywały zainteresowanie z ich strony problemami struktury. Następnie zostanie podjęta próba usystematyzowania znaczeń, które nadawano strukturze i jej zmianom, głównie w oparciu o literaturę drugiej połowy XX w. Druga część rozdziału będzie dotyczyła sposobów charakteryzowania struktury w warunkach różnych ram analitycznych. W związku z tym zostały omówione wertykalne i horyzontalne modele gospodarki narodowej, którymi posługiwali się analitycy do opisu struktury gospodarczej. W ostatniej części rozdziału zostanie sformułowana definicja struktury gospodarczej i jej zmian, która znajdzie swoje zastosowanie w dalszych rozważaniach. Określony zostanie także sposób jej specyfikacji w ustalonych ramach analitycznych, służących realizacji postawionych celów.

I.1. Ewolucja pojęcia struktury gospodarczej

Poniższe rozważania nad ewolucją pojęcia „struktura gospodarcza” mają na celu pogłębienie znajomości tego terminu w literaturze ekonomicznej. Punktem wyjścia dociekań są prace powstałe na przestrzeni XVIII i XIX w. W kolejnej części podjęto próbę usystematyzowania znaczeń przypisywanych strukturze gospodarczej

oraz zwrócono uwagę na występowanie uniwersalnych cech, które łączą się z tym pojęciem.

I.1.1. Geneza pojęcia struktura gospodarcza w XVIII i XIX w.

Pierwsze odwołania do pojęcia struktury można już znaleźć w pracach ekonomistów klasycznych. Choć oni sami nie używali wprost terminu "struktura", to wielu z nich (np. J. Steuart, A.R.J. Turgot, A. Smith,) twierdziło, że wzrost bogactwa jest ściśle związany ze zmianami w interakcjach pomiędzy kilkoma krytycznymi zmiennymi, które mogą być postrzegane jako różne reprezentacje struktury gospodarczej [Silva i Teixeira 2008]. U A. Smith'a odniesień do struktury można dopatrywać się choćby w „*Badaniach nad naturą i przyczynami bogactwa narodów*”. Autor podzielił w nim strefę produkcyjną gospodarki na dwa sektory: przemysł i rolnictwo. Zależności między nimi rozważał m.in. poprzez pryzmat wzajemnych relacji miast i wsi, które trwały w pewnej symbiozie. Do swoich dociekań A. Smith włączył także trzeci sektor handlu międzynarodowego. W jego rozumieniu każdy etap rozwoju charakteryzuje się specyficzną kompozycją produkcji oraz stopniem wymiany handlowej, a zmiany w tej kompozycji są postrzegane jako główny warunek do osiągnięcia wyższego poziomu rozwoju [Smith 2007].

Ponadto, w esejach klasyków można znaleźć wyraźną próbę zidentyfikowania głównych sił powodujących przejście gospodarki z jednej struktury do drugiej. U wspomnianego wyżej A. Smith'a, główną siłę stanowią zmiany dotyczące zasobu pracy [Smith 2007]. Wzrost wydajności, związany z rosnącą specjalizacją siły roboczej, racjonalizacją gospodarowania zasobami i wyższą motywacją do działań innowacyjnych, wywołuje zmiany w kompozycji gospodarczej, dając tym samym początek nowej strukturze gospodarki.

Z kolei D. Ricardo podkreślił rolę nieprodukowalnych zasobów w rozwoju bogactwa. Zauważył, że wzrost produkcji powoduje wzrost popytu na ten rodzaj zasobów. Jednocześnie w sposób naturalny limitowana jest ich podaż. Przykładowo oznacza to, że w miarę jak postępuje wzrost gospodarczy rośnie popyt na ziemię, której dostępność jest ograniczona. Dlatego wzrost produkcji ogółem wymaga ciągłej substytucji pomiędzy produkowalnymi a nieprodukowalnymi nakładami, co oznacza zmianę w systemie produkcyjnym oraz w podziale dochodu [Hicks 1978].

W ekonomii klasycznej analiza struktury była przeprowadzana raczej w sposób opisowy, tj. bez wykorzystania rachunkowych narzędzi analitycznych. Niektóre wyjątki od tej reguły można znaleźć w pracach F. Quesnay i K. Marks'a. F. Quesnay w „*Tableau economique*” dostarczył prostego opisu analitycznego struktury gospodarczej, badając ogólne współzależności pomiędzy trzema klasami obywateli: klasą wytwórczą, klasą właścicieli i klasą jałową. Klasa wytwórcza zajmuje się uprawą ziemi, właściciele obejmują panującego, właścicieli i pobierających dziesięciny, natomiast klasa jałowa składa się z obywateli oddanych innym usługom i pracom, niż rolnictwo [Quesnay 1928]. Kluczową przesłanką dla wykonania tej analizy była wiara w możliwość zidentyfikowania naturalnych proporcji pomiędzy sektorami reprezentowanymi przez wspomniane klasy [Landesmann i Scazzieri 1990]. F. Quesnay przypuszczał, że „...przy stanie dobrobytu dochód podlega równemu podziałowi między klasę wytwórczą i klasę jałową, podczas gdy tylko, trzecia część wydatku klasy wytwórczej przechodzi do klasy jałowej, ponieważ rolnik mniej może rozporządzać swymi wydatkami, niż właściciel. Ale w miarę niedomagania rolnictwa, należy coraz więcej środków rozporządzalnych poświęcić dla jego podźwignięcia” [Quesnay 1928].

Podobną myśl o cyrkulacji kapitału można znaleźć w poglądach K. Marksa dotyczących akumulacji i reprodukcji kapitału. Wprowadził on rozróżnienie między kapitałem stałym i zmiennym, z których pierwszy reprezentuje kapitał obrotowy, np. surowce, z kolei drugi, pracę (np. wynagrodzenia). Następnie stwierdził, że tendencja wzrastania stosunku kapitału stałego do zmiennego w czasie oznaczała nowe rozdysponowanie wyprodukowanych towarów. Podkreślił przy tym, że ta transformacja powinna nastąpić w określony sposób, tak aby osiągnąć trwały rozwój systemu gospodarczego [Silva i Teixeira 2008].

I.1.2. Systematyka współczesnych pojęć struktury gospodarczej i zmian strukturalnych

W literaturze brak jest odwołań do pierwszych przypadków wykorzystania pojęcia struktury gospodarczej w naukach ekonomicznych. Wskazuje się tylko, że jedno z najstarszych przypisywanych strukturze znaczeń dotyczyło międzysektorowej dystrybucji nakładów i wyników [Machlup 1958]. Najczęściej jednak pojawiający się kontekst, w którym występował ów termin, dotyczył kompozycji podstawowych

zagregowanych wielkości makroekonomicznych, jak np. produkt krajowy brutto, inwestycje, eksport i import. Słowo „struktura” miało tu wskazywać na pewną stałość wśród elementów składowych tych wielkości. Stąd „struktura” niejednokrotnie oznaczała tyle, co kompozycja łatwo nieulegająca zmianie [Machlup 1958].

W wieku XX pojęcie struktury w naukach ekonomicznych stało się dość popularne. Ówczesny fenomen tego terminu wyjaśniano siłą wyrażania sensu czegoś złożonego, a zarazem stałego i ważkiego [Lunghini 1967]. W latach 50. ubiegłego stulecia ekonomiści dostrzegli problem narastającej liczby znaczeń przypisywanych „strukturze”. Pojawiały się opinie, iż szeroki zakres tego słowa świadczy o jego dużej ogólnikowości i niepewnym znaczeniu, co dla niektórych miało stanowić wystarczający powód do wyłączenia „struktury” z żargonu naukowego [Lunghini 1967]. Wobec narastającego braku jednoznaczności tego pojęcia w naukach ekonomicznych, F. Machlup przeprowadził kompleksową analizę znaczeń przypisywanych terminom: struktura i zmiany strukturalne [1958]. Bazował na przeświadczeniu, że większość znaczeń jest niezdefiniowana i "beznadziejnie ogólnikowa". Zgromadzone przykłady zastosowań Autor podzielił na trzy główne kategorie znaczeń:

- a. bardziej jasne, których znaczenie jest wystarczająco precyzyjne,
- b. bardziej ogólnikowe, których znaczenie jest dość ogólne i oddane głównie przez kontekst, w którym się znajdują,
- c. krypto-przeprasające, których znaczenie jest wysoce niepewne, użyte raczej nieświadomie w celu usprawiedliwiania stosowanych polityk i praktyk.

Do grupy znaczeń "bardziej jasnych" Autor zaliczył:

- 1) strukturę produkcji jako rozdysponowanie czynników produkcji pomiędzy poszczególnymi sektorami gospodarki, regionami;
- 2) zmiany strukturalne jako zmiany, które dokonują się na stałe, w odróżnieniu od zmian tymczasowych lub wahań cyklicznych;
- 3) zmiany strukturalne jako zmiany surowców, technologii, czy preferencji, nie wynikające ze zmian podaży i popytu na pieniądź, ani ze zmian polityk gospodarczych;
- 4) strukturę cen jako ceny relatywne, nie dotyczy ona ogólnego poziomu cen;
- 5) strukturę zagregowanych wielkości ekonomicznych jako kompozycja o stałym charakterze np. importu i eksportu;
- 6) strukturę transformującą nieregularne szoki w wahania cykliczne;

- 7) strukturę gospodarczą jako zbiór określonych i niezmiennych warunków założonych w analizie teoretycznej;
- 8) strukturę modelu jako zbiór numerycznie określonych stałych i współczynników w analizie ekonometrycznej;
- 9) strukturę systemu jako zbiór warunków określających dane wyjściowe¹;
- 10) zmiany strukturalne jako zmiany fundamentalnych warunków, które w analizach zwykle przyjmuje się, że pozostają niezmiennie.

W grupie znaczeń „bardziej ogólnikowych” znalazły się:

- 1) struktura gospodarcza – realne, mierzalne i dające się zaobserwować fakty, nie zaś abstrakcyjny model;
- 2) struktura gospodarcza – styl lub duch czasu, nie zaś uniwersalna teoria;
- 3) struktura gospodarcza – ewolucja instytucjonalna w czasie, nie zaś, będąca tworem wyobraźni, pewna równowaga;
- 4) struktura systemu – wolno poruszające się części systemu, w przeciwieństwie do tych będących przedmiotem szybkich zmian;
- 5) struktura systemu – część systemu, od której nie wymaga się szybkich zmian;
- 6) strukturalna nierównowaga – struktura cen czynników i produktów, odbiegająca od idealnego systemu konkurencyjnego;
- 7) zmiany strukturalne – drastyczne zmiany w środowisku ekonomicznym;
- 8) struktura rynku – opisowe fakty, odnoszące się do stanu konkurencyjności;
- 9) struktura przemysłu – wszystkie rodzaje informacji uważane za istotne.

W grupie „krypto-przeproszających” znaczeń „struktury” Autor umieścił te, których kontekst wskazuje raczej na inne, niż naukowe przesłanki ich występowania.

Wyszczególnił przy tym:

- 1) strukturę przemysłu – jako wytłumaczenie dla ograniczonej konkurencji;
- 2) strukturalną nierównowagę – jako usprawiedliwienie dla kontroli cen, istnienia karteli oraz porozumień towarowych;
- 3) strukturalną nierównowagę – jako usprawiedliwienie dla ograniczenia wolnego handlu;
- 4) strukturalną nierównowagę – jako usprawiedliwienie dla barier importowych;

¹ Słowa: *gospodarka*, *model*, *system* w podpunktach 7) - 9), jak zapewnia Autor, mogą być one traktowane wymiennie.

- 5) strukturalną nierównowagę – jako usprawiedliwienie dla kontroli alokacji zasobów;
- 6) różnice strukturalne – jako wytłumaczenie dla odrzucania diagnoz, prognoz i terapii, które mają zastosowanie gdzie indziej.

Autor jednoznacznie skrytykował używanie słowa "struktura" dla oddania mglistych i niewiele znaczących treści sklasyfikowanych w kategorii b) i c). Jednocześnie uznał, że nie widzi szkody w posługiwaniu się pojęciami z grupy "bardziej jasnych". Należy się z tym w pełni zgodzić, w szczególności, jeśli chodzi o troskę o odpowiednią precyzję języka naukowego. Dziś, po ponad 50 latach od wydania omawianej publikacji F. Machlup'a, niektóre z przytaczanych przez niego znaczeń z grupy niejasnych wydają się być tym bardziej niezrozumiałe, co szkodzi ciągłości badań struktury. Na szczególną uwagę w rozważaniach F. Machlup'a zasługuje odrębne oddzielenie pojęć: struktura gospodarcza i zmiany strukturalne (zmiany struktury gospodarczej). Autor wyróżnił cztery różne znaczenia zmian strukturalnych, których odróżnia między sobą na podstawie charakteru tych zmian. Za dopuszczalne F. Machlup uznał odniesienie zmian strukturalnych do: trwałych zmian i/lub fundamentalnych warunków analizy ekonomicznej zwykle uznawanych za niezmiennie i/lub zmian technologicznych, zasobów realnych lub preferencji. Przy czym te ostatnie, zdaniem F. Machlup'a, to zmiany, które dokonały się autonomicznie w przeciwieństwie do zmian wywołanych polityką rządu, czy zmianami monetarnymi. W tym przypadku pojawia się pewna wątpliwość związana z pytaniem o rzeczywistą autonomiczność tych zmian i z tym, co owa autonomiczność ma dokładnie oznaczać.

Rok po wydaniu omawianej publikacji F. Machlup'a pojęcie struktury gospodarczej wciąż ewoluowało. Przyczyniła się do tego monografia "*The Comparative Study of Economic Growth And Structure*" pod redakcją R. Goldsmith'a, która miała zgromadzić wiedzę na temat badań porównawczych wzrostu gospodarczego i zmian strukturalnych w odniesieniu do wielu państw. On sam we wstępie do tego wydawnictwa stwierdził, że wobec pojęcia wzrostu gospodarczego, zgoda co do tego czym jest struktura gospodarcza jest dużo większym wyzwaniem. R. Goldsmith jest jednym z tych ekonomistów, którzy pierwsi zwrócili uwagę na systemowy charakter struktury odnosząc ją do ogółu współzależności zachodzących w gospodarce. Tym samym zdefiniował strukturę gospodarczą jako: "...całość istotnych ekonomicznie współzależności zachodzących w danym momencie lub

okresie w gospodarce narodowej, a także pomiędzy nią a innymi gospodarkami" [1959]. Zaznaczył przy tym, że, uznanie określonych zależności za ekonomicznie istotne jest kwestią osądu, a ich wybór powinien być podyktowany dostępnością danych oraz kompletnością sposobu charakteryzowania danej gospodarki. Ta uwaga wydaje się być zasadna i pozwala na wyeliminowanie niepotrzebnych wątpliwości w przypadku selektywnego doboru cech charakterystycznych struktury w analizach jej dotyczących. Niemniej Autor wyszczególnił listę ważniejszych cech opisujących strukturę gospodarczą, które powinno się wziąć pod uwagę w badaniach tego zagadnienia. Zdaniem R. Goldsmith'a strukturę można badać odnosząc się do charakterystyki:

- 1) zasobów naturalnych;
- 2) kapitału ludzkiego;
- 3) kapitału reprodukcyjnego;
- 4) przychodu i dobrobytu;
- 5) organizacji produkcyjnej;
- 6) organizacji finansowej;
- 7) międzynarodowych stosunków gospodarczych.

W przytoczonej wyżej publikacji S. Kuznets odniósł się do struktury proponując własną definicję, która jednoznacznie wpisuje się w systemowy nurt pojmowania struktury w naukach ekonomicznych. Zdaniem Noblisty *"...przez strukturę rozumiemy relatywnie spójne ramy wzajemnie powiązanych elementów, z których każdy posiada odrębną rolę przypisaną do zbioru wspólnych celów"* [1959]. Dlatego, wyjaśnia dalej, gospodarstwa domowe, przedsiębiorstwa, przemysł oraz kraj posiadają własną strukturę, w której rolę odgrywają wzajemnie powiązane elementy takie jak praca, kapitał, przedsiębiorczość, czy hierarchia potrzeb sterujących konsumpcją, a każda egzogeniczna lub endogeniczna zmiana jednego z nich ma wpływ na wszystkie pozostałe. W definicji S. Kuznets'a dopatrzeć się można cech typowych do instytucjonalizmu, które w późniejszym czasie posłużyło jako jedno z ważniejszych kryteriów w uporządkowaniu teoretycznych koncepcji struktury [Baranzini i Scazzieri 1990b].

Czysto systemowe, a zarazem dość abstrakcyjne podejście do struktury zaprezentował G. Lunghini [1967]. Jego zdaniem, najbardziej rozwinięte znaczenie „struktury” jest ugruntowane na podejściu dynamicznym i ujmuje wysoki poziom złożoności systemów. Uważał on, że dotychczasowa analiza struktury polegała na

badaniu relacji pomiędzy elementami systemu oraz pomiędzy nimi a systemem jako takim. Relacje te były obserwowane na tym samym poziomie agregacji, na którym zostały zdefiniowane poszczególne jego elementy. Autor nazwał to poziomą, dwuwymiarową współzależnością. Z kolei, w nowym rozumieniu struktury, bierze się pod uwagę, że zachowanie danego elementu może nie zależeć tylko od innych elementów i systemu jako całości, ale także od zachowania podzespołów, do których dany element należy. Dochodzi tu, tym samym, trzeci wymiar współzależności występujący na wszystkich poziomach agregacji, na których możliwe jest przeprowadzenie analizy. Powyższą koncepcję Autor przedstawił formalnie w oparciu o cybernetyczną teorię działania systemu O. Lange [1965]. Z perspektywy czasu można zauważyć, że ten sposób pojmowania struktury gospodarczej nie doczekał się wielu naśladowców. Prawdopodobnie był to pogląd zbyt radykalny, który trudno było przenieść na grunt praktyczny.

Do końca lat 80. ubiegłego stulecia w literaturze nie rozwinięto spójnego podejścia do zagadnienia struktury [Nayak i Mishra 2009]. Dopiero w ostatniej dekadzie XX wieku M. Baranzini i R. Scazzieri [1990c] wnieśli istotny wkład w ten obszar wiedzy określając „wspólny rdzeń” dla analizy strukturalnej oraz warunki właściwe dla stosowania konkretnych specyfikacji struktury. Wyróżnili oni dwa zasadnicze obszary pojęciowe struktury w ekonomii. Pierwszy z nich dotyczy struktury pojmowanej jako sieci relacji interpersonalnych, na której opiera się gospodarczy wymiar społeczeństwa. Relacje te opisują reguły społeczne oraz wspólne lub osobiste przekonania, które zapewniają ramy działania podmiotom gospodarczym. Znaczenie to występuje w pracach A. Smith’a, A. Marshall’a i J. M. Keynes’a na temat mechanizmów działania społeczeństwa rynkowego. Drugi obszar stanowi struktura rozumiana jako związki pomiędzy podstawowymi wielkościami ekonomicznymi, np. opisującymi wyniki sektorowe, populację czy technologię. Ten rodzaj relacji opisuje w pierwszej kolejności wyniki podmiotów gospodarczych, nie zaś motywacje ich działania. Struktura w tym znaczeniu może być przedstawiona jako kombinacja danych technik, stosunek konsumpcji do inwestycji lub wskaźnik wzrostu systemu. Ten sposób pojmowania struktury można znaleźć w opracowaniach Ch. Davenant’a, W. Petty, F. Quesney’a, W. Leontief’a i R. Stone’a. Jednakże, jak stwierdzają M. Baranzini i R. Scazzieri [1990a], oba wyżej wymienione nurty nie zawsze można od siebie łatwo oddzielić. W wielu przypadkach analiza ekonomiczna polega na strukturalnej specyfikacji relacji między takimi kategoriami jak dobrobyt,

przychód, kapitał, z jednoczesnym odniesieniem do instytucjonalnej konfiguracji społeczeństwa. To podejście jest obecne m.in. w pracach J.M. Keynes'a, P. Sraffa, L. Pasinetti'ego [Baranzini i Scazzieri 1990a].

Dotychczasowe rozważania potwierdzają tezy o wieloznaczności pojęcia struktury w naukach ekonomicznych i o mogących z tego wynikać niejasnościach. Mimo to, w literaturze można wyróżnić pewne cechy wspólne dla wielu z wymienionych znaczeń. Struktura jest przede wszystkim widziana jako zbiór relacji zachodzących w gospodarce pomiędzy jej elementami. Najważniejszą cechą tychże relacji jest ich fundamentalność. M. Baranzini i R. Scazzieri uznali, że struktura gospodarcza jest najbardziej fundamentalnym zbiorem relacji pomiędzy jednostkami ekonomicznymi określającymi podstawowe warunki życia gospodarczego [Baranzini i Scazzieri 1990a]. Potwierdzają to także wnioski płynące z prac G. Lunghini'ego, F. Machlup'a i R. Goldsmith'a. Do pozostałych cech relacji ekonomicznych tworzących strukturę zaliczyć należy złożoność, współzależność, ogólność i kompletność.

I.2. Struktura gospodarcza i jej zmiany w analizach ekonomicznych

Analityczny opis struktury gospodarczej można rozumieć jako mapowanie własności charakterystycznych dla każdego systemu gospodarczego za pomocą zbioru ogólnych i względnie prostych cech, wspólnych dla wielu systemów funkcjonujących w różnych warunkach. Opis ten ma kluczowe znaczenie dla analiz strukturalnych, w szczególności o charakterze dynamicznym, ponieważ warunkuje sposób ich przeprowadzania [Landesmann i Scazzieri 1990]. Analityczna specyfikacja struktury wynika z teoretycznego ujęcia systemu gospodarczego, które wiąże się na ogół z pewnym uproszczeniem. Wynika to z możliwości wyodrębnienia prawdopodobnie nieskończonej liczby cech systemu gospodarczego, z których większość jest nieistotna. Dzięki zastosowaniu metody opisowej symplifikacji w odniesieniu do podstawowych zbiorów kategorii ekonomicznych łatwiejsza staje się dedukcja oraz formułowanie ogólnych propozycji teoretycznych. Za taką metodę można z pewnością uznać model ekonomiczny. Dlatego w dalszej części uwaga zostanie zwrócona na tę metodę. W szczególny sposób scharakteryzowane zostaną modele poziome i pionowe gospodarki, dążące do ogólnego odwzorowania procesów

zachodzących w danym układzie gospodarczym. Następnie przedstawione zostaną sposoby ujęcia struktury właściwe dla każdej z dwóch grup omawianych modeli.

I.2.1. Model ekonomiczny jako narzędzie analitycznego opisu struktury gospodarczej

Model można zdefiniować za J. Hicks'em [1978] jako konstrukcję, w ramach której wyselekcjonowano pewne elementy stanu (lub procesu) będącego przedmiotem badania (lub kontemplacji), tak aby współzależności i wzajemne oddziaływanie tych elementów można było wydedukować na podstawie spekulacji myślowych (zwłaszcza, choć niekoniecznie, na podstawie rozumowania matematycznego) w nadziei, że dzięki zrozumieniu tych jego aspektów, które przedstawiają te konkretne elementy, nastąpi pogłębienie ogólnego zrozumienia stanu (lub procesu). Modele można łączyć w grupy na różne sposoby. Najbardziej oczywiste jest ich łączenie według treści zjawisk, których dotyczą. Na tej podstawie wyróżnia się m.in. modele gospodarki, handlu międzynarodowego, modele dwusektorowe itd. [Hicks 1978]. W dalszych rozważaniach uwaga zostanie skierowana na pierwszym z wymienionych typów modeli.

Modele gospodarki narodowej skupiają się na ujęciu ogólnych zależności między podstawowymi kategoriami ekonomicznymi np. produkcją i konsumpcją, charakterystycznymi dla całego systemu gospodarczego. Ujęcie to może przyjmować różne formy w zależności od sposobu postrzegania tych relacji. W wielu przypadkach powiązanie kategorii ekonomicznych może przybierać postać współzależności cyrkularnych, w których zużycie produktów jest pojmowane jako warunek konieczny do zaistnienia procesów produkcji. Wiąże się to z potrzebą zużycia określonej ilości wyprodukowanych dóbr do utrzymania produkcji w kolejnych okresach na tym samym lub większym poziomie. Stąd, możliwości produkcyjne w danym okresie zależą w pewnej mierze od okresu poprzedniego, a produkcja wszystkich dóbr jest od siebie zależna. Takie przedstawienie zjawisk gospodarczych nazywane jest integracją poziomą (horyzontalną) [Baranzini i Scazzieri 1990b]. W innych przypadkach integracja przybiera formę zależności jednokierunkowej, w której jedynym celem produkcji jest konsumpcja. W tym ujęciu poziom produkcji w każdym okresie zależy od ilości nakładów dostępnych na początku danego okresu. Jednakże, nie ma tu natychmiastowego związku pomiędzy następującymi po sobie okresami. Wielkość

produkcji uzyskana przy danej technologii zależy w każdym okresie od ilości dostępnych zasobów, które nie były wyprodukowane (przy swoim udziale) w ramach danego systemu ekonomicznego. W tej perspektywie przyszła produkcja nie jest determinowana obecną produkcją i zgodnie z zasadą jednostronnej przyczynowości zależy od dostępności zasobów, które są niezależne od procesów produkcyjnych. Taki model zależności pomiędzy konsumpcją a produkcją określa się jako zintegrowany pionowo (wertykalnie).

Jedną z podstawowych cech modelu horyzontalnego jest to, że może on jednocześnie obejmować wiele dóbr produkcyjnych i konsumpcyjnych. Produkcja ma miejsce w ramach określonych sektorów, z których każdy produkuje głównie jeden typ dóbr, choć produkcja kilku nie jest wykluczona. Każdy z sektorów, za pomocą funkcji produkcji, jest nacechowany określonymi relacjami technologicznymi przyporządkowującymi ilości nakładów (pracy lub dóbr produkcyjnych) danej ilości wyników. Zakładając istnie stałych korzyści skali, funkcja produkcji może zostać opisana poprzez następujący zestaw współczynników:

a_j – wielkość nakładu pracy w sektorze j ($j = 1, 2, \dots, n$);

a_{ij} – różne ilości dóbr i ($i = 1, 2, \dots, n$) potrzebnych do wytworzenia wielkości produkcji b_{ij} ($i = 1, 2, \dots, n$).

Jeżeli \mathbf{a}^j i \mathbf{b}^j to odpowiednio wektor nakładów (a_{ij}) oraz wektor produkcji (b_{ij}), wówczas funkcję produkcji można oznaczyć jako:

$$a_j, \mathbf{a}^j \rightarrow b^j. \quad (1.1)$$

Wówczas struktura produkcyjna gospodarki może być wyrażona poprzez zestawienie wszystkich sektorów [Magnan de Bornier 1990]:

$A_o = (a_1, \dots, a_j, \dots, a_n)$ - wektor określający wymagane nakłady pracy we wszystkich sektorach;

$A = [a_{ij}]$ – macierz zapotrzebowania;

$B = [b_{ij}]$ – macierz wyników (wytworzonej produkcji).

Każda kolumna macierzy A i B wskazuje odpowiednio na współczynniki nakładów i produkcji odpowiadające jednemu konkretnemu sektorowi j , podczas gdy każdy wiersz opisuje odpowiednio wykorzystanie i produkcję określonego dobra i .

Zakłada się zwykle, że produkcja w ramach poszczególnych aktywności (sektorów) wymaga czasu i że cała działalność przebiega w jednym okresie

produkcyjnym. Okres ten może być dowolnej długości, jednakże najczęściej stosowaną jednostką jest rok kalendarzowy. Jednoroczny przebieg wszystkich działalności w modelu nie powinien być w tym przypadku traktowany jako założenie odnoszące się do rzeczywistości gospodarczej a jedynie jako zabieg analityczny umożliwiający homogeniczną definicję sektorów. Sektory te, są natomiast konstrukcją abstrakcyjną i nie odnoszą się do tego co opisują empiryczne modele input-output. Ma to swoje istotne konsekwencje, polegające na tym, że sektory jako elementy fikcyjne nie mogą być utożsamiane z przedsiębiorstwami istniejącymi w rzeczywistym świecie. Stąd, nie można ich traktować jako jednostki decyzyjne. Decyzje są raczej rozproszone po całej strukturze gospodarczej i należy je analizować w odniesieniu do zachowań struktury jako całości [Magnan de Bornier 1990].

Z kolei, w modelach zintegrowanych pionowo dobra kapitałowe są niczym innym jak wcześniej zainwestowaną pracą, stąd ostatecznie dobra konsumpcyjne są także wytworzone przez pracę. Istniejące w modelu współdziałanie pracy i wyprodukowanych środków produkcji można opisać jako kooperację pomiędzy pracą poprzedniego okresu a dzisiejszą. Myśląc o produkcji w ten sposób, powinno się wziąć pod uwagę upływ czasu niezbędny do wytworzenia nakładów. Niemniej czas ten nie może być traktowany jako czynnik produkcji. Stosownie do zaprezentowanego ujęcia, funkcję produkcji można zapisać jako relację pomiędzy określonymi w czasie nakładami pracy a produkcją, które mają swój początek w czasie 1. Nakłady pracy w czasie t oznaczone zostaną jako λ_t , a produkcja finalna w czasie t jako χ_t ; zakładając stałe korzyści skali, funkcję produkcji można wyrazić natępująco [Magnan de Bornier 1990]:

$$(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_t) \rightarrow (\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_t) \quad (1.2)$$

lub bardziej zwięźle jako:

$$\lambda^t \rightarrow \chi^t. \quad (1.3)$$

W modelach uwzględniających wymiar czasowy zdarzeń ekonomicznych procesy mają zarówno swój koniec jak i początek, co oznacza, że tylko pierwotne czynniki produkcji biorą w nich udział. Oprócz pracy w omawianych modelach uwzględnia się także inne czynniki produkcji, które nie pochodzą od człowieka jak np. ziemia, czy inne dobra naturalne. Niesie to za sobą dwie podstawowe

konsekwencje. Po pierwsze, model pionowy nie może być zamknięty, po drugie, nakłady mogą być heterogeniczne.

Model pionowy poprzez swoją specyficzną konstrukcję tworzy pewną agregację. Oznacza to, że nie opisuje działalności poszczególnych przedsiębiorstw, lecz łączy w sobie procesy produkcyjne wielu firm jednocześnie. Stąd, przepływy między przedsiębiorstwami są pomijane. Ujęcie to powoduje, że gdy dana firma produkuje dobra pośrednie, wykorzystywane do wielu końcowych działalności, jej produkcja jest przypisana do wszystkich procesów końcowych w należytych proporcjach przy założeniu stałych korzyści skali. Należy przy tym podkreślić, że omawiany pionowy model gospodarki koncentruje się z natury na dobrach finalnych, dlatego identyfikacja dóbr pośrednich lub sektorów produkcyjnych w ramach tego podejścia jest mało istotna.

I.2.2. Charakterystyka struktury gospodarczej w modelach ekonomicznych

W tej części zostanie przedstawiona charakterystyka kluczowych cech struktury gospodarczej w najważniejszych modelach poziomych i pionowych gospodarki. Struktura w modelach zintegrowanych poziomo zostanie omówiona na przykładzie modeli: J. von Neumann'a, W. Leontief'a, P. Sraffa, J. Hicks'a oraz L. Pasinetti'ego. Natomiast struktura w modelach pionowych zostanie wyjaśniona w oparciu o prace M. Allais'a, L. Pasinetti'ego, J. Hicks'a.

Przedstawienie ujęcia struktury gospodarczej w modelach poziomych warto rozpocząć od pracy J. von Neumann'a. Zaprezentowany przez niego w połowie lat 30. model zrównoważonego wzrostu jest pierwszym sformalizowanym ujęciem w pełni cyrkularnego systemu gospodarczego. Określa on warunki dla największej stopy rozwoju gospodarczego. Jego główne założenia to:

- a) każdy proces zawsze wymaga środków produkcji w postaci dodatniej liczby wszystkich produkowanych produktów;
- b) zasoby naturalne wymagane do rozwoju są nieograniczone;
- c) dystrybucja dochodów jest w całości zdefiniowana egzogenicznie [Baranzini i Scazzieri 1990b].

Cechą charakterystyczną zrównoważonego wzrostu gospodarczego według J. von Neumann'a jest to, że nie powoduje zmian w strukturze. Oznacza to, że wzrost produkcji w różnych procesach przebiega przy równej stopie wzrostu. Stąd, ich

relatywne proporcje pozostają stałe kiedy rozwój dokonuje się zgodnie ze ścieżką maksymalnego wzrostu. W tym przypadku analiza struktury wiąże się z analizą wymogów dla ekspansji ekonomicznej w stanie równowagi [Konidari i Mavrakīs 2007].

W modelu W. Leontief'a system gospodarczy postrzegany jest poprzez pryzmat ogólnych współzależności. To podejście koncentruje się przede wszystkim na szczegółowym, ilościowym opisie relacji pomiędzy jego elementami. W podejściu W. Leontief'a szczególnie istotna jest tzw. macierz struktury. Dostarcza ona podstaw do wyznaczenia całkowitego wyniku poszczególnych gałęzi oraz niezbędnych przepływów międzygałęziowych w celu dostarczenia gospodarstwom domowym oraz innym końcowym użytkownikom określonego koszyka produktów [Leontief 1941]. To podejście wiąże się jednoznacznie z założeniem o cyrkularnym charakterze relacji pomiędzy produkcyjnymi sektorami gospodarki. Każdy sektor pojawia się w standardowych tabelach input-output zarówno jako kolumna jak i wiersz. Oznacza to, że każdy sektor może jednocześnie dostarczać swoje produkty innym i samemu sobie oraz otrzymywać je od pozostałych.

P. Sraffa [1979] zaproponował model produkcji, w którym struktura gospodarcza jawi się jako zbiór relacji pomiędzy procesami produkcji, określonymi przez wykorzystywaną w nich technologię. Skoncentrował się on na analizie warunków reprodukcji systemu gospodarczego i podobnie jak W. Leontief, porusza problem proporcji pomiędzy gałęziami w ujęciu klasycznym. Model zaproponowany przez P. Sraffa podkreśla wzajemne relacje pomiędzy stosowanymi technologiami i omija przy tym wszelkie współzależności pomiędzy różnymi rynkami. Cechą systemu gospodarczego jest tu, podobnie jak u F. Quesnay, obieg okrężny procesów produkcji towarów, które wytwarzane są przy udziale ich samych.

Analiza strukturalna w modelu P. Sraffa dotyczy wyłącznie określenia układu cen relatywnych i systemu dystrybucji, które łączą się z danym zbiorem wykorzystywanych technik. W analizie struktury, z wykorzystaniem modelu P. Sraffa, przydatne jest wypracowane przez niego narzędzie nazwane metodą podsystemów. Jest to metoda polegająca na dekompozycji systemu produkcji, w której opis właściwości strukturalnych systemu gospodarczego wiąże się z jego podziałem na podsystemy. Podejście to różni się od tego stosowanego przez J. von Neumann'a, który w modelu semi-stacjonarnego wzrostu wykluczył dekompozycję [Schiliro 2009].

Wspólne cechy z podejściem P. Sraffa można znaleźć w modelu J. Hicks'a. W obu przypadkach pozioma struktura systemu produkcyjnego wyłania się na pierwszy plan. J. Hicks ukazał system produkcyjny jako dwa wzajemnie połączone sektory i wyjaśnił zachodzące w nim dynamiczne przejścia z jednego stanu technologicznego do następnego, co wyróżnia go od modelu P. Sraffa, który koncentruje się na statycznej analizie komparatywnej obu stanów [Baranzini i Scazzieri 1990a].

Wspólna dla P. Sraffa i J. Hicks'a logika czysto horyzontalnie zintegrowanego modelu znalazła swoją kontynuację u L. Pasinetti'ego. Połączył on podejścia tych badaczy w jedno definiując technologię za pomocą współczynników nakładów i wyników, oryginalnie wykorzystywanych przez W. Leontief'a [Pasinetti 1993]. Takie ujęcie implikuje dwie podstawowe kwestie: dodatkowe ograniczenia teoretyczne wynikające z założenia o niezmienności współczynników technicznych oraz wyższy stopień elastyczności w analizie powiązań międzysektorowych całego systemu [Syrquin 2007].

W przypadku w modeli pionowych ujęta w nich struktura gospodarcza wydaje się być mniej ewidentna. Tak się dzieje w pracach, M. Allais, które są mocno ukorzenione w formułach opracowanych przez L. Walras'a i V. Pareto dotyczących teorii równowagi ogólnej. Jego teoria koncentruje się na cenach oraz ich ujęciu w ramach określonego okresu na bazie danej struktury. W tym przypadku struktura gospodarcza pojmowana jest jako zbiór danych oraz relacji wyjaśniających w jaki sposób podmioty gospodarcze podejmują decyzje dotyczące konsumpcji i produkcji. Struktura gospodarcza jest opisywana w szczególności poprzez zbiór preferencji podmiotów gospodarczych, zbiór zasobów początkowych i zbiór możliwości produkcyjnych określających sposób przekształcania zasobów początkowych w dobra finalne [Baranzini i Scazzieri 1990b].

L. Pasinetti oprócz prezentowanego wyżej ujęcia horyzontalnego, wprowadził model pionowo integrujący procesy produkcyjne. Pozwala on na reklasyfikację międzygałęziowych przepływów towarowych, podczas której pośrednie zapotrzebowanie na każde z produkowanych towarów jest zredukowane do korespondującej mu ilości nakładu pracy oraz pozostałej ilości fizycznych środków produkcji. Jednokierunkowy proces produkcji jest tu przedstawiany w swojej najczystszej formie: ludzie konsumują towary wyprodukowane tylko za pomocą swojej pracy. W rezultacie produkty pośrednie nie muszą być ujęte w modelu. Jednakże ten sam jednokierunkowy obraz technologii może być wciąż utrzymany,

kiedy oprócz pracy do modułu produkcyjnego włączy się element wykorzystania produktów pośrednich. Wówczas towary wykorzystywane jako nakłady pośrednie są przeklasyfikowane w zależności od rodzaju dobra finalnego, do którego produkcji są użyte. Przykładowo, metale zużyte w produkcji komputerów wykorzystywanych do produkcji oprogramowania będą traktowane jako bezpośrednio wykorzystane w tworzeniu oprogramowania. Ten zabieg pozwala na złamanie struktury obiegu cyrkularnego w gospodarce i ustanowienie zasady uniwersalnej kierunkowości w produkcji [Pasinetti 1993].

Inny sposób traktowania nakładów pośrednich w produkcji w ujęciu pionowo zintegrowanym zaproponował J. Hicks. Ogólnie rozumiany proces produkcyjny składa się u J. Hicks'a z kilku rozdzielnych procesów podstawowych. Każdy z nich konwertuje sekwencję nakładów w sekwencję wyników. To ujęcie różni się od tradycyjnego podejścia szkoły austriackiej, której przedstawiciele każdemu procesowi przyporządkowywali daną jednostkę wyniku i daną sekwencję jednostek nakładów. Istotną implikacją nowego ujęcia w teorii produkcji jest uniknięcie w rozważaniach nakładów pośrednich, co prowadzi do wyeksponowania istotnych cech integracji pionowej procesów produkcji. Eliminacja nakładów pośrednich odbywa w tym przypadku inaczej, niż u L. Pasinetti'ego. Naturalną implikacją metody J. Hicks'a jest szczególne podejście do badań przemian strukturalnych, które koncentruje się na przejściach jednego stanu gospodarki w drugi. Transformacja systemu produkcyjnego jest tu przedstawiona jako proces, w którym środki finansowe wykorzystywane do zastąpienia zasobów kapitałowych starego typu mogą być przekazane na sfinansowanie produkcji zasobów kapitałowych nowego typu [Baranzini i Scazzieri 1990b].

I.2.3. Otwarta i zamknięta specyfikacja struktury w badaniu przemian gospodarczych

Zagadnienie otwartej i zamkniętej specyfikacji w badaniach struktury gospodarczej łączy się z problemem jednoczesnego występowania cech o charakterze stałym i dynamicznym w tejże strukturze. Zanim jednak oba te pojęcia zostaną zdefiniowane warto w tym miejscu przytoczyć pogląd W. Leontief'a, który uważał, że w ramach jasno sformułowanego systemu teoretycznego zmiany ekonomiczne można ujmować jako zmiany strukturalne lub procesy dynamiczne. W pierwszym

przypadku wahania zmiennych zależnych wynikają bezpośrednio z odpowiednich zmian niektórych danych podstawowych. W drugim przypadku „prawo” zmiany traktuje się jako daną, która stanowi część konstrukcji schematu wyjaśniającego [Leontief i in. 1963].

Podążając za powyższą logiką można wyróżnić strukturę statyczną i dynamiczną. Struktura dynamiczna jest to sposób opisu, w którym nacisk położony jest na wyjaśnienie zachodzących transformacji. Jest zatem typem struktury, której zmienność założona jest z definicji, a podstawowym elementem jej specyfikacji jest opis sekwencji możliwych transformacji przebiegających w czasie. Natomiast statyczna koncepcja struktury wymaga innego podejścia. Taką strukturę postrzega się przede wszystkim w kategoriach wzorców relacji między jej różnymi elementami w zdefiniowanym przedziale czasu. Zaletą statycznego ujęcia struktury jest to, że można je z powodzeniem zastosować w analizie procesów dynamicznych. Wówczas struktura gospodarcza reprezentowana jest przez system sekwencyjnej relacji pomiędzy wskaźnikami zmian różnych elementów, które identyfikują strukturę statyczną.

Pojęcia dynamicznej i statycznej koncepcji struktury można zastąpić pojęciami otwartej i zamkniętej specyfikacji strukturalnej, których wykorzystanie w odniesieniu do teorii dynamicznej budzi mniej wątpliwości. Zgodnie z tym podejściem, każdy system gospodarczy może być opisany przy wykorzystaniu dwóch alternatywnych sposobów charakterystyki jego struktury. Ta charakterystyka może się ujawniać jako otwarta lub zamknięta względem rozważanych procesów zmian technologicznych [Baranzini i Scazzieri 1990b]. Specyfikacja strukturalna jest zamknięta wobec dynamiki zmian technologicznych jeżeli struktura systemu produkcyjnego jest opisana jako zestaw relacji wejść i wyjść tego systemu. Wejścia i wyjścia są opisane poprzez daną technologię, którą charakteryzują odpowiednie proporcje pomiędzy nakładami i wynikami w poszczególnych procesach lub gałęziach przemysłu. W rezultacie identyfikacja załamania się pewnej struktury dokonuje się wówczas, gdy zmianie ulegają tożsamości poszczególnych nakładów lub wyników systemu gospodarczego lub gdy zmianie ulegną proporcje między aktualnymi elementami produkcji.

Odpowiednio, specyfikacja struktury jest otwarta wobec dynamiki zmian technologicznych, jeżeli struktura produkcji jest pierwotnie opisana jako zbiór nakładów kapitałowych, a wejścia i wyjścia są określone niezależnie od ustalonych

między nimi proporcji. Tym samym proces zmian technologicznych ma o wiele bardziej ciągły charakter, niż w poprzednim przypadku. Dynamika technologiczna kształtuje stopę, według której nakłady, takie jak praca i kapitał, są progresywnie wprowadzane do systemu gospodarczego. W tym przypadku załamanie się struktury jest trudniejsze do uchwycenia, ponieważ wpisane w model zmiany technologiczne wpływają na stopę zmian nakładów i ich wykorzystania.

I.2.4. Akceptowane ujęcie analityczne struktury gospodarczej i jej zmian

Badania nad strukturą gospodarczą różnią się od standardowych badań ekonomicznych. W tych pierwszych zakłada się, że niezliczona liczba różnorodnych aspektów rzeczywistości może być analizowana przez skupienie się tylko na względnie małej liczbie charakterystyk opisujących system gospodarczy [Silva i Teixeira 2008]. Dlatego zajmując się strukturą gospodarczą nie można uciec od problemu selektywności w opisie systemu gospodarczego, który powstaje podczas zastępowania obserwowanej heterogeniczności wybranymi klasami o względnie homogenicznych cechach. Tym samym dobór definicji struktury gospodarczej, w tym cech ją opisujących, jest przede wszystkim uzależniony od problemu badawczego [Silva i Teixeira 2008].

Przyjmując aparat pojęciowy i jednocześnie metodyczny dla badań relacji pomiędzy czynnikami strukturalnymi a emisjami CO₂ należy uwzględnić, wysoce technologiczny charakter tego zagadnienia. Jest tak dlatego, że emisje ze spalania paliw łączą się przede wszystkim z procesami produkcji, których przebieg określa końcowy efekt emisyjny. To prowadzi do rozumienia struktury jako systemu produkcji w gospodarce, w którym zachodzi konieczność wyróżnienia elementów określających jego cechy jakościowe, ale przede wszystkim ilościowe, determinujące wielkość emisji CO₂ z tego systemu. Z tego punktu widzenia w centrum rozważań znajdują się procesy produkcyjne, w których najważniejszą rolę odgrywa spalanie paliw. Tym samym produkcja powinna być przede wszystkim scharakteryzowana za pomocą nakładów energetycznych o określonych właściwościach emisyjnych. Potrzebie utworzenia pewnej całości i kompletności, wynikającej z ustalonej fundamentalnej cechy struktury, ze zróżnicowanych technologicznie procesów produkcyjnych, w taki sposób, aby system ten miał zdolność do wyjaśniania

zachodzących w nim zjawisk pod wpływem jego transformacji, odpowiada horyzontalne ujęcie struktury wkomponowane w międzysektorowe ramy analityczne.

W myśl tego podejścia można zdefiniować strukturę jako zbiór elementów gospodarki oraz zespół relacji między nimi. Za podstawę identyfikacji i uporządkowania tych elementów przyjęto działowo-gałęziowy układ gospodarki. Zakłada się, że w danym momencie struktura gospodarcza jest zróżnicowana pod względem procentowego udziału elementów gospodarki w produkcji globalnej oraz ich cech energetycznych.

Tak rozumiana struktura jest statyczna, a jej zmiany obserwowane w czasie dyskretnym są łatwo identyfikowalne i porównywalne. Stąd, wykorzystanie zamkniętej specyfikacji zmian strukturalnych wobec dynamiki zmian wydaje się być odpowiednie dla sprawdzenia hipotezy o wpływie zmian strukturalnych na emisję CO₂. W związku z powyższym zmiany struktury gospodarczej zachodzące w pewnym okresie będą polegać na zmianach udziału poszczególnych elementów gospodarki w produkcji globalnej i zmianie ich cech energetycznych.

I.3. Determinanty i wskaźniki jakości środowiska

Poniższy fragment stanowi wprowadzenie do rozważań nad zagadnieniem jakości środowiska. Wyjaśniono w nim sposób rozumienia tego terminu w oparciu o współczesną literaturę, po czym wskazano determinanty tejże jakości. W tej części znalazła się także analiza rodzajów wykorzystywanych wskaźników jakości środowiska, na podstawie której wyłoniono te, które będą stosowane w badaniach.

I.3.1. Jakość środowiska jako problem naukowy

Jakość środowiska jest terminem stosunkowo rzadko spotykanym w najnowszej literaturze przedmiotu. Najczęściej odnosi się on do trzech komponentów środowiska traktowanych łącznie: powietrza, gleby i wody. W każdym przypadku termin ten wiąże się ze stanem tych komponentów bądź warunkami w nich panującymi. Istotne jest, że uwarunkowania te odnoszą się zarówno do wymogów i preferencji organizmów żywych, do których oczywiście zalicza się człowieka. Wymogi organizmów wobec cech jakościowych środowiska zwykle różnią się między sobą,

czasami nawet skrajnie, wykluczając wzajemne koegzystowanie poszczególnych klas. W przypadku człowieka preferencje środowiskowe oraz jego oczekiwania od jakości środowiska są raczej homogeniczne. Podstawowy wymóg człowieka stawiany wobec środowiska dotyczy jego zdolności do zapewnienia potrzeb żywnościowych. W tej kategorii mieści się zapewnienie warunków do polowania, zbieractwa, rybołówstwa, uprawy roślin i hodowli zwierząt [Johnson i in. 1997]. Inne potrzeby zdają się być mniej obiektywne i dotyczą: pozyskiwania i produkcji potrzebnych człowiekowi materiałów, zarządzania przyrodą, zapewnienia zdrowia i dobrobytu. Wobec różności wymagań jakościowych między poszczególnymi klasami bytów żywych wobec środowiska, wyłania się praktyczna potrzeba rozpatrywania jakości środowiska względem określonej grupy organizmów. Dlatego też można mówić np. o środowisku życia małąp, żurawi, kleszczy. Najczęściej jednak słowo „środowisko” używane jest w odniesieniu do środowiska ludzi, choć nie zawsze odbywa się to z pełną świadomością. W dalszych rozważaniach słowo „środowisko”, w tym wykorzystane w terminie „jakość środowiska” rozumiane będzie właśnie w tym znaczeniu.

I.3.2. Czynniki określające jakość środowiska

Środowisko człowieka jest systemem o wysokim stopniu złożoności, a wiele mechanizmów, które w nim zachodzą pozostaje niezbadanych. Stąd, nie można dokładnie określić wszystkich czynników determinujących jego jakość. Mimo to, obecny stan wiedzy pozwala stwierdzić, które z nich mają dziś największe znaczenie. Czynniki te można utożsamiać z głównymi wyzwaniami stojącymi przed człowiekiem w odniesieniu do utrzymania jak najwyższej jakości jego środowiska.

Jednym z głośniejszych problemów środowiskowych ostatnich dekad jest *ubożenie warstwy ozonowej atmosfery*. Ubytek ozonu stratosferycznego (np. nad Antarktydą i Morzem Arktycznym) pozostaje źródłem niepokoju ze względu na wpływ zwiększonego promieniowania ultrafioletowego typu B na zdrowie człowieka, plony i inne organizmy żywe. Mimo znaczącej redukcji substancji powodujących ubożenie warstwy ozonowej (z ang. *ozone depleting substances* - ODS), która dokonała się od czasu wejścia w życie Konwencji Wiedeńskiej o ochronie warstwy ozonowej w 1985 roku problem ten nie został do końca rozwiązany ze względu na długoletnie utrzymywanie się tych substancji w stratosferze.

Kolejnym czynnikiem determinującym jakość środowiska jest *zanieczyszczenie powietrza*. Główne obawy związane z tym czynnikiem dotyczą wpływu zanieczyszczeń powietrza na zdrowie ludzi i ekosystemy, a także potencjalnych tego skutków gospodarczych i społecznych. Narażenie człowieka na wpływ zanieczyszczeń jest szczególnie wysokie w miastach, gdzie działalność gospodarcza i ruch drogowy są bardzo skoncentrowane. Szczególnie niepokoją występujące w wielu miejscach na świecie wysokie stężenia tzw. drobnych cząstek, NO₂, toksyn i ozonu troposferycznego. Natomiast emisje SO_x, które są przyczyną tzw. kwaśnych deszczy, spadły do tej pory znacząco w wielu krajach, w szczególności rozwiniętych i zostały skutecznie oddzielone od wykorzystania paliw kopalnych i wzrostu gospodarczego.

Wytwarzanie odpadów, czy też problem odpadów ogółem dotyczy obaw wynikających z niewłaściwej gospodarki odpadami, co ma wpływ na zdrowie ludzi i ekosystemów poprzez zanieczyszczenie gleb i wód, obniżanie jakości powietrza, zmianę sposobu zagospodarowania terenów i przekształcenia krajobrazu. Pomimo osiąganego w niektórych krajach wysokiego stopnia recyklingu odpadów i względnego rozdzielenia wytwarzania odpadów od wzrostu gospodarczego, wciąż powstają pytania o wydajność istniejących systemów gospodarowania odpadami. Głównym wyzwaniem jest ograniczenie powstawania odpadów i przejście w kierunku zarządzania całym cyklem życia produktów, czemu może sprzyjać tzw. rozszerzona odpowiedzialności producenta.

Zanieczyszczenie wód to kolejny poważny problem związany z jakością środowiska. Skutki zanieczyszczenia wód (eutrofizacji, zakwaszenia i obecności toksycznych substancji) mogą być odczuwalne zarówno dla człowieka, tj. zdrowia ludzkiego i gospodarki, poprzez zwiększony koszt uzdatniania wody pitnej, ale także dla całych ekosystemów wodnych. Pomimo znacznego postępu w ograniczaniu zanieczyszczeń zrzucanych do wód ze źródeł komunalnych i przemysłowych dzięki instalacji oczyszczalni ścieków, poprawa jakości wody słodkiej nie zawsze jest łatwa do stwierdzenia, z wyjątkiem tych parametrów związanych z zanieczyszczeniami organicznymi. Ważną przyczyną zanieczyszczeń wód są zanieczyszczenia z rozproszonych źródeł rolniczych, które są problemem w wielu krajach.

Malejące zasoby wody słodkiej są przyczyną obniżającej się jakości środowiska. Nieefektywne wykorzystanie wody prowadzi do negatywnych konsekwencji społeczno-ekonomicznych i środowiskowych, takich jak: niskie przepływy rzeczne, niedobory wody, zasolenie źródeł wody słodkiej na obszarach przybrzeżnych, problemy zdrowotne u ludzi, utrata terenów podmokłych, pustynnienie terenów i zmniejszenie produkcji żywności.

Zasoby leśne to kolejny element środowiska, który istotnie determinuje jego jakość. Obniżanie się różnorodności biologicznej w lasach, pogarszająca się kondycja drzewostanów oraz oddziaływanie człowieka na naturalny przyrost i regenerację lasów powoduje często negatywne konsekwencje dla usług świadczonych przez gospodarstwa leśne, a także konsekwencje o szerszym charakterze środowiskowym i społecznym. Główne obciążenia pochodzące z działalności człowieka są powodowane przez rozwój rolnictwa, rozwój infrastruktury transportowej, nie zrównoważoną gospodarkę leśną, zanieczyszczenia powietrza i celowe wypalanie lasów. Wiele zasobów leśnych jest dziś ponadto zagrożonych degradacją, fragmentacją i konwersją na grunty o innym przeznaczeniu.

Zasoby rybne to kolejny ważny aspekt jakości środowiska. Główny problem dzisiejszego stanu tych zasobów polega na szkodliwym oddziaływaniu człowieka na zasoby rybne i siedliska morskie, ale także na populację ryb słodkowodnych oraz skutkach tego oddziaływania dla różnorodności biologicznej. Poprzez nadmierny odłów ryb już teraz występują braki w ich dostawach, a ceny ryb znaczenie wzrastają. Głównymi przyczynami presji na zasoby rybne jest rozwój rybołówstwa (w tym nowych technik połowu), ale także rozwój infrastruktury przybrzeżnej i rozwój transportu morskiego oraz zanieczyszczenia ze źródeł lądowych. Obecnie wiele cennych zasobów ryb jest nadmiernie eksploatowanych, a stały trend wzrostu globalnych połowów ryb osiągnięto częściowo poprzez wykorzystanie nowych i mniej cennych gatunków. Nielegalne połowy są dziś powszechną praktyką, także w Polsce, co utrudnia osiągnięcie celów zrównoważonego zarządzania rybołówstwem.

Różnorodność biologiczna jest często niedocenianym czynnikiem istotnie warunkującym jakość środowiska. Człowiek może na nią oddziaływać poprzez presję: fizyczną (np. poprzez zmianę i fragmentację siedlisk na skutek zmiany w użytkowaniu terenów), chemiczną (poprzez zanieczyszczenia toksyczne, zakwaszenie, wycieki ropy naftowej) lub biologiczną (poprzez zmianę dynamiki populacji i struktury gatunkowej wskutek uwolnienia obcych inwazyjnych gatunków

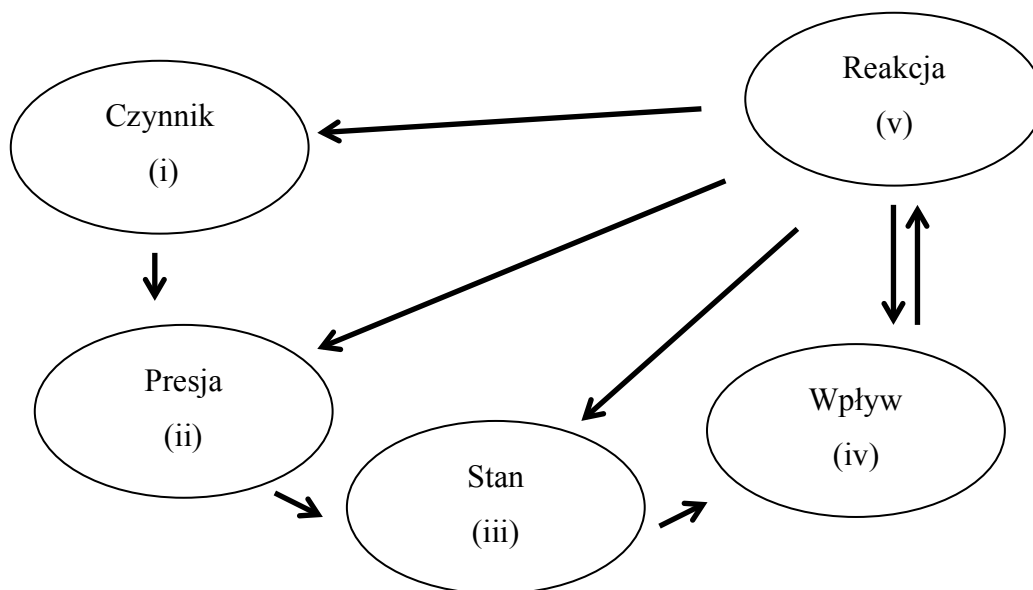
lub komercyjnego korzystania z zasobów przyrody). Mimo, że liczba obszarów chronionych na świecie wzrasta, to presja na bioróżnorodność i poważne zagrożenia dla ekosystemów i ich gatunków rosną. Do tej pory już wiele naturalnych ekosystemów zostało zdegradowanych, a ich funkcje dla człowieka ograniczone.

Z wszystkimi wymienionymi powyżej problemami środowiskowych korespondują zmiany klimatu. Stanowią one istotny problem środowiskowy same w sobie, ale także jako przyczyna pogłębiania innych problemów jakości środowiska. Dokładna analiza związku zmian klimatu z jakością środowiska przeprowadzona została w późniejszej części rozdziału.

I.3.3. Wskaźniki jakości środowiska

Obecnie w wykorzystaniu znajduje się szeroka gama wskaźników dotyczących środowiska naturalnego. Wskaźniki te odzwierciedlają tendencje w zakresie jego stanu oraz postępów w realizacji celów polityki ekologicznej. Dostarczają one informacji na temat zjawisk, które uważane są za typowe lub mają krytyczne znaczenie dla jakości środowiska. Wskaźniki środowiskowe są dziś niezbędnym narzędziem dla decydentów, którzy w oparciu o nie formułują cele i tworzą założenia do ich realizacji. Jednakże wraz z rozwojem nauki i rosnącą świadomością znaczenia ochrony środowiska ich liczba zaczęła wzrastać [Smeets i Weterings 1999]. Powoduje to, że jest coraz trudniej uchwycić zachodzące pomiędzy tymi wskaźnikami relacje, a także wgłębić się w ich istotę. W związku z tym ważne jest usystematyzowanie wykorzystywanych dziś wskaźników środowiskowych.

Obecnie większość wskaźników środowiska odnosi się do zestawu jego cech fizycznych, biologicznych lub chemicznych. Są na ogół odzwierciedleniem analizy związków zachodzących pomiędzy systemem przyrodniczym a systemem stworzonym przez człowieka (Rysunek 1.).



Rysunek 1. Schemat przyczynowo-skutkowy oddziaływania człowieka na środowisko

Źródło: [Smeets i Weterings 1999]

Zgodnie z tym ujęciem, rozwój społeczno-gospodarczy jest czynnikiem wywierającym presję na środowisko, co w konsekwencji zmienia jego stan. Objawiać się to może zmianą warunków istotnych dla zdrowia, dostępności zasobów i różnorodności biologicznej. Ostatecznie prowadzi to do wpływu na zdrowie ludzkie, ekosystemy i materiały, które mogą wywołać reakcje społeczną. Ta natomiast może na nowo kształtować pośrednie lub bezpośrednie oddziaływanie człowieka na środowisko, lub wymusić adaptację do nowych uwarunkowań układu. Oczywiście przytoczony schemat wiąże się z dużym uproszczeniem zjawisk zachodzących w rzeczywistości, które są dużo bardziej skomplikowane, niż proste relacje przyczynowe pokazane w analizie systemowej. Niemniej, z punktu widzenia praktycznych działań służących realizacji polityki ekologicznej, istnieje potrzeba jasnych i szczegółowych informacji dotyczących: czynników (i), wywołujących presję (ii) na stan środowiska (iii) oraz wpływu powstałych zmian jakościowych (iv), a także społecznej reakcji w odpowiedzi na nowe uwarunkowania środowiska (v) [Smeets i Weterings 1999]. Dlatego, aby zaspokoić potrzebę informacyjną, wskaźniki środowiskowe powinny odnosić się do wszystkich elementów łańcucha przyczynowego, który łączy działalność człowieka z jej ostatecznymi skutkami dla środowiska, ale także z reakcjami społecznymi.

Aktualnie wykorzystywane wskaźniki środowiskowe można podzielić pomiędzy cztery podstawowe grupy [Smeets i Weterings 1999]:

- wskaźniki opisowe;
- wskaźniki osiągnięć;
- wskaźniki efektywności;
- wskaźniki dobrobytu.

Wskaźniki opisowe są najczęściej spotykanym typem publikowanym w raportach o środowisku. Większość zestawów opisowych indykatorów obecnie stosowanych przez kraje i instytucje międzynarodowe zostało skomponowanych w oparciu o schemat przedstawiony na Rysunku 1. Opisują one sytuację w odniesieniu do głównych kwestii środowiskowych, takich jak zmiany klimatu, zakwaszenie środowiska, zanieczyszczenie toksynami i produkcja odpadów. Charakterystyka oddziaływania czynników (sił sprawczych) zjawisk zachodzących w środowisku odbywa się za pomocą opisu rozwoju społecznego, demograficznego i gospodarczego społeczeństwa wraz z odpowiadającymi temu zmianami w stylu życia, poziomie produkcji i konsumpcji. Presja wywierana przez społeczeństwo jest przenoszona w toku różnych naturalnie zachodzących procesów i wyraża się w zmianach panujących warunków środowiskowych. Wskaźniki presji opisują zwykle zmiany w uwalnianych emisjach, wykorzystaniu zasobów i gruntów. Przykładem wskaźnika presji na środowisko są emisje CO₂ uwalniane przez sektor lub ilość gruntów wykorzystywanych do budowy dróg. Wskaźniki opisujące stan środowiska zapewniają ilościowy i jakościowy ogląd zjawisk fizycznych (np. temperatury), zjawisk biologicznych (takich jak zasoby rybne) i zjawisk chemicznych (takich jak stężenie CO₂ w atmosferze) na pewnym obszarze. Wskaźniki stanu środowiska mogą, na przykład dotyczyć: kondycji lasów, występujących zasobów przyrodniczych, zawartości związków azotu i siarki w jeziorach lub poziomu hałasu w sąsiedztwie lotnisk. Wywierana na środowisko presja powoduje, że jego stan ulega przekształceniom. Zmiany te mają następnie wpływ na społeczne i gospodarcze funkcje środowiska, takie jak odpowiednie warunki dla zdrowia ludzi, dostępność zasobów i różnorodność biologiczną. Wskaźniki dotyczące wpływu są używane do opisu tego oddziaływania. Natomiast wskaźniki mierzące reakcje odnoszą się do działań społeczeństwa wobec pojawiającego się oddziaływania na środowisko, a także do podejmowanych przez rządy wysiłków mających na celu zapobiegać

szkodzącym środowisku tendencjom lub ich kompensowanie i łagodzenie lub dostosowanie się do zachodzących zmian w stanie środowiska.

Wskaźniki osiągnięć porównują rzeczywiste warunki do określonego zestawu punktów odniesienia, podczas gdy wskaźniki opisowe koncertują się na ocenie bieżącej sytuacji bez dokonywania takich porównań. Wskaźniki osiągnięć mierzą rozdźwięk między obecną sytuacją w środowisku a pożądaną. Są one szczególnie użyteczne, jeżeli określone grupy lub instytucje mogą zostać pociągnięte do odpowiedzialności za wzrost presji na środowisko lub zmiany jego stanu. Większość krajów i organizacji międzynarodowych stosuje te wskaźniki do monitorowania swoich postępów w dziedzinie ochrony środowiska. Mogą one odnosić się do celów krajowych polityk, międzynarodowych zobowiązań lub określonych poziomów zrównoważonego rozwoju. Dwa z trzech podanych punktów odniesienia rzadko uwzględniają faktyczne potrzeby z punktu widzenia wdrażania zasad zrównoważonego rozwoju. Wynika to z tego, że cele polityczne wiążą się z przyjęciem kompromisów, które nie leżą w kręgu rozwiązań optymalnych dla osiągnięcia zrównoważonego rozwoju.

Wskaźniki efektywności wyrażają związek pomiędzy oddzielnymi elementami łańcucha przyczynowego. Są one bardzo istotne dla tworzenia polityki ekologicznej i coraz częściej także gospodarczej, ponieważ odnoszą się do presji środowiskowej wywoływanej działalnością człowieka. Wskaźniki te zapewniają wgląd w wydajność produktów i procesów. Mierzą one efektywność pod względem wykorzystanych zasobów, uwolnionych emisji i wytworzonych odpadów. Efektywność środowiskowa danego kraju może być oceniona pod względem poziomu emisji zanieczyszczeń i odpadów wytwarzanych w przeliczeniu na jednostkę PKB. W przypadku poszczególnych sektorów oddziałujących na środowisko, przyjmuje się bardziej specyficzne miary, np. w ocenie efektywności transportu można posłużyć się miarą zużycia paliwa na kilometr. Istotną cechą wskaźników efektywności jest to, że umożliwiają one śledzenie, czy społeczeństwo poprawia jakości swoich produktów i procesów pod względem ich materiałochłonności, emisji zanieczyszczeń i wytwarzania odpadów na jednostkę produkcji. W odniesieniu do oceny środowiskowej produktów i procesów należy w tym miejscu wspomnieć o metodzie mierzenia ich całkowitego wpływu na środowisko, którą jest środowiskowa ocena cyklu życia (z ang. *life cycle assessment* – LCA). Jedną z zalet tej metody jest możliwość oceny produktu przez

pryzmat szeregu zdarzeń w środowisku związanych z jego wytworzeniem, użytkowaniem i końcowym zagospodarowaniem.

Wskaźniki dobrobytu są wskaźnikami agregatowymi, które w syntetycznej formie informują o kondycji całego układu gospodarczego, w tym jego cech dotyczących jakości środowiska. W kwestii tworzenia tychże wskaźników występują dwie tendencje [Śleszyński 2008]. Pierwsza bierze za punkt wyjścia obecnie stosowane rachunki narodowe. Różne instytucje krajowe i międzynarodowe próbują włączać do nich kryteria społeczne i środowiskowe. Przykładem tego podejścia jest koncepcja EANA (z ang. *Environmentally Adjusted National Accounts*). Odwołuje się ona do wysuniętej przez J. Hicks'a koncepcji dochodu jako maksymalnej wielkości, która może być skonsumowana bez utraty trwałości użytkowania. Natomiast drugi nurt zawiera wszelkie próby polegające na konstruowaniu syntetycznych wskaźników presji na środowisko. W tej kategorii mieści się ISEW (z ang. *index of sustainable economic welfare*), który bazuje na indywidualnej konsumpcji ważonej współczynnikiem nierówności społecznej [Śleszyński 2008].

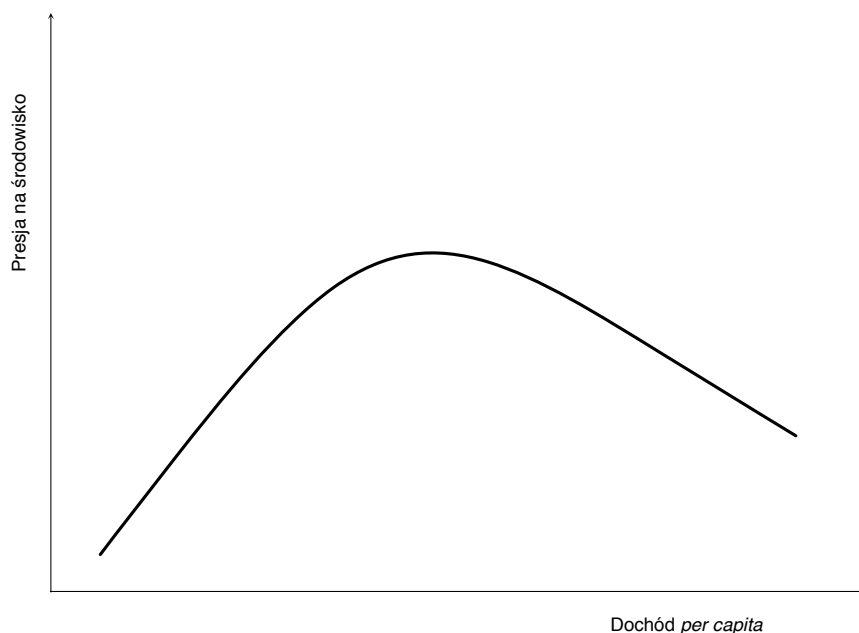
Podsumowując, należy uznać, że wykorzystanie danego wskaźnika jakości środowiska powinno być uzależnione od obszaru, który jest obiektem zainteresowania. W przypadku rozważań wpływu systemu gospodarczego na środowisko, występuje bardzo wiele relacji, które mogłyby być analizowane na różnych poziomach szczegółowości. Podejmując konkretny problem oddziaływania gospodarki na jakość środowiska poprzez emisję gazów cieplarnianych, można go rozpatrywać w każdym z aspektów przedstawionych na Rysunku 1. Jednakże szczególnie interesująca, a zarazem ważna dla polityki państwa w tym zakresie, jest relacja pomiędzy czynnikiem sprawczym (i), którym jest spalanie paliw na skutek aktywność gospodarczej człowieka a presją (ii) na środowisko ze strony uwalnianych gazów cieplarnianych. Dlatego w badaniu relacji gospodarki i jakości środowiska w zakresie emisji CO₂ zasadne jest posłużenie się wskaźnikami opisowymi, które pozwolą pogłębić wiedzę na temat tej relacji pod kątem wywołanej presji na jakość środowiska.

I.4. Presja na jakość środowiska w procesach transformacji gospodarczej w Polsce

Dotychczas uściślone zostały pojęcia jakości środowiska, struktury gospodarczej oraz jej zmian. Przystudiowano także metody analizy tak rozumianych zmian strukturalnych w procesie wzrostu gospodarczego. Dlatego w kolejnej części dokonano wprowadzenia do przedstawionego wcześniej konceptu analitycznego zmiennych określających jakość środowiska. Za wstęp do tych rozważań posłużyła hipoteza o środowiskowej krzywej Kuznets'a, stanowiąca odniesienie dla wielu analiz z tej dziedziny. Następnie dokonano przeglądu metod badawczych wykorzystywanych w analizach o podobnym zakresie i omówiono podstawowe różnice między nimi. Ostatnią część stanowi przedstawienie propozycji techniki służącej do analizy zmian emisji CO₂ ze spalania paliw w warunkach zmieniającej się struktury.

I.4.1. Środowiskowa krzywa Kuznets'a

Za punkt wyjścia do badań jakości środowiska w warunkach zmian struktury gospodarczej można przyjąć problem relacji rozwoju gospodarczego do presji na środowisko. Wynika to z faktu, iż rozwój gospodarczy wiąże się z zachodzącymi w gospodarce zmianami strukturalnymi. Koncepcją teoretyczną, która łączy te dwie kwestie jest hipoteza o istnieniu tzw. środowiskowej krzywej Kuznets'a - w skrócie EKC (z ang. *Environmental Kuznets Curve*). Nazwa teorii pochodzi od opisanej przez S. Kuznets'a relacji pomiędzy dobrobytem a nierównością dochodową, którą określa tzw. krzywa Kuznets'a. Środowiskowa wersja tego konceptu dotyczy zależności presji na środowisko od dobrobytu i przyjmuje ten sam kształt odwróconej litery U (Rysunek 2.).



Rysunek 2. Środowiskowa krzywa Kuznets'a

Źródło: [Kukła-Gryz 2007]

Według hipotezy stwierdzającej istnienie zależności dochód – presja na środowisko, degradacja środowiska narasta w początkowych okresach wzrostu gospodarczego aż do momentu osiągnięcia odpowiednio wysokiego pułapu dochodu *per capita*, po którym następuje stopniowe ograniczanie presji na środowisko [Kukła-Gryz 2009]. Przy czym niemożliwe jest stwierdzenie kiedy następuje przejście z fazy niszczenia do jego ochrony. Poszczególne kraje sytuują się wzdłuż EKC jedynie w przybliżeniu, a punkt zwrotny może nastąpić przy niższym lub wyższym poziomie zamożności [Żylicz 2004].

Można wyróżnić dwa główne ujęcia hipotezy EKC: silne i słabe [Kander 2002]. Silny wariant sugeruje, że po osiągnięciu poziomu maksymalnej presji na środowisko następuje jej złagodzenie w kategoriach absolutnych. Słaba hipoteza łączy natomiast początkowy wzrost gospodarczy ze względnym wzrostem zanieczyszczeń w przeliczeniu na jednostkę PKB. Następnie sytuacja ulega odwróceniu i dalszy wzrost powoduje względne obniżanie się poziomu zanieczyszczeń. Według słabej hipotezy stan środowiska może w każdym przypadku ulegać pogorszeniu, np. gdy absolutny poziom emisji zanieczyszczeń będzie wzrastać, a także, gdy efekt akumulacji zanieczyszczeń będzie kompensował efekt redukcji pojedynczych przepływów [Kander 2002].

Od początku lat 90. kiedy to została wydana przełomowa publikacja G. Grossman'a i A. Krueger'a [1991] stwierdzająca występowanie tej zależności, problem EKC stał się wyjątkowo popularny. Od tej pory powstało wiele opracowań, z których część podejmuje krytykę EKC na gruncie teoretycznym i empirycznym [Arrow i in. 1995; Stern 2004]. Wśród pojawiających się kontrowersji udało się dotychczas stwierdzić, że nie istnieje jeden uniwersalny model EKC w kształcie odwróconej litery U dla wszystkich typów zanieczyszczeń [Dinda 2004; Stern 2004].

W Polsce także nie występuje jeden typ zależności pomiędzy dochodem *per capita* a każdym z występujących czynników presji. Wykazano, że wraz ze wzrostem dobrobytu w Polsce gwałtownemu ograniczeniu ulega zrzut zanieczyszczeń do powietrza, w szczególności SO₂, NO_x i pyłów [Bernaciak 2009]. Nieco inaczej kształtują się emisje CO₂, które utrzymują się mniej więcej na podobnym poziomie wraz z rosnącym dochodem. Sytuację tę, można tłumaczyć zbyt małym wzrostem dochodu, który nie pozwala na rzeczywistą obserwację kształtowania się omawianej relacji [Bernaciak 2009]. Niemniej aktualna sytuacja polityczno-gospodarcza pozwala przypuszczać, że nastąpi ograniczanie emisji CO₂ wraz ze wzrostem dochodu. Podobnie jak w przypadku emisji CO₂ przedstawia się sytuacja związana z presją na środowisko, wywieraną na ekosystemy wodne. Natomiast regule EKC zdaje się podlegać eksploatacja kopali w celach energetycznych. Powyższe przykłady wskazują na różnice w reakcji poszczególnych czynników presji środowiskowej na zmiany dochodu. Tę zależność można także analizować wykorzystując syntetyczny miernik antropogenicznej presji na środowisko. A. Bernaciak [2009] przeprowadził taką analizę dla Polski dla okresu 1989-2008. Wykazał on, że wraz ze wzrostem dochodów wartość syntetycznego wskaźnika gwałtownie malała, aby przy maksymalnych dochodach odbić się ku górze. Nagły spadek presji obserwowany przy stosunkowo niskim poziomie średniego dochodu wyjaśnił przede wszystkim zmiany strukturalne podczas odbywającej się transformacji gospodarczej [Bernaciak 2009].

I.4.2. Czynniki kształtujące środowiskową krzywą Kuznets'a w Polsce

Zdecydowana większość prac dotyczących EKC skupia się na uchwyceniu tylko samej relacji wzrostu i zanieczyszczeń. Jednakże stopniowo przybywa analiz, które dążą także do jej wyjaśnienia w oparciu o zjawiska ekonomiczne i zmiany o

charakterze instytucjonalnym. Na tym polu na uwagę zasługuje praca S. Dinda, który w oparciu o rozważania teoretyczne w sposób kompleksowy objaśnił czynniki kształtujące środowiskową krzywą Kuznets'a [2004]. W świetle przyjętej definicji struktury, wiele spośród wyszczególnionych przez S. Dinda i innych badaczy czynników mających objaśniać kształtowanie się EKC można uznać za czynniki o charakterze strukturalnym.

Elastyczność dochodowa popytu na jakość środowiska (z ang. *Income elasticity of environmental quality demand*) jest miarą, która dotyczy zamieniających się preferencji konsumentów w odniesieniu do jakości środowiska. Zależność ta przejawia się tym, że wraz ze wzrostem dochodów ludzie osiągają wyższy standard życia. Jednocześnie wyższy standard życia pociąga za sobą coraz większą troskę o środowisko [Dinda 2004]. Zjawisko to może częściowo wyjaśniać ograniczoną degradację środowiska naturalnego w toku rozwoju gospodarczego. Bogacący się konsumenci zmieniają swoje preferencje, co prowadzi do zmian w strukturze produktowej popytu, która mniej obciąża środowisko. Jest także najczęściej przywoływanym poglądem tłumaczącym kształt EKC i opiera się na tezie, że ludzie osiągający dostatecznie wysoki standard życia są skłonni w większym stopniu dbać o jakość środowiska [Selden i Song 1994]. Warto podkreślić, że działanie tego czynnika przejawia się nie tylko w wyborach indywidualnych, ale i w tworzeniu bardziej rygorystycznego prawa z zakresu ochrony środowiska związanego z gotowością do ponoszenia większych wydatków na spełnianie zaostrzonych norm środowiskowych przez społeczeństwo. Uznaje się, że elastyczność dochodowa popytu na jakość środowiska jest większa od jedności, co czyni czyste środowisko i jego ochronę „dobrem luksusowym”. W większości modeli EKC ten czynnik jest jedną ze zmiennych objaśniających zmiany poziomu zanieczyszczeń.

Wzrost gospodarczy wpływa na jakość środowiska poprzez trzy różne kanały: efekty kompozycyjne, efekty technologiczne oraz efekty skali [Grossman i Krueger 1991]. Zwiększenie produkcji wymaga większej ilości nakładów, co zwiększa zużycie zasobów naturalnych w procesie produkcyjnym. Większa produkcja implikuje tworzenie większej ilości odpadów oraz emisji zanieczyszczeń, które powstają jako produkt uboczny. Tym samym wzrost gospodarczy generuje efekty skali, które negatywnie wpływają na środowisko. Jednakże, wzrost gospodarczy może cechować się także pozytywnym charakterem oddziaływania na środowisko, np. poprzez efekty kompozycyjne. Ma to miejsce wówczas, kiedy dochód rośnie, a udział

poszczególnych gałęzi w gospodarce ulega zmianie. Właśnie ten rodzaj zmian jest pierwszym i bodaj najważniejszym, który zalicza się do zmian strukturalnych w świetle przyjętej definicji. Sytuacja zmienia się na korzyść środowiska, jeżeli zmiany strukturalne obejmują zastępowanie przemysłu energochłonnego gałęziami opartymi na wiedzy i świadczeniu usług. Następujący wraz ze wzrostem gospodarczym postęp technologiczny także skutkuje zastępowaniem uciążliwych środowiskowo technologii nowymi i często czystszyimi. Ten proces określany jest jako efekt technologiczny wzrostu gospodarczego. Hipoteza EKC sugeruje, że w pierwszych fazach rozwoju efekt skali zaczyna dominować nad pozostałymi, a następnie zostaje on zrównoważony i zdominowany przez pozostałe efekty wzrostu gospodarczego: kompozycyjny i technologiczny, które przyczyniają się do obniżenia presji na środowisko [Panayotou 1997; Stern 2002].

Tezę o pozytywnym wpływie efektu kompozycyjnego i technologicznego na jakość środowiska w Polsce potwierdza analiza M. Plicha [2002]. Autor przeanalizował wpływ zmian technologicznych i kompozycji sektorowej popytu na emisję CO₂, CO, CH₄, N₂O, NMVOC, NO_x, SO₂ w latach 1993-1999. Wyniki uzyskane przez M. Plicha wskazują, że zarówno zmiany technologiczne jak i kompozycji popytu miały istotny wpływ na ograniczenie zanieczyszczeń w latach 1993-1999. W przypadku emisji CO₂ zmiany technologii spalania paliw powodowały bardzo znaczące redukcje, które dokonywały się co roku, za wyjątkiem okresu 1995-1996. Natomiast zmiany w jednostkowej produktochłonności sektorów (współczynniki techniczne tabeli input-output) oraz struktury produktowej popytu były czynnikiem słabiej wpływającym na ograniczenie emisji CO₂. Mimo to redukcja emisji pod wpływem tego impulsu dokonywała się co roku, oprócz okresu 1996-1997. M. Plich pokazał także jak zmiany struktury i współczynników emisji kształtowały poziom zanieczyszczeń w podziale na trzy sektory: energii, transportu i rolnictwa.

Podobne wnioski płyną z analiz L. Mantzos'a [2009], który dokonał dekompozycji czynników zmian emisji CO₂ w latach 2000-2005 w krajach UE posługując się modelem PRIMES. Analiza wskazuje, że najsilniej na zmiany emisji tego gazu w Polsce działał czynnik skali produkcji, który spowodował istotny przyrost emisji. Wpływ ten był kompensowany w największym stopniu przez zmiany efektywności wykorzystania energii. Drugim czynnikiem kompensującym wzrost emisji z powodu skali produkcji były zmiany w strukturze zapotrzebowania na

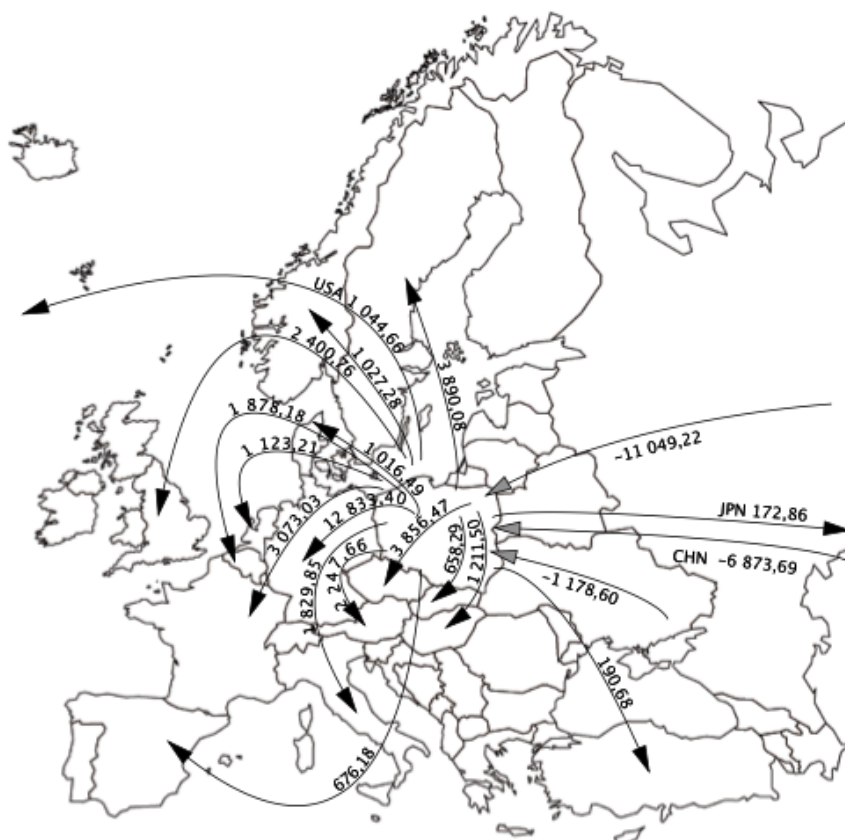
nośniki energii. Natomiast, trzecim najsłabszym czynnikiem były zmiany technologii [Mantzios 2009].

Handel międzynarodowy jest jednym z najważniejszych czynników, które mogą służyć wyjaśnieniu EKC [Dinda 2004]. Uważa się, że może wywierać dwojakie oddziaływanie na środowisko, zarówno korzystne i niekorzystne, a czynnikiem o tym decydującym jest jakość polityki gospodarczej [Żylicz 2004]. Można wyróżnić kilka efektów, poprzez które handel kształtuje jakość środowiska. Przede wszystkim handel przyczynia się do zwiększenia aktywności gospodarczej, która w oczywisty sposób szkodzi środowisku – efekt skali produkcji. Z drugiej strony handel prowadząc do zwiększenia dobrobytu może powodować wystąpienie efektów związanych z elastycznością dochodową popytu na jakość środowiskowa, przez co zwiększy się popyt na czyste technologie, jest to efekt technologiczny. Handel wywołuje również efekt produktowy, związany ze specyficznymi właściwościami konkretnych towarów. Może on być zarówno korzystny, w przypadku handlu nowoczesnymi, prośrodowiskowymi technologiami lub negatywny, gdy eksportowane są produkty o niekorzystnych parametrach środowiskowych [IISD i UNDP 2000]. Ponadto, wyróżnia się efekt kompozycyjny tj. związany ze strukturą towarową handlu i polegający na spadku brudnej produkcji w jednym kraju, podczas gdy na skutek handlu ulega ona zwiększeniu w innym. Występowanie tego efektu przypisuje się dwóm powiązanym hipotezom [Liddle 2001]:

- niskie standardy ochrony środowiska są źródłem przewagi komparatywnej, które powodują zmiany w przepływach handlowych (z ang. *pollution haven hypothesis*);
- liberalizacja handlu prowadzi do szybszego rozwoju „brudnych” gałęzi przemysłu w krajach rozwijających się w miarę jak kraje rozwinięte wdrażają bardziej rygorystyczne normy ochrony środowiska (z ang. *pollution displacement hypothesis*).

Dla Polski oszacowane zostały emisje związane z handlem zagranicznym przez M. Przybylińskiego [2012] dla lat 1990, 1995, 2000. Rosnąca otwartość polskiej gospodarki sugeruje, że udział emisji powodowanych eksportem w emisjach całkowitych powinien się konsekwentnie zwiększać. Taką sytuację obserwuje się w przypadku zanieczyszczeń pyłowych. W przypadku ditlenku siarki udział ten obniżył się w 1995 roku, a następnie lekko wzrósł. W okresie analizy, eksport procentowo

najbardziej przyczyniał się do emisji tlenu węgla. W 2005 roku ponad połowę całkowitej emisji tego gazu w Polsce można przypisać eksportowi. Jednocześnie udział ten był wyraźnie wyższy niż w 1990 roku [Przybyliński 2012]. Podobny obraz wyłania się z porównania emisji przypadających na jednostkę produkcji. Z analiz wynika, że produkcja przeznaczona na eksport powoduje znacznie większe jednostkowe emisje, niż produkcja przeznaczona na rynek krajowy [Przybyliński 2012]. Skłania to do negatywnej oceny roli handlu zagranicznego w Polsce dla jakości środowiska. Jednakże jest to tylko jedna strona problemu relacji handlu i jakości środowiska. Pełniejszy obraz można uzyskać analizując tzw. środowiskowe *terms-of-trade*, które obrazują wielkość emisji zaniechanych na skutek zakupu dóbr importowanych o tej samej wartości. Wyniki analiz M. Przybylińskiego [2012] świadczą o korzystnej z punktu widzenia powstawania zanieczyszczeń na terenie Polski struktury polskiego handlu zagranicznego. Jednakże wyniki te nie pozwalają na wyciągnięcie wniosków co do środowiskowych efektów tej wymiany w ujęciu transgranicznym. Pomocne mogą być przy tym analizy wpływu bilateralnej wymiany handlowej Polski z 20 głównymi partnerami na emisje CO₂ netto (Rysunek 3.).



Rysunek 3. Emisje CO₂ netto wywołane bilateralną wymianą handlową Polski z wybranymi krajami w 2004 roku w Gg

Źródło: [Mizgajski 2011]

Z przeprowadzonej analizy wynika, że w 2004 roku bilateralne przepływy handlowe powodowały znacznie większe emisje CO₂ w polskim systemie produkcyjnym, pomimo ujemnego salda handlowego Polski [Mizgajski 2011]. Pozwala to przypuszczać, że pomimo korzystnego dla Polski *terms of trade* handel z Polską powoduje większe obciążenie dla środowiska, niż w przypadku lokalnej produkcji handlowanych dóbr.

Innym argumentem objaśniającym kształtowanie się EKC jest istnienie na międzynarodowych rynkach zasobów naturalnych endogenicznego i samoregulującego *mechanizmu rynkowego*, który może zapobiegać rosnącej wraz dochodem degradacji środowiska. Rozwój gospodarczy danego kraju może wzmocniać mechanizmy rynkowe, które generalnie służą zwiększaniu efektywności gospodarowania, w tym także wykorzystaniu „czystszych” surowców energetycznych [Dinda 2004]. Poniekąd wiąże się z tym także problem własności, który może być

ważną przeszkodą w osiągnięciu efektywności ekonomicznej teoretycznie zapewnianej przez konkurencyjną równowagę rynkową [Żylicz 2004]. Z drugiej strony w ekonomii dobrze znane są fakty świadczące o tym, że wolny rynek często przynosi niepożądane społecznie skutki ekologiczne w postaci różnych efektów zewnętrznych [Löfgren 1996].

Sposób oddziaływania wolnego rynku na środowisko można przedstawić na podstawie doświadczeń prywatyzacyjnych w Polsce w latach 90. W tym czasie inwestorzy, zwłaszcza zagraniczni, nabywali państwowe przedsiębiorstwa. Jednym z ważnych uwarunkowań sprzedaży spółek skarbu państwa były kwestie ekologiczne. Przykładem dużej transakcji, podczas której zagwarantowano przeznaczenie środków na inwestycje mające poprawić jakość środowiska, jest sprzedaż zakładów E. Wedel w Warszawie. Nabywające je spółka PEPSICO przeznaczyła 2% całej inwestycji na poprawę parametrów środowiskowych w fabrykach Wedla. Dzięki tym funduszom usunięto azbest, uszczelniono zbiorniki paliw, uprzątnięto tereny, zmniejszono emisje hałasu, zredukowano powstające popioły i polepszone gospodarke odpadami [Śleszyński 1999]. Niestety w Polsce obserwowano także szkodzące środowisku procedury związane z urynkowaniem gospodarki. Przykładem jest tu prywatyzacja PPE KAZEL w Koszalinie. Nowopowstała spółka przejęła tylko „czysty” kapitał starego przedsiębiorstwa, podczas gdy 11 ton niebezpiecznych chemikaliów pozostawiono w rękach skarbu państwa [Śleszyński 1999].

Regulacje prawne i nieformalne to kolejny, nie mniej ważny przykład czynników mających wpływ na kształtowanie się EKC. Wraz ze wzrostem gospodarczym społeczeństwa gotowe są na ustanawianie bardziej rygorystycznego prawa ochrony środowiska. Ponadto, w społeczeństwie umacniają się instytucje, które służą egzekwowaniu już istniejących, choć bywa, że „martwych” przepisów prawa [Dinda 2004]. Niemniej jednak obecnie na świecie występuje tendencja odchodzenia od regulacji nakazowo-kontrolnych (z ang. *command and control*) w stronę szerszego wykorzystywania instrumentów rynkowych w polityce ochrony środowiska. Instrumenty rynkowe wciągają siły rynkowe do działań w interesie środowiska. Dzięki nim, możliwa jest minimalizacja całkowitych kosztów ochrony środowiska poprzez zróżnicowanie wymagań w związku z efektywnością kosztową [Żylicz 1996].

Wartym uwagi jest unikatowy system wsparcia rozwoju energetyki odnawialnej stosowany w wyłącznie w Polsce [Graczyk i Graczyk 2011]. Osobno odbywa się handel świadectwami pochodzenia energii ze źródeł odnawialnych a osobno sprzedaż energii. Ustalono gwarantowaną cenę zakupu energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych, którą przedsiębiorstwa energetyczne zobowiązane są płacić producentom OZE. Dla producentów „zielonej” energii przeznaczono także zachęty inwestycyjne (podatkowe, finansowe i techniczne). System wsparcia OZE w Polsce jest zatem kombinacją systemu zbliżonego do zielonych certyfikatów w ramach systemu kwotowego z systemem cen gwarantowanych oraz zachęt inwestycyjnych [Graczyk i Graczyk 2011].

Ponadto, razem z postępującym rozwojem ekonomicznym coraz większą rolę odgrywają tzw. regulacje nieformalne. Wynikają one ze świadomej postawy społeczeństwa wobec problemów środowiska. Bywa, że presja ze strony społeczności lokalnych na zakłady emitujące uciążliwe zanieczyszczenia przyczynia się do poprawy stanu środowiska. Społeczne zaangażowanie w ochronę środowiska jest coraz częściej wykorzystywane w konstruowaniu instrumentów opartych na informacji, które stanowią mechanizmy quasi-regulacyjne [Konar i Cohen 1997]. Sens tych rozwiązań potwierdzają ostatnie badania, które wykazują, że ok. 80-90% Duńczyków, Holendrów, Niemców i Amerykanów bierze pod uwagę standardy ochrony środowiska podczas dokonywanych zakupów [Xiao-jing 2012].

I.5. Układ zależności pomiędzy gospodarką, energią i środowiskiem w Polsce

W poprzedniej części ogólnie przedstawiono presję na jakość środowiska, która powstawała w procesach transformacji gospodarczej w Polsce. Kolejny fragment stanowi uściślenie tej relacji w jednym z jej aspektów. Pokazana zostanie rola energii w gospodarce polskiej, a także konsekwencje dla środowiska z tym związane.

I.5.1. Zużycie energii w procesach wzrostu gospodarczego w Polsce

Znaczenie energii jest krytyczne dla procesów gospodarowania. W aktualnym otoczeniu technologicznym trudno wyobrazić sobie funkcjonowanie gospodarstwa

domowego lub firmy bez wykorzystania elektryczności albo paliwa samochodowego. O istotności znaczenia energii dla ładu społeczno-gospodarczego może świadczyć waga, jaką poszczególne państwa przywiązują do kwestii bezpieczeństwa energetycznego oraz fakt, że ceny surowców energetycznych mogą stanowić przyczynę wahań koniunkturalnych [Barczyk i Lubiński 2009].

Pomimo kluczowej roli energii w gospodarce ekonomiści często nie doceniają jej znaczenia [Ayres, Turton i Casten 2007]. W klasycznej teorii produkcji dominuje pogląd, że do pierwotnych czynników produkcji należy kapitał, ziemia i praca, podczas gdy materiały i paliwa traktowane są jako czynniki pośrednie. To podejście prowadzi do powstawania koncepcji wzrostu, opartych na pierwotnych czynnikach produkcji, w szczególność na kapitale i ziemi, w których pomija się rolę energii [Stern 2003]. Niemniej nowoczesne teorie wzrostu, jak oparta na prawach fizyki teoria KLEC (z ang. Capital-Labor-Energy-Creativity), traktują energię na równi z pracą i kapitałem [Kuemmel, Henn i Lindenberger 2002]. Wynikać to może z rosnącej roli energii we współczesnych gospodarkach, których funkcjonowanie jest od niej coraz bardziej zależne. Z tą kwestią łączy się relacja wzrostu gospodarczego i konsumpcji energii.

Problem relacji pomiędzy konsumpcją energii a wzrostem jest dość obszernie opisany w literaturze ekonomiki energii. Badania w tym zakresie rozpoczęli J. Kraft i A. Kraft, którzy określili przyczynowość pomiędzy tymi zmiennymi dla obszaru Stanów Zjednoczonych [1978]. Od tego czasu studia nad rolą energii w procesach wzrostu gospodarczego znacząco się upowszechniły. Przeglądu kilkudziesięciu prac z tego zakresu powstałych i opublikowanych w latach 1978-2009 dokonał I. Ozturk [2010]. Jedną z konkluzji tego zestawienia jest to, że wyniki empiryczne nie dostarczają jednoznacznych informacji o charakterze relacji energia - wzrost gospodarczy, a niektóre z nich bywają nawet przeciwstawne. Rezultaty badań różnią się w kwestii kierunku zachodzącej przyczynowości pomiędzy konsumpcją energii a wzrostem oraz długo- i krótkoterminowego wpływu zużycia energii na politykę energetyczną. Te niejednoznaczności mogą wynikać z różnych zestawów wykorzystanych danych, specyfiki analizowanych krajów, doboru zmiennych oraz odmienności stosowanych metod. Niemniej w przypadku większości badań wykryto prawidłowość wskazującą na pozytywny wpływ konsumpcji elektryczności na wzrost

gospodarczy. Pozwala to przypuszczać, że brak dostępu do elektryczności jest czynnikiem ograniczającym wzrost gospodarczy [Ozturk 2010].

Powyższe konkluzje zachęcają do bliższego poznania czynników, które determinują związki energii z gospodarką. W ich określeniu pomocne jest neoklasyczne spojrzenie na funkcję produkcji. Ogólną postać funkcji produkcji można przedstawić jako [Stern 2003]:

$$(Q_1, \dots, Q_m) = f(A, X_1, \dots, X_n, E_1, \dots, E_p), \quad (1.4)$$

gdzie:

Q_i – produkty i usługi wytwarzane w gospodarce;

A – aktualny stan technologiczny, zdefiniowany przez wskaźnik całkowitej produktywności;

X_i – nakłady nieenergetyczne np: kapitał, praca;

E_i – nakłady nośników energii np. węgiel i ropa naftowa.

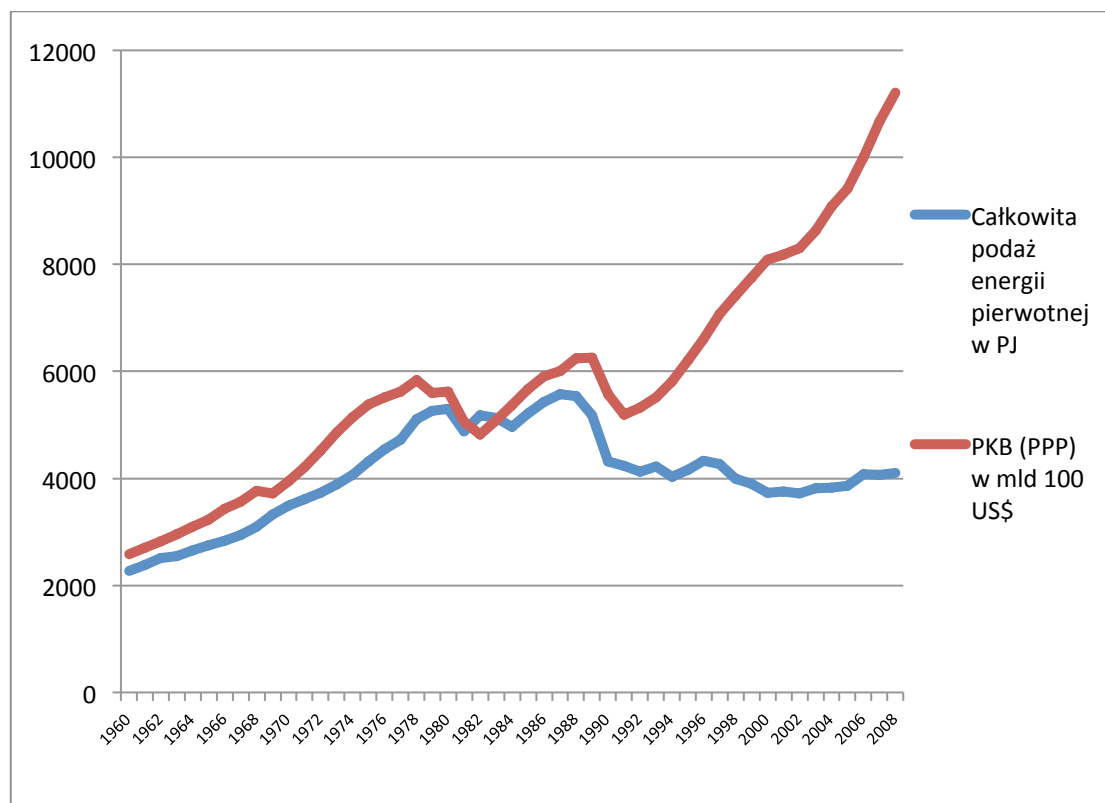
Stąd wynika, że relacja pomiędzy energią a zagregowaną miarą produkcji np. PKB może być kształtowana przez:

- a) substytucję pomiędzy energią a innymi nakładami;
- b) zmiany technologii – zmiany A ;
- c) zmiany kompozycji nakładów energetycznych E_i ;
- d) zmiany kompozycji produkcji.

Również zmiany w kompozycji nakładów innych, niż energetyczne mogą wpływać na związek między energią a produkcją, np. w wyniku przejścia gospodarki silnie pracochłonnej w kierunku bardziej kapitałochłonnej [Stern 2003].

Rysunek 4. przedstawia relację zużycia energii do PKB wyrażonego znormalizowanym parytetem siły nabywczej (PPP) w Polsce w ciągu ostatnich 50 lat. Bez użycia narzędzi statystycznych można zauważyć wyraźną korelację między wzrostem gospodarczym a przyrostem zużycia energii do początku lat 90. Zależność ta wynikała z silnie energochłonnej struktury gospodarki polskiej. Każdy przyrost produkcji mógł odbyć się jedynie kosztem zwiększenia konsumpcji energii. Sytuacja ta może świadczyć o zacofaniu technologicznym okresu gospodarki centralnie

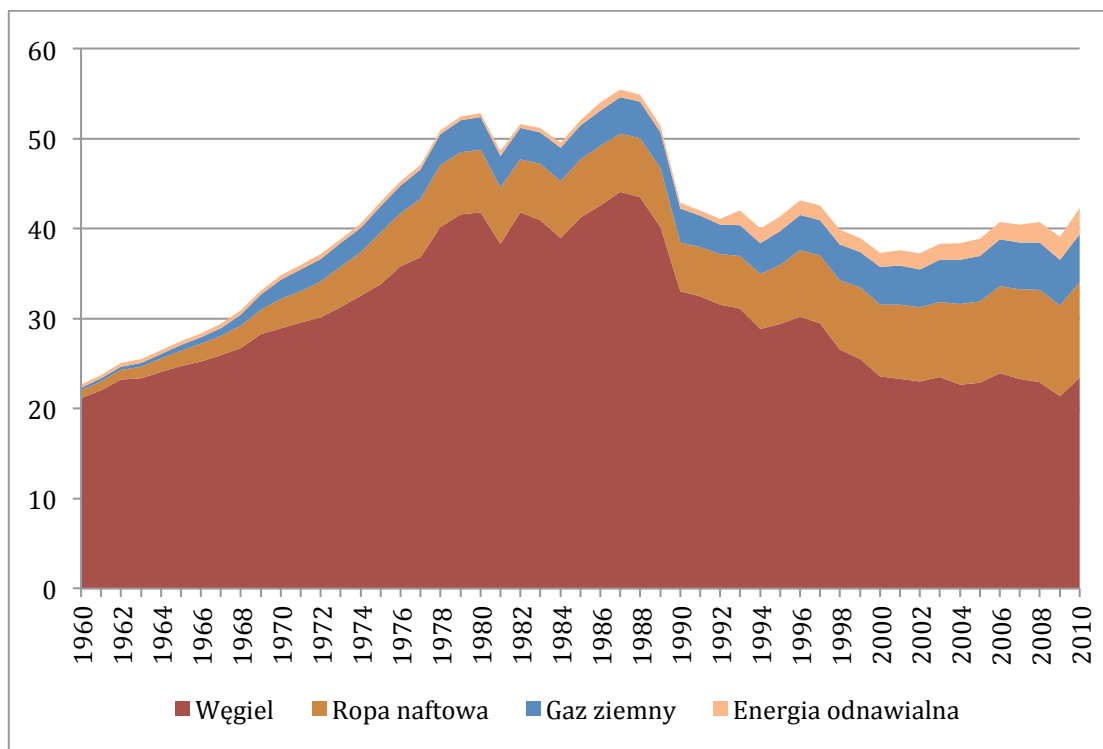
sterowanej, ponieważ ani dokonywany się wówczas pewien postęp techniczny, ani efekty skali nie były w stanie ograniczyć siły tej współzależności. Dopiero po transformacji w kierunku gospodarki rynkowej rozpoczętej we wczesnych latach 90. można zauważyć wyraźne rozdzielenie wzrostu gospodarczego od konsumpcji energii. Stoi za tym urealnienie cen i racjonalizacja zużycia energii, a także obniżenie znaczenia energochłonnych gałęzi gospodarki. Także duże znaczenie ma z pewnością napływ wraz z kapitałem zagranicznym nowych technologii.



Rysunek 4. Całkowita podaż energii pierwotnej i PKB w Polsce w latach 1960-2009

Źródło: [IEA 2013c]

Kolejny kluczowy wskaźnik struktury energetycznej dotyczy udziału poszczególnych nośników energii pierwotnej w całkowitym zaopatrzeniu regionu w energię pierwotną. Wskaźnik ten ukazuje rolę jaką w gospodarce danego regionu odgrywają poszczególne źródła energii. Tym samym obrazuje on stopień ich dywersyfikacji, co także wpływa na bezpieczeństwo energetyczne państwa. Rysunek 5. przedstawia zagregowane wielkości dla Polski, w których wyszczególniono cztery główne nośniki: węgiel, ropę naftową, gaz ziemny oraz odnawialne źródła energii.

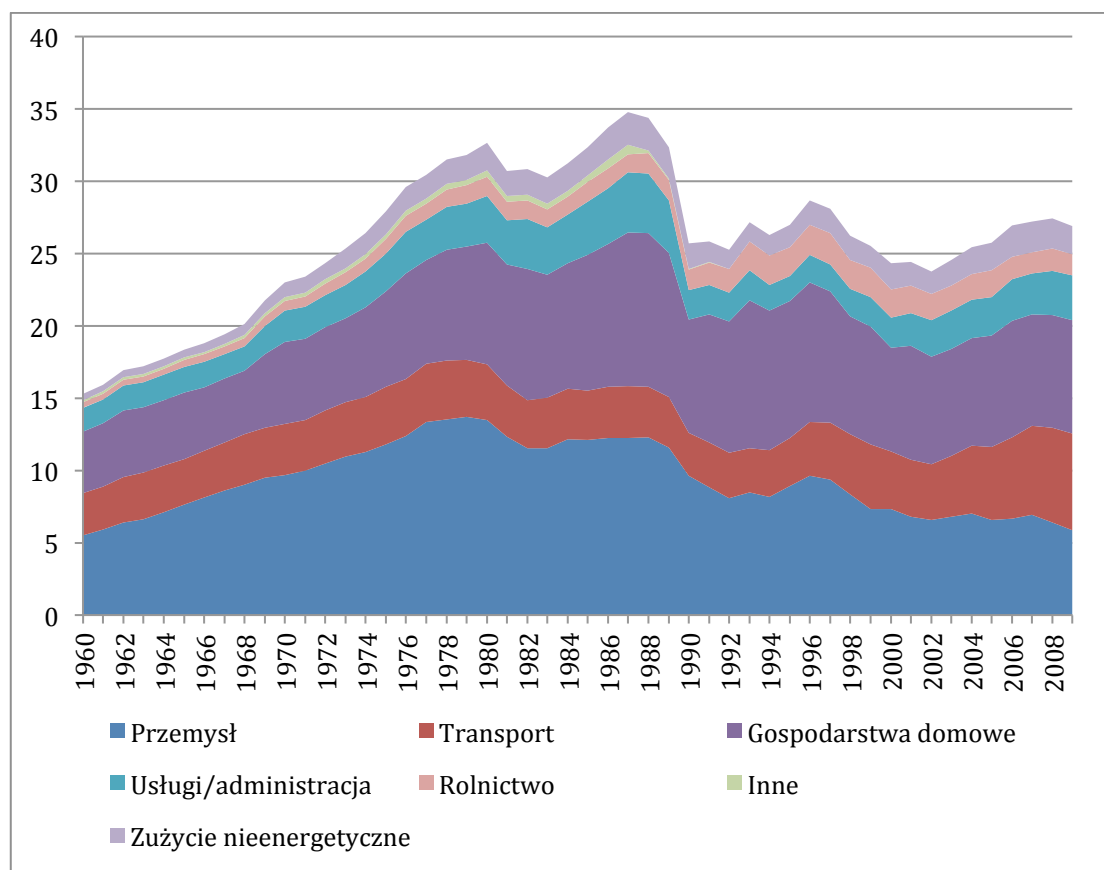


Rysunek 5. Udział głównych nośników energii w całkowitym zaopatrzeniu w energię pierwotną w Polsce w latach 1960-2010

Źródło: [IEA 2013c]

Na powyższym wykresie można zauważyć wyraźną dominację węgla jako kluczowego nośnika energii w bilansie energetycznym Polski. Jednak rola węgla spada, podczas gdy ropa naftowa staje się coraz istotniejsza dla polskiej gospodarki. Wynika to z m.in. z coraz większego zapotrzebowania na ropę na potrzeby transportu. Węgiel jednocześnie ma coraz mniejsze znaczenie opałowe w sektorze gospodarstw domowych. Zużycie gazu nieznacznie rośnie w ostatnich latach, mimo to jego udział w bilansie energetycznym zyskuje na znaczeniu. Może to wynikać z relatywnego poziomu cen gazu, które są coraz bardziej konkurencyjne wobec rosnących cen innych nośników energii. Należy zwrócić uwagę na rosnący udział energii odnawialnej, który aktualnie wynosi około 7%. Udział ten jest znikomy w porównaniu z innymi krajami UE, jednakże spodziewa się, iż w ślad za polityką UE i Polski w tym zakresie będzie się on sukcesywnie zwiększał. Za rozwojem energetyki odnawialnej przemawiają argumenty ekologiczne, z których najważniejsze to redukcja emisji CO₂ oraz SO₂ na skutek zastąpienia tradycyjnych technologii pozyskiwania energii z paliw kopalnych [Graczyk 2007].

Kolejny wykres (Rysunek 6.) przedstawia zużycie energii finalnej, czyli zużycie nośników energii na potrzeby technologiczne, produkcyjne i bytowe bez dalszego przetwarzania na inne nośniki energii. Jej wartości są znacznie niższe od zużycia energii pierwotnej z uwagi na straty energetyczne ponoszone w trakcie produkcji pochodnych nośników energii.



Rysunek 6. Zużycie energii finalnej w poszczególnych sektorach gospodarki w Polsce w latach 1960-2009

Źródło: [IEA 2013c]

Historycznie za największą część konsumpcji energii finalnej w Polsce odpowiada przemysł. W latach 1965-80 stanowił on ponad 40% całkowitego zużycia, podczas gdy w roku 2000 już tylko 30%, a w roku 2009 niewiele ponad 20%. Zmiana ta może wynikać z malejącego znaczenia przemysłu w gospodarce na korzyść mniej energochłonnych sektorów jak usługi, które powodują jednocześnie wzrost zużycia energii w sektorze transportu. Czynnikiem ten jest prawdopodobnie wzmocniony przez poprawę efektywności energetycznej w całej gospodarce. Drugim co do wielkości konsumentem energii finalnej w rozważanym okresie są gospodarstwa domowe. Fakt,

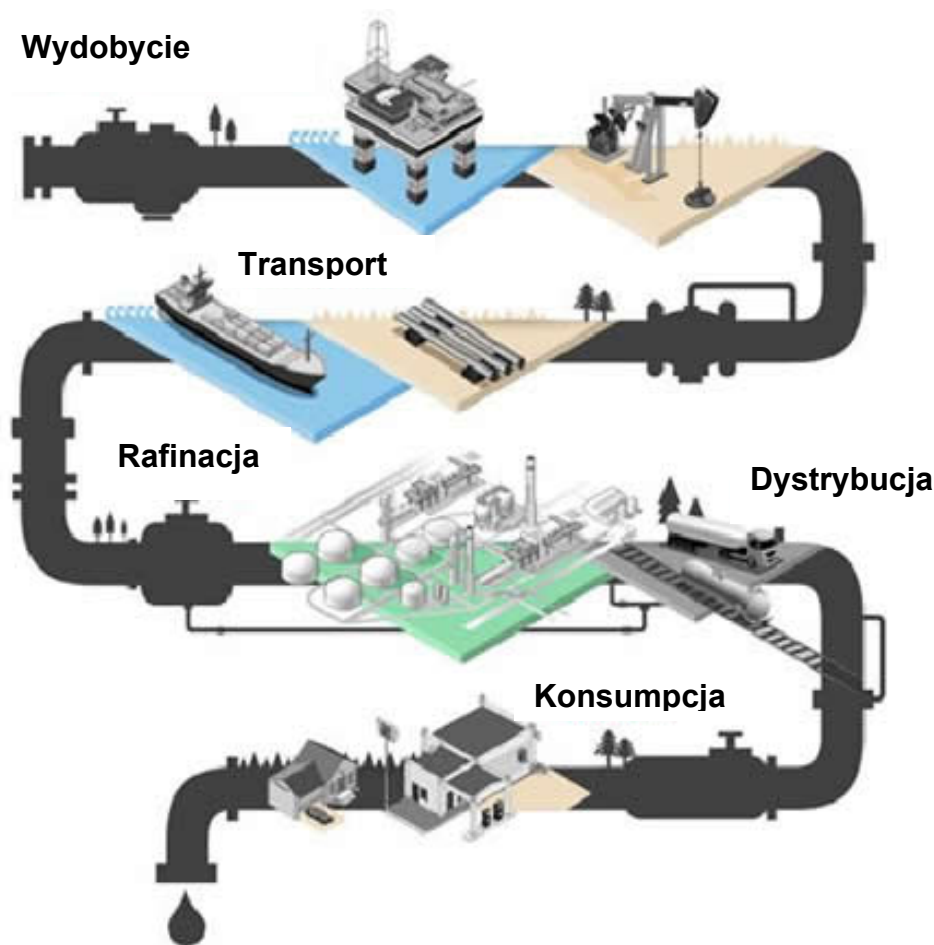
że zużycie energii w tym sektorze jest wciąż wysokie może wynikać z rozwoju rynku budowlanego, który to efekt kompensuje potencjalne oszczędności związane z wprowadzaniem energooszczędnych technologii.

I.5.2. Oddziaływanie zużycia paliw na jakość środowiska w gospodarce polskiej

Wykorzystanie energii w gospodarce ma wiele skutków dla środowiska. Sprowadzenie oddziaływania energii na środowisko do produktów spalania paliw byłby zbyt dalekim uproszczeniem. W ocenie całościowego wpływu wykorzystania energii na środowisko pomocna jest koncepcja cyklu życia i oparta na niej technika środowiskowej oceny cyklu życia - LCA (z ang. *life cycle assessment*). Analiza ta obejmuje cały cykl życia wyrobu zgodnie z określeniem „od kołyski po grób” [Lewandowska i Foltynowicz 2004]. Oznacza to, że w przypadku energii bierze się pod uwagę jej oddziaływanie podczas wydobycia, transportu nieprzetworzonego surowca, przetworzenie, dystrybucję gotowego produktu, konsumpcję i końcowe zagospodarowanie (np. popiołów po spalaniu koksu) (Rysunek 7.).

W pierwszej fazie cyklu życia wydobycie wiąże się z występowaniem pewnych form ingerencji w sferze środowiska człowieka. Oddziaływanie to polega na generowaniu zakłóceń geomorfologicznych jak i ekologicznych. Ponadto eksploatacja złóż surowców energetycznych wpływa na jakość i dostępność wód powierzchniowych i głębinowych, powoduje zmiany w użytkowaniu gruntów oraz prowadzi do przeobrażeń w krajobrazie. Oddziaływanie zużycia energii na środowisko można rozpatrywać także na etapie transportu wydobytych surowców energetycznych. Transport ten najczęściej odbywa się koleją, drogą morską, czy też w przypadku paliw płynnych i gazowych – rurociągami. Na skutek procesów związanych z transportem, środowisko obciążane jest produktami spalania paliw transportowych, ale także skutkami budowy i utrzymania połączeń komunikacyjnych. W kolejnym etapie, część paliw kierowanych jest bez dalszego przetworzenia do zużycia końcowego. Pozostałe paliwa są przekształcane w tzw. wtórne źródła energii. Przykładem tych procesów jest rafinacja ropy naftowej, produkcja elektryczności i wytwarzanie koksu. Z punktu widzenia środowiskowego procesy przekształceń energetycznych można uznać za niekorzystne, ponieważ są przyczyną dużych strat energetycznych. Jednocześnie procesy te są źródłem powstawania zanieczyszczeń do

atmosfery wskutek zużycia paliw zarówno na wsad przemian² jak i zużycia bezpośredniego³.



Rysunek 7. Etapy cyklu życia paliw na przykładzie benzyn samochodowych

Źródło: [<http://www.climate.org/publications/Climate%20Alerts/sept2012/oil-gas-arctic.html>]

Dalszym etapem cyklu życia przekształconych nośników energii jest ich przesył (dotyczy elektryczności) lub dystrybucja (dotyczy paliw). Przesył elektryczności do odbiorców końcowych zawsze wiąże się z powstawaniem dodatkowych strat energii, co należy oceniać negatywnie z punktu widzenia efektywności ekonomicznej i

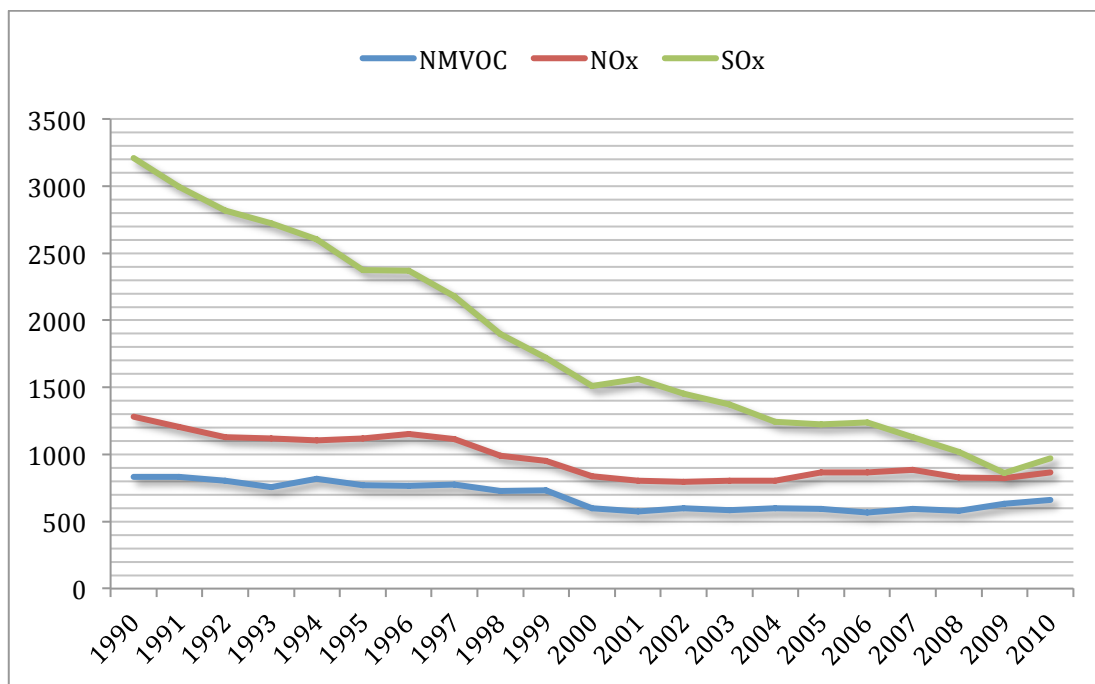
² Zużycie nośników energii wykorzystanych jako surowiec wsadowy w celu przetworzenia na inne nośniki energii w procesach technologicznych uznanych za przemiany energetyczne.

³ Zużycie nośników energii (zarówno dostarczonych z zewnątrz jak i z własnej produkcji) na potrzeby energetyczne przemiany związane z obsługą danego procesu technologicznego.

środowiskowej. Ponadto oddziaływanie na środowisku tego etapu należy rozpatrywać pod kątem konieczności budowy i utrzymania sieci energetycznych, co jest przyczyną presji na zasoby naturalne i ekosystemy. Powoduje to także konieczność dokonywania przekształceń w krajobrazie obniżając jego atrakcyjność dla człowieka. Oddziaływanie na środowisko cyklu życia paliw przetworzonych w źródła energii wtórnej (np. produktów ropopochodnych i koksu) w fazie dystrybucji odbywa się poprzez emisje spalin ze środków transportu, a także poprzez utrzymywanie (budowę) zużywającej się infrastruktury transportowej. W przypadku dystrybucji paliw ważnym źródłem oddziaływania jest ich magazynowanie, podczas którego może dochodzić do wycieków lub ulatniania się paliw.

Konsumpcja paliw, polegająca na ich spalaniu, jest najbardziej ewidentnym etapem oddziaływania paliw na środowisko w całym cyklu życia tych produktów. W wyniku spalania paliw kopalnych powstaje pierwsza generacja zanieczyszczeń atmosfery, zwana zanieczyszczeniami pierwotnymi [Ciechanowicz 1995]. Są to tlenki siarki (SO_x), tlenki azotu (NO_x), tlenek węgla (CO), pyły, węglowodory (C_nH_m) i ditlenek węgla. Procesami fizycznymi generującymi CO i CO_2 są odpowiednio niecałkowite i całkowite spalanie węgla pierwiastkowego zawartego w paliwach kopalnych. Źródłem SO_2 jest spalanie paliw zawierających siarkę. Ponadto, duże ilości SO_2 wytwarzają silniki diesla. Tlenki azotu są formowane wówczas, gdy azot i tlen znajdują się razem w wysokich temperaturach. Katalizatory w samochodach neutralizują niektóre zanieczyszczenia wytwarzane w wyniku spalania benzyn i oleju napędowego, jednakże powodują wzrost emisji podtlenku azotu (N_2O). Wszystkie wyżej wymienione zanieczyszczenia w mniejszym lub większym stopniu wpływają bezpośrednio na zdrowie ludzkie i stan środowiska [Ciechanowicz 1995].

W Polsce zanieczyszczenie tymi substancjami od lat 90. spada (Rysunek 8.). W szczególności poprawiły się wskaźniki emisji tlenków siarki. Emisja siarki w latach 1990-2010 spadła o ok. 70%. Natomiast emisje NO_x o ponad 30%. Emisje niemetalowych związków organicznych spadły w tym samym czasie o ok. 20%.



Rysunek 8. Emisja NMVOC, NO_x, SO_x w Polsce w latach 1990-2010

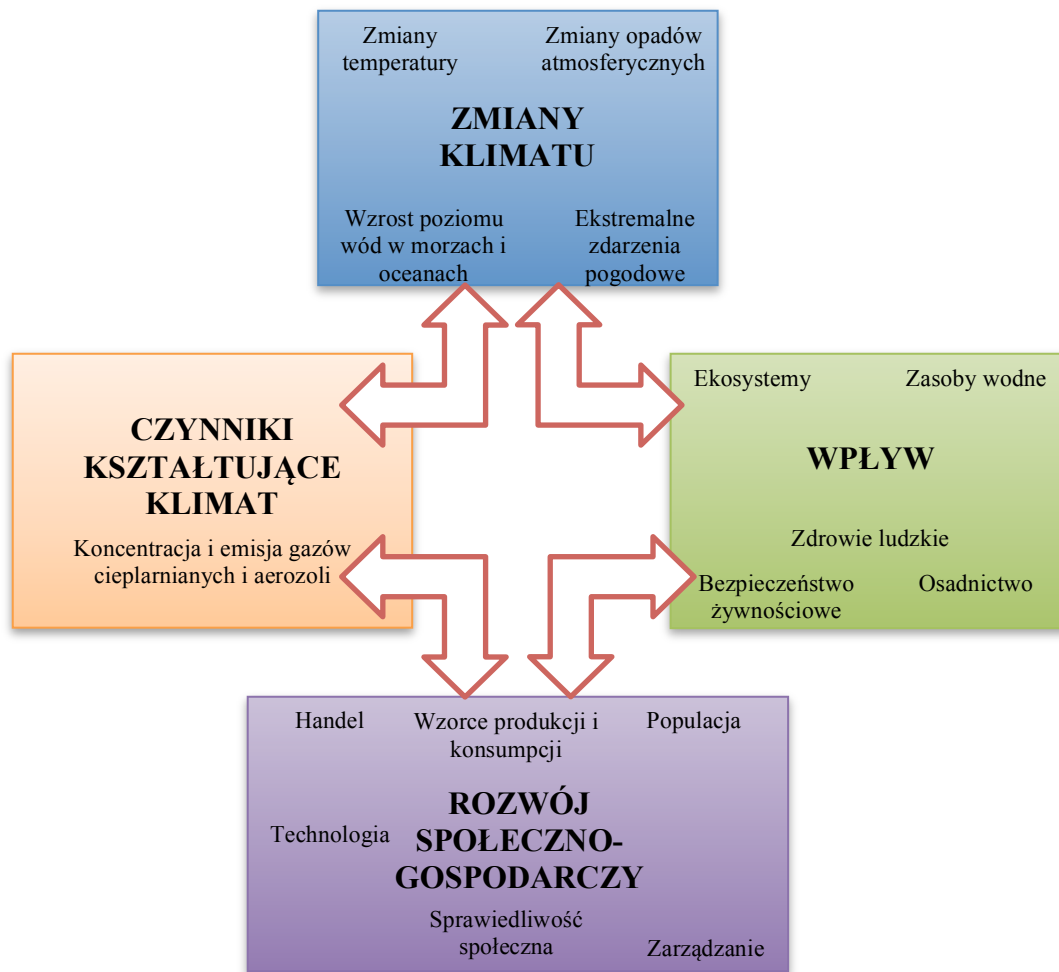
Źródło: [EEA 2013]

Zmiany te były przede wszystkim wynikiem szeregu celowych działań podejmowanych na rzecz ograniczania emisji. W przypadku niektórych zanieczyszczeń, dodatkowym czynnikiem mającym wpływ na zmniejszenie emisji była transformacja gospodarcza oraz związane z nią zmiany strukturalne w przemyśle w latach 90. [Brodowska i in. 2003]. Inne źródła dodają, że spadkowa tendencja emisji obserwowana od początku lat 90. była w dużej mierze związana z restrukturyzacją lub modernizacją sektora energetycznego i przemysłu oraz poprawą jakości węgla [Albiniak i in. 2010].

Zmiany klimatu są kolejnym bardzo ważnym zjawiskiem, w dużej mierze powodowanym przez procesy związane z gospodarowaniem energią. Punkt wyjścia do rozważań dotyczących wpływu tzw. gazów cieplarnianych na klimat może stanowić dorobek Międzynarodowego Panelu ds. Zmian Klimatu (IPCC). Powstał on jako naukowe ciało doradcze ONZ i stanowi zaplecze aktualnej wiedzy dla globalnych inicjatyw politycznych z tego zakresu. IPCC w swoim piątym raporcie ogłosił, że: „wpływ człowieka na system klimatyczny jest jasny. Wynika on z rosnącego stężenia gazów cieplarnianych w atmosferze, dodatniego wymuszania radiacyjnego, obserwowanego ocieplenia i wiedzy dotyczącej systemu klimatycznego” [IPCC 2013, s. 13]. Niemniej w środowisku naukowym wciąż

pojawiają się głosy wątpiące w rolę czynnika ludzkiego w kształtowaniu klimatu, jednakże zdania te są marginalne [Doran i Zimmerman 2009].

Wzajemne oddziaływanie człowieka i zmian klimatycznych przedstawiono na Rysunku 9. Wpływ człowieka na klimat w największym stopniu odbywa się poprzez emisję gazów cieplarnianych. Od połowy XVIII w. ich koncentracja w atmosferze wzrosła znacząco na skutek działalności człowieka. Spowodowało to obserwowany od przeszło sześciu dekad wzrost światowych temperatur na wszystkich kontynentach, nie uwzględniając Antarktydy [IPCC 2007c]. Postępujące zmiany klimatu stanowią poważne zagrożenie dla obecnego stanu środowiska. Przewiduje się, że jeśli trendy dotyczące przyrostu emisji gazów cieplarnianych zostaną utrzymane na stałym lub wyższym poziomie, to w ciągu XXI wieku odporność wielu ekosystemów zostanie przekroczona z powodu zmian klimatu i towarzyszącym im zjawiskom takim jak powódzie, susze, pożary lasów, rozrost populacji insektów, zakwaszenie oceanów [IPCC 2007b]. Przewiduje się, że ok 20-30% zagrożonych gatunków wyginie jeżeli globalny wzrost średnich temperatur wzrośnie od 1,5 do 2,5°C. [IPCC 2007a]



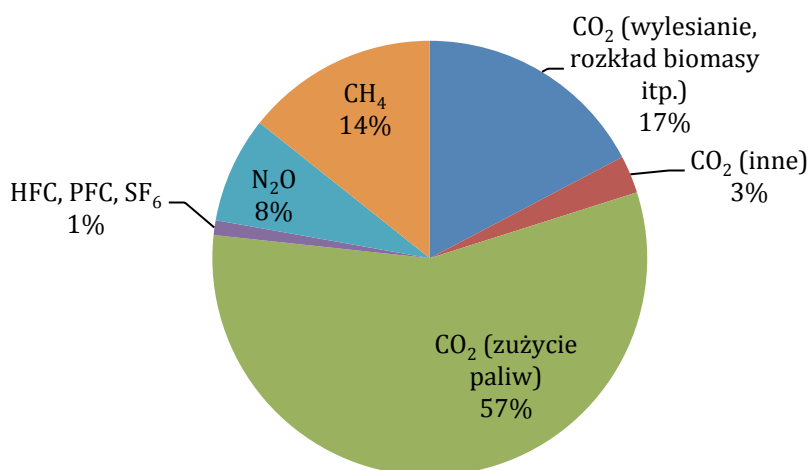
Rysunek 9. Schemat wzajemnego oddziaływania człowieka i środowiska

Źródło: Opracowanie własne na podstawie na podstawie [IPCC 2007b]

Zmiany klimatu mogą wywierać także wpływ na jedną z podstawowych funkcji środowiska człowieka, którą jest zdolność do jego wyżywienia. Analizy wskazują, że wzrost temperatur będzie miał zróżnicowany wpływ na wielkość plonów w rolnictwie, powodując wzrost w niektórych regionach, a w innych spadek. Negatywny wpływ ma bardziej dotyczyć ubogie regiony świata, przyczyniając się do pogłębienia nierówności społecznych [IPCC 2007a]. Zmiany klimatu pogłębią także kryzysy związane z brakiem dostępu do zasobów słodkiej wody, choć w niektórych regionach może poprawić się jej dostępność na skutek topnienia lodowców i zmniejszenia ilości śniegu w rejonach górskich. Ponadto zmiany klimatu mają bezpośredni wpływ na zdrowie ludzkie. Ekstremalnie wysokie temperatury występujące na terenach zurbanizowanych mogą prowadzić nawet do śmierci, w szczególności u ludzi starszych. Ponadto wysokie temperatury latem sprzyjają powstawaniu ozonu przy powierzchni ziemi, który ma jednoznacznie negatywny wpływ na zdrowie ludzkie.

Ten typ ozonu może powodować chwilowe zaburzenia funkcji oddechowych, a także choroby dróg oddechowych (nosa, gardła i płuc) [IPCC 2007a].

IPCC wyróżnia ponad 60 różnych gazów cieplarnianych, jednak wiele z nich jest stosunkowo nieistotna dla klimatu, choćby z uwagi na małą skalę ich uwalniania do atmosfery [IPCC 2007c]. Udział poszczególnych gazów w ich globalnej antropogenicznej emisji pokazuje Rysunek 10.



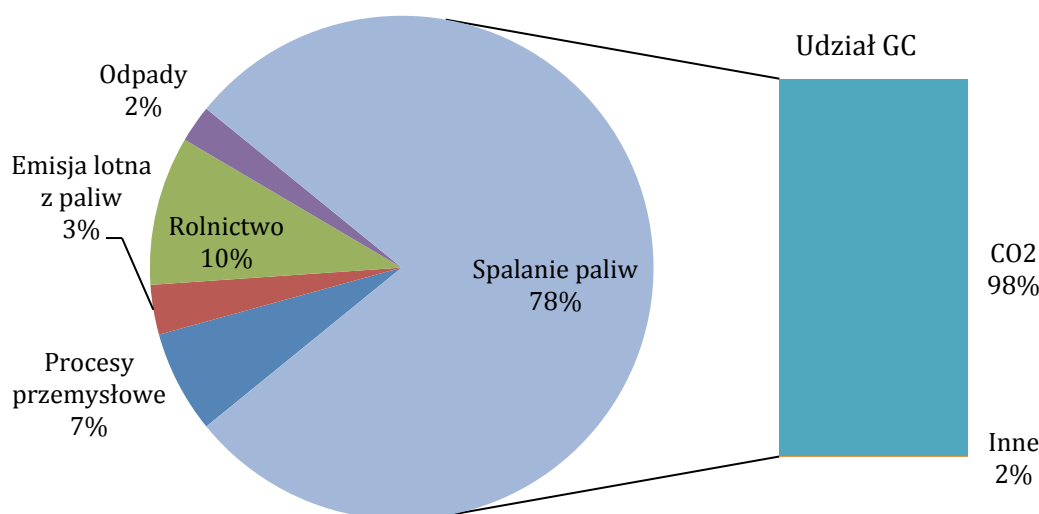
Rysunek 10. Udział poszczególnych antropogenicznych gazów cieplarnianych w globalnej emisji w roku 2004 w ekwiwalencie CO₂

Źródło: [IPCC 2007b]

Największe znaczenie ma CO₂, który łącznie stanowił ponad 75% globalnych antropogenicznych emisji gazów cieplarnianych w roku 2004. Emisje CO₂ pochodzące ze spalania paliw odpowiadały za 57% wszystkich emisji. Drugim co do istotności gazem cieplarnianym jest CH₄, którego głównym źródłem jest rolnictwo. Emisje N₂O głównie pochodzą z rolnictwa, choć niewielkie ilości mogą być również uwalniane podczas spalania paliw.

Globalne zużycie energii w 2005 roku odpowiadało za 82% antropogenicznych emisji gazów cieplarnianych. Emisje te są rezultatem produkcji, transformacji energetycznych i konsumpcji wszystkich typów surowców energetycznych. Mniejsze znaczenie mają emisje związane z rolnictwem, pochodzące z procesów związanych z hodowlą zwierząt i uprawą ryżu, a także emisje uwalniane podczas nieenergetycznych

procesów przemysłowych [IEA 2008]. W Polsce obraz ten kształtuje się bardzo podobnie.



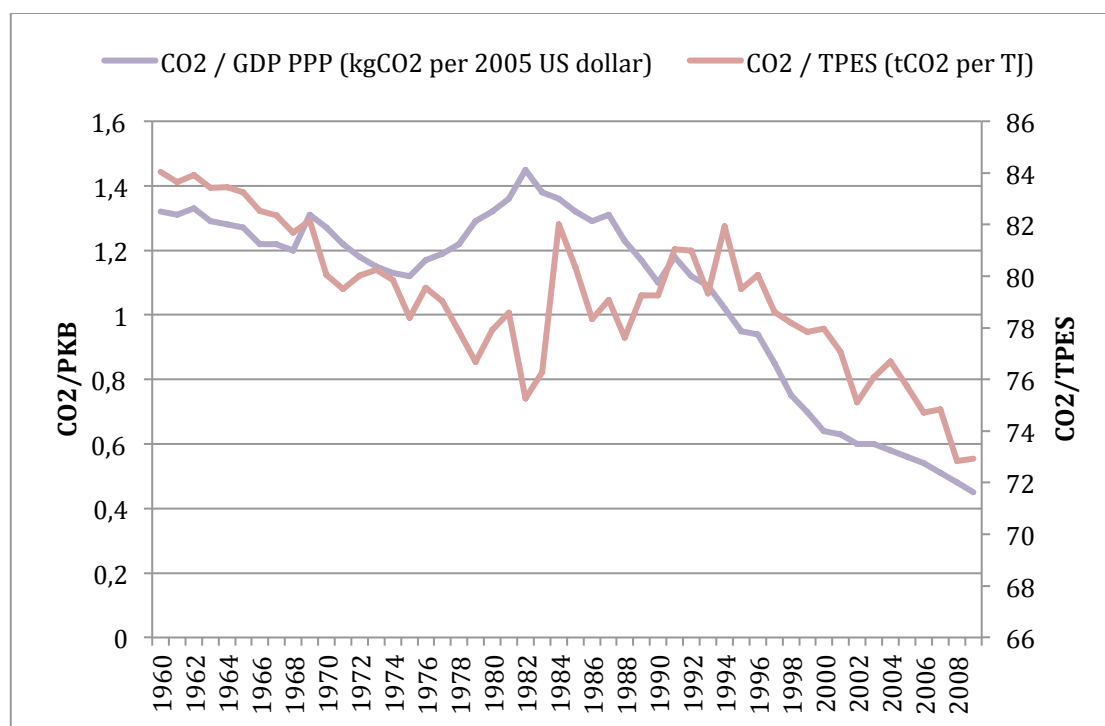
Rysunek 11. Udział poszczególnych kategorii źródeł w całkowitych emisjach oraz udział poszczególnych gazów w emisjach sektora energii w ekwiwalencie CO₂ w Polsce w roku 2009

Źródło: [UNFCCC 2011]

W 2009 roku zużycie energii odpowiadało w Polsce za 82% wszystkich emisji gazów cieplarnianych, z czego zdecydowana większość pochodziła ze spalania paliw (Rysunek 11.). 98% gazów cieplarnianych uwalnianych w trakcie spalania paliw to CO₂, który stanowi 77% całkowitych emisji gazów cieplarnianych w Polsce. Wymienione liczby jednoznacznie wskazują na dominującą rolę CO₂ w procesie powstawania gazów cieplarnianych na terytorium Polski.

Gospodarkę pod względem uwalnianych w niej emisji CO₂ można scharakteryzować wykorzystując wiele wskaźników. Jednymi z najczęściej wykorzystywanych są wskaźniki odnoszące wielkość emisji do wielkości ekonomicznych. Wśród nich najpospolitsze dotyczą wielkości emisji CO₂ przypadającej na jednostkę produkcji lub na jednostkę energii. Rysunek 12. pokazuje kształtowanie się tych dwóch wskaźników w Polsce od roku 1960. Pierwszy wskaźnik wyrażony został w kg CO₂ przypadających na jednego dolara

amerykańskiego według siły nabywczej z 2005 roku. Wskaźnik ten jest jednym ze wskaźników obrazujących efektywność ekologiczną gospodarki. Zależy od efektywności energetycznej procesów produkcyjnych, ale także od struktury gałęziowej gospodarki. Wskaźnik ten cechuje trend malejący począwszy od 1960 roku. Największe ilości CO₂ w przeliczeniu na jednostkę produkcji przypadają na przełom lat 70. i 80. ubiegłego stulecia, co należy łączyć z recesją gospodarczą końca lat 70. i wprowadzeniem stanu wojennego w Polsce, który tę sytuację pogłębił. W rezultacie produkcja w Polsce spadła a zużycie paliw, głównie na potrzeby wojska, wzrosło. Najszybciej wskaźnik ten spadał w latach 90. XX w. Łączyć to należy z wdrażaniem mechanizmów wolnorynkowych w polskiej gospodarce okresu transformacji, które zracjonalizowały zużycie energii. W kolejnym dziesięcioleciu wielkość emisji nadal spadała, ale wolniej. Tempo spadło prawdopodobnie na skutek wyczerpania tzw. rezerw prostych energii w związku z niegospodarnością zasobami energii w okresie gospodarki centralnie planowanej. W roku 2009 wskaźnik ten osiągnął minimalną wartość.

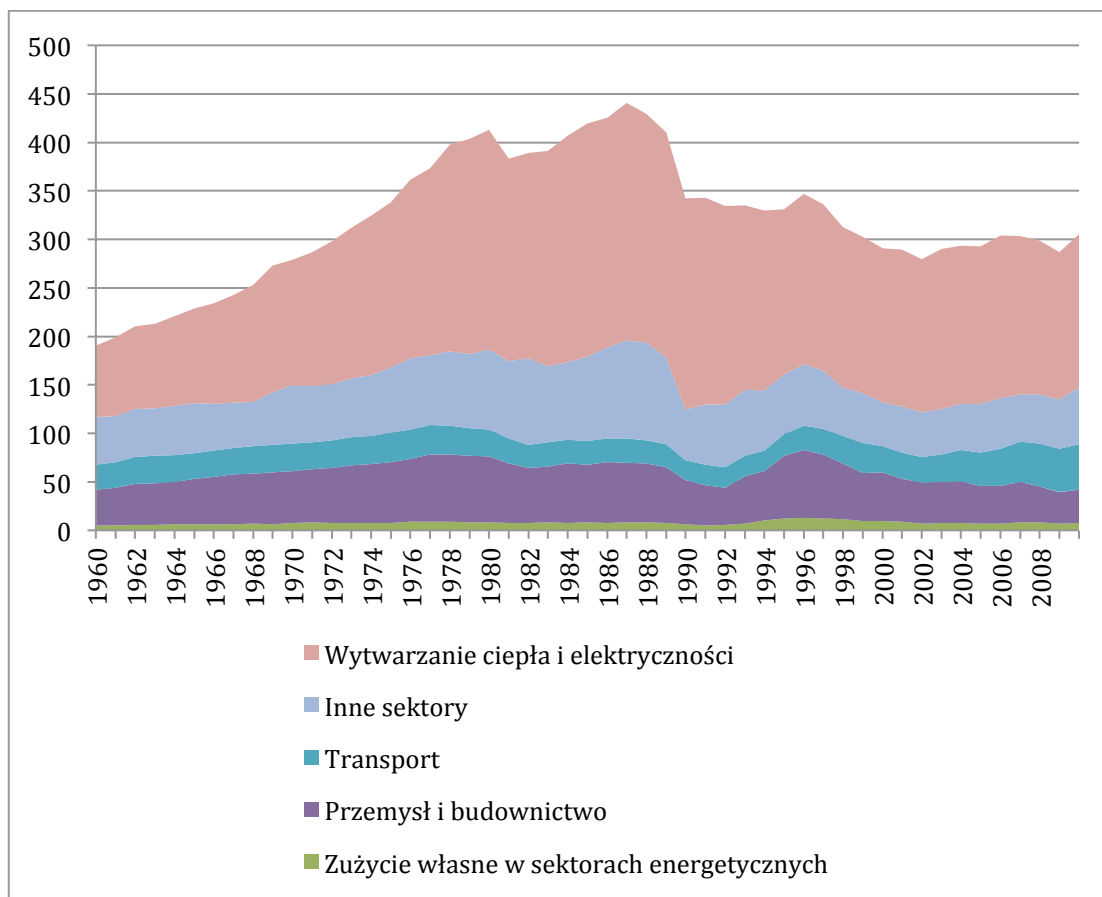


Rysunek 12. Wskaźniki emisyjności PKB i emisyjności energii w gospodarce polskiej w latach 1960-2009

Źródło: [IEA 2013c]

Z kolei wskaźnik emisyjności CO₂ energii wyraża stopień w jakim zużycie energii pociąga za sobą emisję CO₂. Wskaźnik ten zależy przede wszystkim od roli poszczególnych źródeł energetycznych w całkowitej podaży energii. Im większy w niej udział odnawialnych źródeł energii, energii jądrowej i niskoemisyjnych paliw jak gaz i ropa naftowa, tym niższe wartości wskaźnika. Przedstawiony szereg czasowy dla omawianego wskaźnika (Rysunek 12.) jest dużo bardziej zróżnicowany, niż w przypadku emisyjności CO₂ PKB. Przynajmniej jest to związane z uwarunkowaniami pogodowymi, które determinują zużycie paliw typowo opałowych jak np. węgiel. W rezultacie przy niskich temperaturach rośnie stosunkowy udział energii pozyskiwanej z węgla w całkowitej podaży energii, co przyczynia się do większej średniej emisyjności energii w Polsce. Niezależnie od krótkookresowych wahań, podobnie jak w poprzednim przypadku, emisyjność energii cechuje się trendem spadkowym w obserwowanym okresie. Przyczyn tego stanu rzeczy należy doszukiwać się w rosnącej efektywności instalacji spalania w Polsce, oraz w zmieniającym się *energy-mix* Polski, w którym coraz mniejszą rolę odgrywa węgiel (patrz Rysunek 5.).

Na kolejnym rysunku (Rysunek 13.) przedstawiono emisję CO₂ w podziale na kategorie źródłowe. Na przestrzeni lat można zauważyć rosnącą rolę wytwarzania elektryczności i ciepła. Jest to związane z rozwojem tego sektora w Polsce wraz z upowszechnianiem dostępu do elektryczności i sieci ciepłowniczych. Emisje z innych sektorów obejmujące działalność instytucji publicznych i komercyjnych nie ujętych gdzie indziej oraz gospodarstwa domowe i rolnictwo, były największe w drugiej połowie lat 80. Następnie, pod koniec tej samej dekady nastąpił ich gwałtowny spadek spowodowany katastrofalnym stanem polskiej gospodarki.



Rysunek 13. Emisje CO₂ ze spalania paliw w Polsce w latach 1960-2009 w podziale na kategorie źródłowe IPCC (w Mt)

Źródło: [IEA 2011b]

Sektor transportu z kolei przez całe dziesięciolecie odgrywał podobną rolę w generowaniu emisji w Polsce. Przełom nastąpił na początku lat 90. wraz upowszechnieniem środków transportu drogowego w Polsce, które to są z pewnością przyczyną wzrostu emisji z tego źródła. Natomiast sektory przemysłowe systematycznie odgrywały coraz większą rolę dla emisji CO₂ w Polsce od lat 60. do końca lat 70. Wtedy właśnie przypada największa emisja z tego źródła napędzana inwestycjami tzw. okresu gierkowskiego. Bardzo niska emisja miała miejsce w końcu lat 80. z przyczyn już wcześniej omówionych. Następnie wystąpił wyraźny wzrost spowodowany wzrostem gospodarczym początku lat 90. W roku 1996 wielkość emisji w przemyśle była wyraźnie największa w okresie transformacji. Później widoczny jest jej stopniowy spadek, spowodowany najprawdopodobniej wdrażaniem nowych technologii, bardziej efektywną gospodarką surowcową i zmniejszaniem się roli gałęzi energochłonnych. Jeśli chodzi o emisje związane z użyciem własnym

energii w sektorach energetycznych pozostaje ono wciąż na podobnym poziomie, a ich wielkość jest praktycznie nieistotna.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że emisje CO₂ ze spalania paliw w Polsce stanowią istotny problem w porównaniu z innymi środowiskowymi aspektami gospodarki paliwowej w naszym kraju. Emisje CO₂ z tego źródła mają zdecydowanie największe znaczenie wśród wszystkich gazów cieplarnianych uwalnianych na terytorium Polski. W związku z tym, stanowią one niebagatelne wyzwanie dla polityki ograniczania emisji prowadzonej w Polsce. Na podstawie wstępnej analizy, można wnioskować, że ilościowy spadek, który dokonał się w emisji CO₂ ze spalania paliw w Polsce od roku 1995 był spowodowany rosnącą wydajnością w gospodarowaniu surowcami energetycznymi. Jednakże zmiany w emisjach obserwowane w poszczególnych kategoriach źródłowych świadczą o możliwej roli także innych czynników związanych ze zmianą struktury sektorowej gospodarki w tym okresie.

Rozdział II

Strukturalna analiza dekompozycyjna jako metoda badania wpływu zmian strukturalnych na jakość środowiska

W poprzednim rozdziale wyjaśnione zostały podstawowe terminy dotyczące problematyki zmian strukturalnych i jakości środowiska, a także przedstawiono teoretyczne aspekty oddziaływania zmian strukturalnych na jakość środowiska. Ta część skupia się natomiast na uwarunkowaniach metodycznych analiz tego oddziaływania. Przedstawiono w niej ogólną zasadę strukturalnej analizy dekompozycyjnej, która została wykorzystana do oszacowania presji na jakość środowiska wywołaną przez zmiany strukturalne w gospodarce i towarzyszące temu zmiany w wielkości emisji CO₂. Ponadto pokazane zostały także inne metody mogące mieć zastosowanie do badań o podobnym zakresie. Następnie, wyjaśniona została teoria przepływów międzygałęziowych W. Leontief'a, stanowiąca punkt wyjścia do budowy wielosektorowych modeli input-output. Przedstawiono także koncepcję rozdzielania zmian strukturalnych od wzrostu gospodarczego M. Syrquin'a, którą posłużono się w badaniu. Rozdział kończy się wyprowadzeniem oraz analizą modelu input-output, który został wykorzystany w celu uzyskania wyników empirycznych.

II.1. Strukturalna analiza dekompozycyjna na tle innych metod

Emisje ze spalania paliw są istotnym czynnikiem określającym jakość środowiska. W procesach spalania paliw emitowanych jest wiele szkodliwych dla człowieka i jego środowiska substancji, a wśród nich gazy powodujące kwaśne deszcze, ubożenie warstwy ozonowej atmosfery, gazy cieplarniane i wiele innych niebezpiecznych dla człowieka i środowiska substancji. W tej części podjęto próbę analizy metod wykorzystywanych do szacowania emisji ze spalania paliw w warunkach zmieniającej się struktury. Dokonano także próby klasyfikacji tych metod.

Analiza dekompozycyjna obejmuje szereg metod statyki porównawczej, a ich wspólną cechą jest fakt, że pomagają zrozumieć działanie determinantów kształtujących określone zmienne [Hoekstra i van den Bergh 2002]. Analiza dekompozycyjna polega na analizie szeregów czasowych w celu wyodrębnienia czynników, które wpływają na zmiany badanych zjawisk w czasie. W literaturze dominują dwie główne grupy metod dekompozycyjnych mających zastosowanie w analizie emisji gazów cieplarnianych ze źródeł energetycznych: strukturalna analiza dekompozycyjna (SDA) oraz indeksowa analiza dekompozycyjna (IDA) [Lenzen 2006]. Różnią się one przede wszystkim tym, że SDA opiera się na podejściu input-output, podczas gdy IDA wykorzystuje bardziej zagregowane sektorowe lub krajowe dane. W rezultacie SDA zdolna jest do bardziej szczegółowego uchwycenia ekonomicznych i technologicznych efektów. Tym samym przy pomocy SDA możliwe jest włączenie do analizy efektów pośrednich i indukowanych [Rose i Casler 1996]. Z drugiej strony IDA pozwala na bardziej pogłębioną analizę zjawisk w czasie i lepiej nadaje się do regionalnych analiz porównawczych [Hoekstra i van den Bergh 2003].

II.1.1. Strukturalna analiza dekompozycyjna (SDA)

Strukturalna analiza dekompozycyjna jest współcześnie powszechnie wykorzystywanym narzędziem w studiach nad zmianami strukturalnymi [Dietzenbacher i Los 2000]. Zgodnie z definicją metoda ta polega na „...analizie zmian gospodarczych poprzez zbiór komparatywnych zmian statycznych w kluczowych parametrach tabeli input-output” [Rose i Chen 1991, s. 3]. Jak twierdzą A. Rose i S. Casler strukturalna analiza dekompozycyjna stała się popularnie wykorzystywaną metodą z kilku powodów [1996]. Po pierwsze, jest kompatybilna z wieloma statycznymi cechami modeli input-output. Po drugie, umożliwia analizę współczynników nakładów oraz dystrybucji sektorowej. Dlatego jest nie tylko używana w analizach historycznych, ale również ma swoje zastosowanie w prognozowaniu zjawisk [Rose i Chen 1991]. Inną jej zaletą jest to, że stanowi alternatywę dla estymacji ekonometrycznych. Analiza podobnych zjawisk przy użyciu narzędzi ekonometrycznych wymaga zaangażowania szeregów czasowych obejmujących 15 lat i więcej. Ponadto, oprócz danych o produkcji i jej czynnikach, niezbędne są dodatkowe dane o poniesionych nakładach pośrednich. Dowiedziono

także, że równania estymujące SDA są znacznie bardziej restrykcyjne, niż najbardziej zaawansowane oszacowane ekonometrycznie funkcje produkcji [Rose i Casler 1996].

Punktem wyjścia do SDA jest postać ogólna model input-output, związanego z teorią przepływów międzygałęziowych W. Leontief'a:

$$\mathbf{x} = \mathbf{Ax} + \mathbf{y}, \quad (2.1)$$

gdzie:

\mathbf{x} – wektor produkcji globalnej;

\mathbf{A} – to macierz współczynników technicznych;

\mathbf{y} – wektor zużycia końcowego.

Rozwiązując powyższe równanie względem \mathbf{x} otrzymuje się:

$$\begin{aligned} \mathbf{x} - \mathbf{Ax} &= \mathbf{y} \\ (\mathbf{I} - \mathbf{A})\mathbf{x} &= \mathbf{y} \\ \mathbf{x} &= (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{y} = \mathbf{Ly} \end{aligned} \quad (2.2)$$

gdzie:

$\mathbf{L} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ – macierz odwrotna Leontief'a.

Analizując zmiany wektora produkcji globalnej można wykorzystać następującą dekompozycję:

$$\Delta\mathbf{x} = (\Delta\mathbf{L})\mathbf{y}_1 + \mathbf{L}_0(\Delta\mathbf{y}) \quad (2.3)$$

Pierwszy człon po prawej stronie równania przedstawia jakie zmiany zaszłyby w produkcji globalnej, gdyby współczynniki produkcji uległyby zmianie (tym samym wywołując zmianę w macierzy odwrotnej Leontief'a – $\Delta\mathbf{L}$), a zużycie końcowe pozostałoby takie same. Podobnie, drugi człon po prawej stronie równania mierzy udział zmiany zużycia końcowego wyrażając zmiany w produkcji globalnej przy założeniu niezmienności technologii, wyrażonej jako macierz współczynników \mathbf{A} .

Powyższe zależności znajdują zastosowanie w analizie przepływów wielkości fizycznych np. emisji gazów cieplarnianych, co szczegółowo wyjaśniają R. Hoekstra i J. van den Bergh [2002]. W tym celu należy zintegrować dane fizyczne z danymi ekonomicznymi. W przypadku badań emisji CO₂ można tego dokonać wykorzystując wskaźniki emisyjności CO₂ dla poszczególnych sektorów gospodarki. Wskaźnik emisyjności CO₂ – oznacza wielkość emisji CO₂ wyrażoną w jednostce masy, która przypada na jedną jednostkę produkcji danego sektora w ujęciu wartościowym. Dysponując macierzą Leontief'a L dla danej gospodarki oraz wektorem zużycia końcowego w poszczególnych sektorach y , a także wektorem poziomym wskaźników emisyjności w' dla tych samych sektorów, można zapisać:

$$m = w'Ly. \quad (2.4)$$

Wartość m stanowiąca rozwiązanie powyższego równania jest całkowitą wielkością CO₂ w danej gospodarce, wyemitowaną w celu zaspokojenia popytu końcowego y .

Stosując dekompozycję addytywną powyższe równanie można przedstawić następująco:

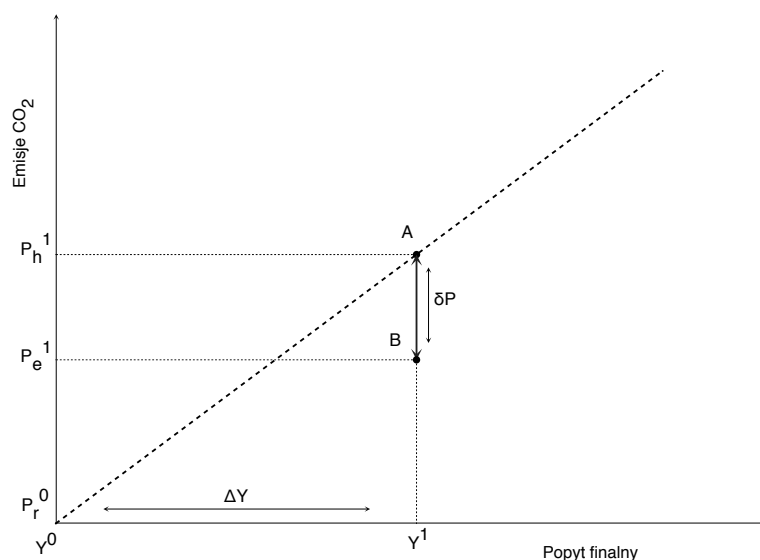
$$\Delta m = \Delta w'Ly + w'\Delta Ly + w'L\Delta y. \quad (2.5)$$

Drugi i trzeci efekt z równania (2.5) to, analogicznie jak w równaniu (2.3), wpływ zmian mnożnika produkcji i zużycia końcowego na zmianę emisji. Natomiast pierwsze wyrażenie to efekt zmiany emisyjności CO₂ tj. zmiany wielkości emisji przypadającej na jednostkę produkcji w ujęciu wartościowym np. tona CO₂/mln \$. Efekt ten jest spowodowany zmianą technologii ściśle powiązanej ze spalaniem paliw, w odróżnieniu od efektu zmian technologii produkcji, wyrażanego przez $i\Delta L$, gdzie znaczenie ma wzajemne uzależnienie od siebie sektorów produkcyjnych.

Strukturalna analiza dekompozycyjna doczekała się licznych zastosowań w badaniach relacji pomiędzy środowiskiem, energią a gospodarką. Szczególnie wiele analiz wykonanych tą metodą dotyczy międzysektorowych przepływów energetycznych [Ang i Lee 1996; Chen i Wu 2008; OTA 1990; Rhee i Chung 2006]. Sporo publikacji koncentruje się na analizie emisji gazów ze spalania paliw. Jedną z pierwszych tego typu publikacji wykorzystujących tę metodę do analizy zmian emisji

zanieczyszczeń powietrza wykonana została dla Danii. Zbadano zmiany kształtowania się emisji CO₂, NO_x i SO₂ pod wpływem zmian energochłonności, struktury paliw, wskaźników emisyjności produkcji, struktury nakładów oraz kompozycji popytu finalnego [Wier 1998]. M. Llop przeanalizowała problem emisji 11 gazów zanieczyszczających powietrze w Hiszpanii. Skupiła się na analizie mnożnikowej, wyodrębniając efekt związany z emisyjnością technologiczną i kompozycją sektorową [Llop 2007]. Inny przykład stanowi praca H. Lim, S. Yoo i S. Kwak, którzy dokonali estymacji zmian emisji CO₂ pochodzenia energetycznego w Korei Płd. względem zmian w energochłonności, emisyjności technologicznej CO₂, wzrostu gospodarczego, krajowego popytu końcowego, eksportu, importu końcowego i pośredniego oraz zmian w technologii produkcji [Lim, Yoo i Kwak 2009]. W każdym z tych przykładów SDA okazała się skutecznym narzędziem analiz.

W Polsce metodę SDA wykorzystał M. Plich [2002] do badania wpływu zmian strukturalnych na emisję CO₂, CO, CH₄, N₂O, NMVOC, NO_x, SO₂ w latach 1993-1999. Zmiany strukturalne w gospodarce przedstawił jako zmiany współczynników technicznych i kompozycji produktowej popytu końcowego. Osobno wyróżniony został wpływ zmian współczynników emisji, które wynikają z technologii spalania paliw. M. Plich przeanalizował odchylenia wartości empirycznych emisji zanieczyszczeń od wartości hipotetycznych uzyskanych przy stałej strukturze i stałych współczynnikach technicznych. Sposób tego ujęcia przedstawiony został na Rysunku 14.



Rysunek 14. Metoda mierzenia wpływu zmian struktury gospodarczej na emisje zanieczyszczeń powietrza wykorzystana przez M. Plicha

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [Plich 2002].

Empiryczna emisja przy danej zagregowanej wielkości popytu finalnego w czasie t_1 oznaczona jako Y_1 wynosi B. Jednakże w przypadku braku zmian strukturalnych (w tym stałości współczynników emisji) pomiędzy okresami t_1 i t_0 wyniesie ona tyle co w punkcie A. Tym samym odcinek $|AB|$ jest odchyleniem wartości empirycznej od hipotetycznej i wskazuje na wpływ zmian współczynników emisji i struktury na zmiany emisji.

II.1.2. Indeksowa analiza dekompozycyjna

W literaturze można znaleźć wiele propozycji dekompozycji indeksowej wykorzystywanych w badaniach nad energią i środowiskiem [Ang, Huang i Mu 2009; Ang i Zhang 2000; Choi i Ang ; Fernandez i Fernandez 2008; Greening i in. 1997; Hoekstra i van den Bergh 2003; Lenzen 2006; Park 1992; Sun 1998; Zhang i Ang 2001]. W 2000 roku doliczono się w sumie 124 analiz prowadzonych metodą dekompozycji indeksowej w badaniach z tego zakresu [Ang i Zhang 2000]. Wśród najczęściej stosowanych podejść dominują dwa: tzw. metoda Laspeyres'a oraz metoda arytmetyczna Divisia. Każde z tych podejść można zastosować zarówno w formie addytywnej jak i multiplikatywnej, o czym piszą między innymi B. Ang i F.

Zhang [2000]. W celu objaśnienia generalnych zasad przyjętych w tych metodach wystarczy posłużyć się jedną z form, w tym przypadku będzie to wersja addytywna.

Jednym z możliwych zastosowań metody w badaniach związków zachodzących pomiędzy strukturą gospodarczą a zmiennymi energetyczno-środowiskowymi jest analiza zmian całkowitych emisji CO₂ w regionie r pod wpływem z góry ustalonych czynników. W tym celu najczęściej korzysta się z formuły Y. Kaya, który za pomocą prostej formuły matematycznej wyraził logiczny związek pomiędzy ustalonymi czynnikami determinującymi emisję CO₂ ze spalania paliw w regionie r [IPCC 1996; Xiangzhao i Ji 2008]. Zdefiniowano główne zmienne dla regionu r :

E – całkowita konsumpcja energii ze wszystkich rodzajów paliw,

E_i – konsumpcja energii z paliwa rodzaju i ,

C – całkowite emisje CO₂ ze wszystkich rodzajów paliw,

C_i – emisje CO₂ z paliwa rodzaju i ,

Y – PKB,

P – populacja.

Emisje CO₂ w regionie r można zapisać jako:

$$C = \sum_i C_i = \sum_i (E_i/E)(C_i/E_i) (E/Y)(Y/P)P = \sum_i S_i F_i I G P \quad (2.6)$$

gdzie:

$S_i = E_i/E$ – udział paliwa i w całkowitym zużyciu paliw,

$F_i = C_i/E_i$ – współczynnik emisji dla paliwa i ,

$I = E/Y$ – zagregowana energochłonność,

$G = Y/P$ – PKB *per capita*.

Oznaczając subskryptami 0 i 1 zmienne dla dwóch porównywanych ze sobą okresów, różnicę w poziomie emisji pomiędzy okresem t_0 i t_1 można określić jako ΔC :

$$\Delta C = C_1 - C_0 = \sum_i S_{i1} F_{i1} I_{i1} G_1 P_1 - \sum_i S_{i0} F_{i0} I_{i0} G_0 P_0 \quad (2.7)$$

$$= \Delta C_{sp} + \Delta C_{we} + \Delta C_{ech} + \Delta C_d + \Delta C_p + \Delta C_{rst}$$

gdzie:

ΔC_{sp} - efekt struktury paliw,

ΔC_{we} - efekt wskaźnika emisji,

ΔC_{ech} - efekt zmian energochłonności,

ΔC_d - efektu dochodowy,

ΔC_d - efekt zmian populacji.

ΔC_{rst} - reszta, która nie zostaje w przypadku gdy dekompozycja jest doskonała.

Na podstawie równania (2.7) efekt poszczególnych czynników zmiany można oszacować za pomocą wielu formuł, z których najważniejsze przedstawione zostały poniżej.

Jedną z odmian indeksowej analizy dekompozycyjnej jest metoda Laspeyres'a. Jest ona szeroko wykorzystywana z powodu łatwości w dokonywaniu obliczeń oraz interpretacji wyników [Zhang i Ang 2001]. Dyskusję tego podejścia w formie addytywnej można znaleźć w S. Park [1992]. Poprzez wykorzystanie metody Laspeyres'a każdy efekt (np. ΔC_{sp}) w równaniu (2.7) może zostać wyizolowany zestawiając zmianę korespondującej zmiennej (dla ΔC_{sp} to S_i) z pozostałymi zmiennymi wyrażonymi w wartościach bazowych. Stąd efekt struktury paliw wyraża się wzorem [Zhang i Ang 2001]:

$$\Delta C_{up} = \sum_i \Delta S_i F_{i0} I_{i0} G_0 Y_0 \quad (2.8)$$

gdzie:

$$\Delta S_i = S_{i1} - S_{i0}.$$

Pozostałe efekty można uzyskać postępując według tej samej reguły. Reszta jest niezerowa i powstaje przez odjęcie wszystkich efektów cząstkowych od efektu całkowitego.

W literaturze można znaleźć rozmaite modyfikacje tego podejścia. Na przykład

J. Sun [1998] zaproponował model całkowitej dekompozycji, którą określa się jako udoskonaloną metodę Laspeyres'a (z ang. Refined Laspeyres method - RLM). Jest to rozszerzenie tradycyjnej metody Laspeyres'a, która zachodzące interakcje dystrybuje pomiędzy poszczególnymi efektami tak, że $\Delta C_{rst} = 0$. Ponadto, niektórzy badacze stosujący dekompozycję addytywną korzystają z metody, która pozwala na wyrażenie zmian w wartościach procentowych [Farla, Cuelenaere i Blok 1998; Golove i Schipper 1996; Schipper i in. 1997].

Inną odmianą indeksowej analizy dekompozycyjnej jest metoda arytmetyczna Divisia zaproponowana przez Boyd'a et al. [1988] w oparciu o zintegrowany indeks Divisia.

$$\Delta C_{up} = \sum_i \frac{C_{i1} + C_{i0}}{2} \ln \frac{S_{i1}}{S_{i0}} \quad (2.9)$$

Dla zmierzenia pozostałych efektów w formule (2.9) zmienną S_{ij} należy zamienić na inną odpowiednią, zgodnie z wyrażeniami (2.6) i (2.7). B. Ang i K. Choi [1997] wyszczególnili dwa problemy związane z tą metodą: po dekompozycji pozostaje reszta, a ponadto wśród danych nie może występować zero (np. $S_{i1}=0$). Jednakże reszta powstała w wyniku tej dekompozycji jest zwykle mniejsza niż w przypadku metody Laspeyres'a [Zhang i Ang 2001]. Ponadto można spotkać logarytmiczną formę metody Divisia [Akbostancı, Tunç i Türüt-Aşık 2011].

W Polsce metody dekompozycji indeksowej wykorzystali W. Suwala, K. Iskrzycki i P. Kaszyński do poznania czynników redukcji SO_2 w polskich elektrowniach w latach 1995-2008 [Suwala, Iskrzycki i Kaszyński 2011]. Wybrali trzy metody, dla których równania zapisane zostały w formie addytywnej. Pierwsza z nich to udoskonalona metoda Laspeyresa (RLM), która charakteryzuje się brakiem czynnika resztkowego (dekompozycja doskonała). Druga to arytmetyczna średnia ważona Divisia (ADM), która zakłada obecność czynnika resztkowego. Trzecia to logarytmiczna średnia ważona indeksu Divisia (LMDI), która także pozwala na otrzymanie dekompozycji doskonałej [Suwala, Iskrzycki i Kaszyński 2011]. Autorzy w swojej analizie wyróżnili cztery czynniki determinujące emisję SO_2 : procesowe, paliwowe, sprawności i popytu. Wyniki wskazały, że największy wpływ na zmianę emisji końcowej SO_2 miały dwa pierwsze czynniki. Zmiana czynnika paliwowego, mogła świadczyć o poprawie jakości wykorzystywanych paliw (mniejszym

zasiarczeniu), natomiast zmiana czynnika procesowego spowodowana była wprowadzaniem technologii redukcji emisji siarki. Niewielki wpływ miały dwa pozostałe czynniki: sprawności oraz popytu, który wyraźniej zaznaczył się dopiero w okresie 2007-2008 [Suwała, Iskrzycki i Kaszyński 2011].

II.1.3. Metody ekonometryczne

Kolejną grupą metod stanowią techniki ekonometryczne. Rodzina metod ekonometrycznych jest na zbyt obszerna, aby omawiać każdą z osobna, dlatego uwaga zostanie zwrócona na te, które stosuje się obecnie najczęściej w badaniach emisji w warunkach zmian strukturalnych. W analizach ekonometrycznych podejmujących problem związku pomiędzy wzrostem gospodarczym, konsumpcją energii, a zanieczyszczeniami środowiska można wyróżnić trzy podstawowe nurty badawcze [Zhang i Cheng 2009]. Pierwszy skupia się na powiązaniach pomiędzy zanieczyszczeniami środowiska a wzrostem gospodarczym. Badania te łączą się z testowaniem środowiskowej krzywej Kuznets'a. Kolejnym nurtem są badania związków pomiędzy zużyciem energii a wskaźnikami makroekonomicznymi. Trzeci natomiast łączy dwa wcześniejsze podejścia w jedno spójne ujęcie [Halicioglu 2009]. Zakres wszystkich trzech wymienionych typów badań zawiera w sobie elementy dociekań na temat wpływu struktury na emisje zanieczyszczeń pochodzenia energetycznego.

W przypadku pozostałych analiz dominuje wykorzystanie nowoczesnych technik ekonometrycznych takich jak testy przyczynowości i kointegracji. Test przyczynowości Granger'a pozwala określić czy jedna zmienna w relacji może być sensownie określona jako zmienna zależna a druga zmienna jako niezależna i czy relacja ta jest dwukierunkowa, jeśli w ogóle taka relacja istnieje. Odbywa się to zazwyczaj poprzez badanie, czy opóźnienie wartości jednej ze zmiennych znacznie zwiększa moc wyjaśniającą modelu, który zawiera już opóźnione wartości zmiennej zależnej a być może także opóźnione wartości innych zmiennych.

Podczas gdy test przyczynowości w sensie Granger'a może być stosowany zarówno dla stacjonarnych jak i zintegrowanych szeregów czasowych, kointegracja dotyczy tylko modeli liniowych dla zintegrowanych szeregów czasowych. Szeregi czasowe danych o PKB i zużyciu energii są zwykle zintegrowane. Analiza

kointegracji ma na celu odkrycie związków przyczynowych między zmiennymi poprzez określenie, czy stochastyczne trendy w grupie zmiennych są wspólne dla serii, tak aby całkowita liczba unikalnych trendów była mniejsza niż liczba zmiennych. Analiza kointegracji może być również zastosowana do zbadania czy istnieją pozostałości trendów stochastycznych, które nie są wspólne dla żadnych innych zmiennych. To może wskazywać, że ważne zmienne zostały pominięte w modelu regresji lub, że zmienne z pozostałych trendów nie mają długoterminowych interakcji z innymi zmiennymi. Każdy z tych wniosków może być prawdą w przypadku braku kointegracji. Obecność kointegracji można też interpretować jako obecność długoterminowej równowagi pomiędzy zmiennymi. Parametry szacowanej relacji kointegracyjnej nazywa się wektorem kointegrującym. W modelach wielowymiarowych może być więcej niż jeden taki wektor. Obie te metody są zazwyczaj przeprowadzane w ramach modeli wektorowej autoregresji. Modele te składają się z grupy równań regresji, w których każda zmienna zależna jest poddawana regresji wobec opóźnionej od siebie wartości oraz wszystkich innych zmiennych w systemie [Stern 2003].

Jeśli chodzi o zastosowanie praktyczne powyższych metod w omawianym przedmiocie badań, test przyczynowości Granger'a wykorzystali m.in. X. Zhang i X. Cheng. Zbadali oni związki pomiędzy PKB, zużyciem energii oraz emisjami CO₂ w Chinach w latach 1960-2007 [2009]. Natomiast F. Halicioğlu zastosował kointegrację i przyczynowość w sensie Granger'a w analizie relacji dynamicznych pomiędzy emisjami CO₂, zużyciem energii, dochodem i handlem zagranicznym w Turcji w latach 1960–2005 [2009]. Wielowymiarową analizę kointegracji i przyczynowości trzech zmiennych, tj. emisji CO₂, PKB i energochłonności Grecji w latach 1977–2007 przeprowadzili E. Hatzigeorgiou, H. Polatidis i D. Haralambopoulos [2011]. W tym badaniu wykorzystano test kointegracji Johansen'a, ponadto dokonano analizy dekompozycji wariancji metodą Choleskiego.

Z kolei A. Kukła-Gryz przeanalizowała związki przyczynowo-skutkowe pomiędzy poziomem emisji CO₂, NO_x i SO₂ a wzrostem gospodarczym i handlem międzynarodowym w krajach rozwijających się i rozwiniętych. Zastosowała do tego metodykę modelowania równań strukturalnych. Jako strukturę potraktowała procentowy udział ludności miejskiej w populacji oraz procentowy udział przemysłu w całkowitej wartości produkcji dóbr i usług w gospodarce [Kukła-Gryz 2009].

Podobne badanie zostało przeprowadzone *stricte* w kierunku weryfikacji hipotezy Środowiskowej Krzywej Kuznets'a. Testowano relację dochód – emisje CO₂ na bazie testu przyczynowości Granger'a z wykorzystaniem danych panelowych dla poszczególnych kontynentów i grup państw [Coondoo i Dinda 2002].

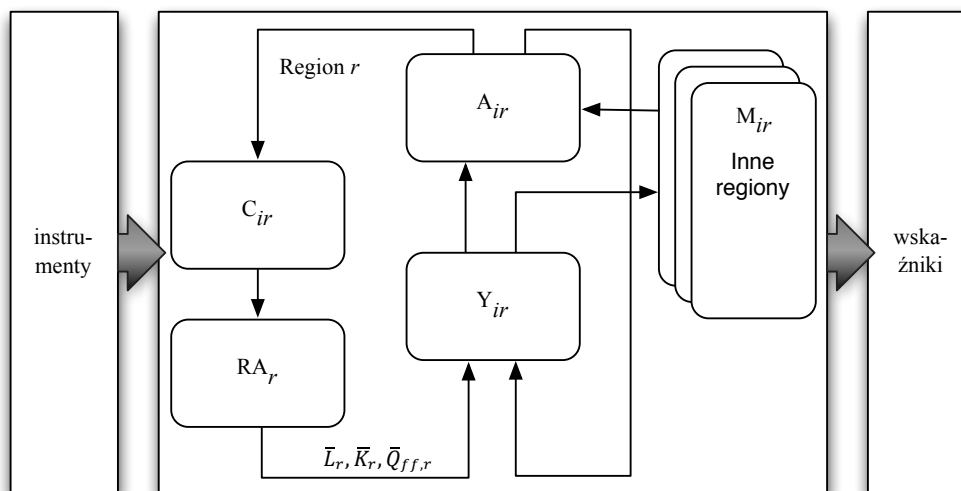
Bezpośrednio do struktury gospodarczej odnieśli się również Feng, Sun i Zhang badając związki pomiędzy strukturą, konsumpcją energii, a energochłonnością w Chinach [Feng, Sun i Zhang 2009]. Podobnie jak inni badacze posłużyli się testem kointegracji i testem przyczynowości według Granger'a. Strukturę gospodarczą oparto na teorii trzech sektorów gospodarki, których udział w gospodarce się zmienia wraz z jej rozwojem. W tym przypadku strukturę zdefiniowano jako procentowy udział wartości dodanej sektora usług w PKB.

II.1.4. Policjalne modele równowagi ogólnej

Wśród metod numerycznych policjalne modele równowagi ogólnej (z ang. *computable general equilibrium* - CGE) są szeroko stosowane przez wiele krajowych i międzynarodowych organizacji takich jak IMF, World Bank, OECD, IEA, EC oraz w wielu uniwersyteckich ośrodkach badawczych. Modele CGE są zbudowane na teorii równowagi ogólnej, która łączy założenia behawioralne z racjonalnymi ekonomicznymi czynnikami z analizą warunków równowagi [Wing 2004]. Dostarczają one kontrfaktycznych porównań *ex ante* oceniających skutki gospodarcze w przypadku wdrożenia reform ze scenariuszem bazowym. Porównań tych dokonuje się w tym przypadku również przy użyciu metod statyki porównawczej.

Główną zaletą analiz wykonanych za pomocą tych modeli jest całościowa i szczegółowa reprezentacja rynkowych interakcji zależnych od ceny. Ponadto, dzięki nim możliwe jest jednoczesne wyjaśnienie źródeł przychodów i wydatków poszczególnych uczestników rynku a tym samym dokonania całościowej oceny efektywności ekonomicznej oraz dystrybucyjnego wpływu zewnętrznej ingerencji na rynku [Boehringer i Loeschel 2006].

Na Rysunku 15 przedstawiony został schemat budowy wielosektorowego, wieloregionowego modelu handlowego z ujętymi przepływami energii wykorzystywanego w celu porównawczo-statycznej analizy wpływu polityk handlowych, środowiskowych i energetycznych.



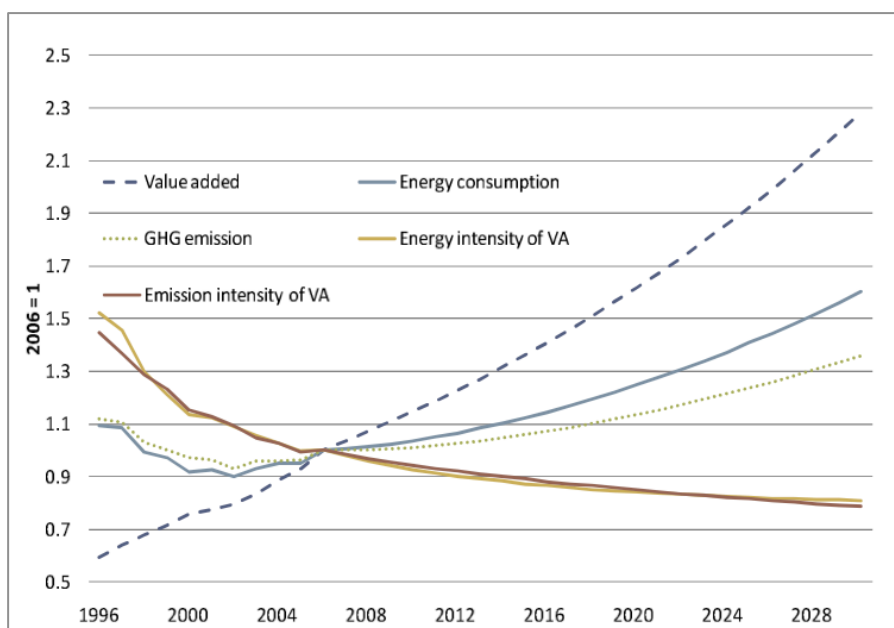
Rysunek 15. Schemat modelu CGE z modulem energetycznym

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [Boehringer i Loeschel 2006]

Do podstawowych czynników produkcji w regionie r należą czynnik pracy \bar{L}_r , \bar{K}_r kapitału i zasobów $\bar{Q}_{ff,r}$ paliw kopalnych (ropa naftowa, węgiel i gaz ziemny). Produkcja Y_{ir} towarów i w regionie r jest ujęta w zagregowanych funkcjach produkcji charakteryzujących technologię dzięki możliwości dokonywania substytucji różnych wejść między sobą. Zagnieżdżone na kilku poziomach funkcje produkcji o stałej elastyczności substytucji (CES) są zastosowane w celu określenia możliwości substytucji KLEM w krajowych sektorach produkcyjnych pomiędzy kapitałem (K), pracą (L), energią (E) i nieenergetycznymi nakładami pośrednimi, tj. materiałami (M). W zależności od dostępnych danych gospodarkę można podzielić nawet do kilkuset sektorów produkcyjnych. Popyt finalny C_{ir} w każdym regionie jest określany na podstawie maksymalizacji funkcji użyteczności podmiotów gospodarczych RA_r w warunkach ograniczeń budżetowych. Całkowity dochód reprezentowanego podmiotu określony jest przez wskaźnik dochodu. Popyt finalny jest składnikiem funkcji klasy CES i wyraża się przez kombinację konsumpcji dóbr energetycznych i nieenergetycznych. Wzorce substytucji między dobrami nieenergetycznymi oraz między dobrami energetycznymi określone są przez zagnieżdżone funkcje klasy CES. Emisje są skojarzone z konsumpcją paliw kopalnych w produkcji, inwestycjach oraz popycie finalnym. Wszystkim dobrom będącym przedmiotem krajowego popytu pośredniego i finalnego odpowiada składowa A_{ir} oznaczająca towary wyprodukowane w kraju r oraz składowa M_{ir} reprezentująca towary importowane.

Jednym z przykładów wykorzystania modelu CGE do badań relacji struktura a emisje jest analiza wpływu liberalizacji handlu na poziom emisji CO₂ [Yang 2001]. Liberalizacja handlu ma bezpośredni wpływ na zmianę struktury gospodarczej w rozumieniu efektów skali produkcji, kompozycji sektorowej i technologicznym. Zmiany tak rozumianej struktury mają swoje odzwierciedlenie w poziomie emisji CO₂ [Yang 2001].

W odniesieniu do sytuacji w Polsce M. Bukowski i P. Kowal [2010] zastosowali dynamiczny stochastyczny model równowagi ogólnej - DSGE (z ang. *dynamic stochastic general equilibrium*), należący do rodziny modeli CGE. Przeprowadzili w pełni dynamiczną analizę efektów makroekonomicznych polityki ograniczania emisji gazów cieplarnianych w Polsce w latach 2010-2030. Dzięki uwzględnieniu w analizach danych pochodzących z tabel input-output, tak jak ma to miejsce w tradycyjnym podejściu CGE, Autorzy mogli symulować zmiany w układzie sektorowym gospodarki. Dokonali oni prognozy emisji CO₂ w Polsce w warunkach odbywającej się w Polsce transformacji, polegającej na konwergencji gospodarki Polskiej na wzór procesów odbywających się w pozostałych bardziej rozwiniętych krajach UE. M. Bukowski i P. Kowal stworzyli w ten sposób scenariusz referencyjny BAU (z ang. *business-as-usual*) dla zmian PKB, konsumpcji energii i emisji CO₂ (Rysunek 16.).



Rysunek 16. Scenariusz referencyjny dla kształtowania się emisji gazów cieplarnianych w Polsce

Źródło: [Bukowski i Kowal 2010]

Pomimo, że przyjęty scenariusz zakłada, że w Polsce nie zostaną podjęte znaczące zmiany w zakresie polityki ograniczania emisji, prognoza wskazuje na długookresowy trend polegający na redukcji emisji. Ponadto Polskę będzie cechować stabilny, umiarkowanie wysoki wzrost wartości dodanej, przy jednocześnie o połowę wolniejszym przyroście zużywanej energii. Autorzy w swojej analizie zbadali jak wdrożenie poszczególnych wariantów polityki redukcji emisji wpłynie na scenariusz BAU. Ustalono, że tak długo jak poszczególne strategie redukcji emisji będą bardziej kosztowne od mniej przyjaznych środowisku alternatyw, ich wdrażanie będzie pociągać za sobą koszty fiskalne dla gospodarki. Innymi słowy przyjazne środowisku technologie wytwarzania energii muszą być subsydiowane przez rząd, tak aby mogły wyprzeć tradycyjne [Bukowski i Kowal 2010].

II.2. Wielosektorowy model Leontief'a jako wprowadzenie do SDA

Fragment ten stanowi rozwinięcie koncepcji przepływów międzygałęziowych Leontief'a, która została pokrótce przedstawiona w poprzedniej części rozdziału. Poniżej zaprezentowano szczegółowe wyprowadzenie modelu Leontief'a. Przeanalizowano także jego założenia, a zarazem wynikające z nich ograniczenia dla analizy input-output.

II.2.1. Teoria przepływów międzygałęziowych

Teoria przepływów międzygałęziowych nazwana często z języka angielskiego metodą input-output została opracowana przez W. Leontief'a [1941]. Uważa się, że W. Leontief uratował teorię czysto opisowego statycznego modelu równowagi ogólnej, związaną z F. Quesnay, L. Walras i V. Pareto, wstawiając ją w format zdolny do badania współzależności zachodzących w strukturze obserwowanej gospodarki [Ruiz i Pellet]. Do dziś dorobek W. Leontief'a stanowi podstawę wielu analiz ekonomicznych [Miller i Blair 2009].

Analiza input-output bada współzależności pomiędzy sektorami produkcyjnymi, które są uważane za najbardziej stabilne i wiarygodne cechy strukturalne gospodarki [Dorfman 1954]. Bazuje na założeniu, że gospodarkę można opisać dzieląc ją na n sektorów. Oznaczając całkowity wynik (produkcję) sektora i przez x_i , a całkowity popyt końcowy (finalny) na produkty sektora i jako f_i , równanie opisujące dystrybucję produktów sektora i w gospodarce poprzez ich sprzedaż innym sektorom oraz odbiorcom końcowym można zapisać następująco:

$$x_i = z_{i1} + z_{ij} + \dots + z_{in} + f_i = \sum_{j=1}^n z_{ij} + f_i \quad (2.10)$$

Element z_{ij} oznacza sprzedaż produktów sektora i wszystkim sektorom gospodarki (łącznie ze swoim sektorem gdy $i = j$). Analogicznie do równania (2.10) gospodarke można przedstawić za pomocą układu równań ukazujących dystrybucję produktów każdego z n sektorów:

$$\begin{aligned}
x_1 &= z_{11} + \dots + z_{1j} + \dots + z_{1n} + f_1 \\
&\vdots \\
x_i &= z_{i1} + \dots + z_{ij} + \dots + z_{in} + f_i \\
&\vdots \\
x_n &= z_{n1} + \dots + z_{nj} + \dots + z_{nn} + f_n
\end{aligned}
\tag{2.11}$$

Niech

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_{11} \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}, \quad \mathbf{Z} = \begin{bmatrix} z_{11} & \dots & z_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{n1} & \dots & z_{nn} \end{bmatrix} \text{ a } \mathbf{f} = \begin{bmatrix} f_1 \\ \vdots \\ f_n \end{bmatrix}
\tag{2.12}$$

Wówczas równania (2.11) można przedstawić za pomocą zapisu macierzowego:

$$\mathbf{x} = \mathbf{Zi} + \mathbf{f}
\tag{2.13}$$

gdzie:

\mathbf{i} – wektor sumujący, tj. wektor kolumnowy o odpowiednim wymiarze n , którego elementy są jedności.

Typowymi danymi wykorzystywanymi w modelach input-output są liczby zawarte w tablicy przepływów międzygałęziowych, której schemat ukazany został na Rysunku 17. Tablice te są jednym ze sposobów przedstawiania przebiegu strumieni produktów w gospodarce. Produktami w tym rozumieniu są wszystkie dobra i usługi będące przedmiotem wymiany handlowej w gospodarce [Plich 2002]. Wiersze tablicy przedstawiają dystrybucję produkcji (wyników) poszczególnych sektorów w gospodarce. Kolumny opisują kompozycje nakładów w poszczególnych sektorach, które są niezbędne do uzyskania określonej produkcji. Przepływy między poszczególnymi sektorami *sensu stricto* ukazuje na tablicy obszar zaznaczony pogrubioną linią. Dodatkowe kolumny oznaczone jako zużycie końcowe rejestrują sprzedaż produkcji każdego z sektorów na rynku finalnym. Wśród poszczególnych kategorii zużycia końcowego można wyróżnić spożycie indywidualne, wydatki rządowe, inwestycje, eksport oraz zmiany zapasów. Dodatkowe wiersze oznaczają

czynniki pierwotne, tj. te które nie są produktami sektorów rozpatrywanej gospodarki. Zalicza się tu do nich import, podatki pośrednie, wynagrodzenia oraz zyski.

				Miejsce przeznaczenia							Wyniki ogółem (x)		
				Zużycie pośrednie				Zużycie końcowe					
				Sektory				Kategorie					
				1	2	...	N	indywidualn	Wydatki rządowe	Inwestycje		Eksport	Zmiany zapasów
Miejsce pochodzenia	Czynniki wtórne	Sektory	1	z_{11}	z_{12}	...	z_{1n}	c_1	g_1	i_1	e_1	r_1	x_1
			2	z_{21}	z_{22}	...	z_{2n}	c_2	g_2	i_2	e_2	r_2	x_2
			⋮	⋮	⋮	...	⋮
			n	z_{n1}	z_{n2}	...	z_{nn}	c_n	g_n	i_n	e_n	r_n	x_n
Czynniki pierwotne	Wartość dodana	Import	m_1	m_2	m_3	m_n	m^c	m^g	m^i			M	
		Podatki pośrednie	t_1	t_1	...	t_n						T	
		Wynagrodzenia	w_1	w_2	...	w_n						W	
		Zyski	p_1	p_2	...	p_n						P	
Nakłady ogółem (x')			x_1	x_2	...	x_n	C	G	I	E	R	X	

Rysunek 17. Schemat tablicy przepływów międzygałęziowych

Źródło: opracowanie własne

Sumując kolumnę wyników ogółem uzyskuje się całkowity wynik brutto danej gospodarki X nazywany produkcją globalną:

$$X = x_1 + x_2 + \dots + x_n + M + T + W + P \quad (2.14)$$

gdzie:

M – suma importu;

T – suma podatków pośrednich;

W – suma wynagrodzeń;

P – suma zysków.

Ten sam wynik można otrzymać sumując wszystkie poniesione nakłady w gospodarce:

$$X = x_1 + x_2 + \dots + x_n + C + G + I + E + R \quad (2.15)$$

gdzie:

C – suma spożycia indywidualnego;

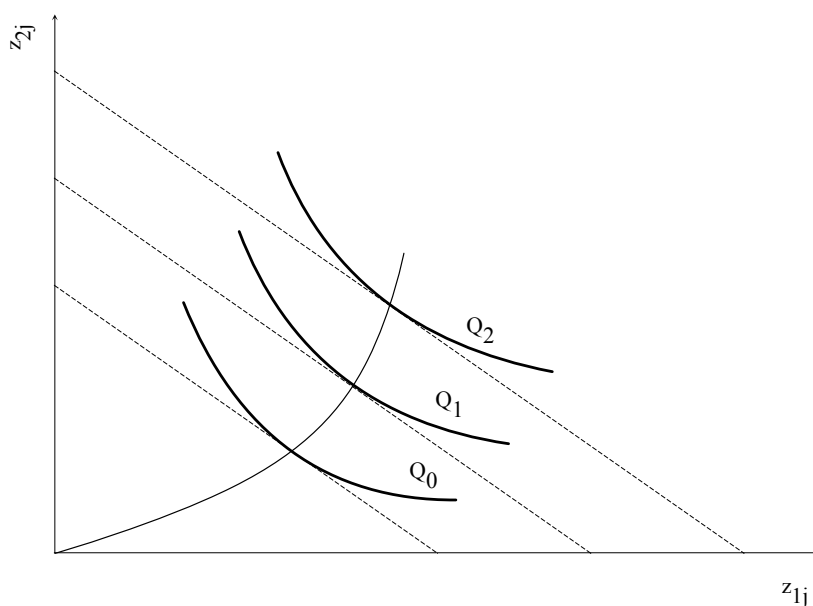
G – suma wydatków rządowych;

I – suma inwestycji;

E – suma eksportu;

R – zmiana zapasów.

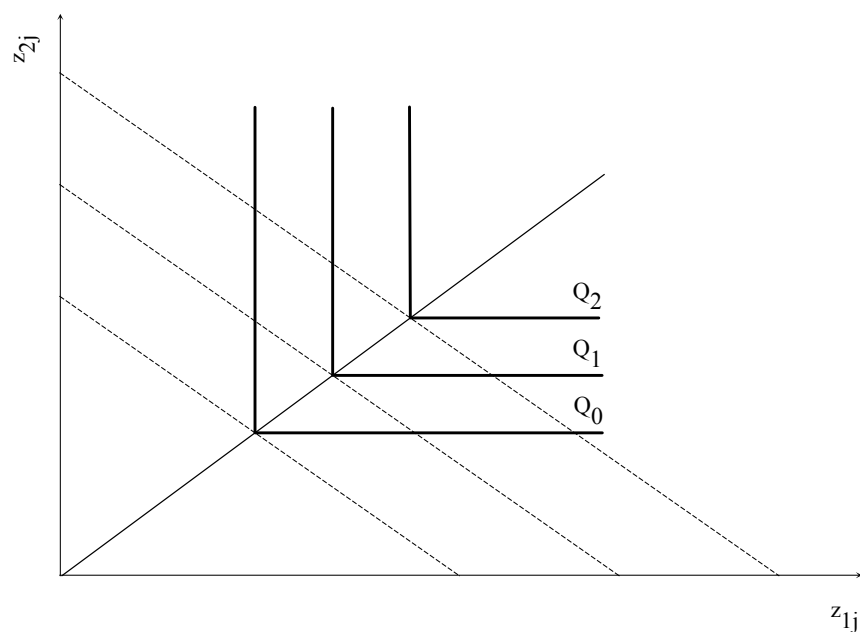
Podstawową teoretyczną model jest założenie, że przepływy międzygałęziowe z sektora i do sektora j , dokonują się w pewnym okresie i całkowicie zależą od produkcji globalnej sektora j w tym samym okresie. Ponadto, modele input-output zwykle zakładają, że nakłady wykorzystywane są w stałej proporcji, tj. bez możliwości substytucji wejść między sobą na wszystkich poziomach produkcji. Innymi słowy, model zakłada, że przemysł musi podwoić swoje wejścia aby produkcja mogła się podwoić. Z założeniem o stałych proporcjach wejść łączy się założenie o stałych efektach skali. Problem ten można zobrazować za pomocą różnych geometrycznych reprezentacji funkcji produkcji w warunkach gospodarki dwusektorowej.



Rysunek 18. Klasyczna funkcja produkcji

Źródło: opracowanie własne

Kształt izokwant na Rysunku 18. odzwierciedla dwa klasyczne założenia co do kombinacji wejść w procesach produkcji. Negatywne nachylenia izokwant Q oznaczają fakt, że kiedy wielkość jednego z wejść ulega obniżeniu, wielkość drugiego wejścia musi zostać zwiększona w celu utrzymania tego samego poziomu produkcji, któremu odpowiada dana izokwanta. Natomiast, ich wybrzuszenie w kierunku początku układu współrzędnych odzwierciedla prawo malejącej produktywności krańcowej, polegające *ceteris paribus* na spadku produktu krańcowego danego czynnika w miarę dodawania kolejnych jednostek tego czynnika. Na Rysunku 18. oznaczona została także ścieżka ekspansji produkcji, która łączy optymalne kombinacje wejść wykorzystywanych przy różnej skali produkcji. Wychodzi ona z początku układu współrzędnych i przecina punkty styczności izokwant i linii jednakowego kosztu (oznaczonych przerywaną kreską).



Rysunek 19. Funkcja produkcji Leontief'a

Źródło: opracowanie własne

Pojawiające się w modelu input-output izokwanty o stałej wielkości produkcji zostały oznaczone na Rysunku 19. Zaobserwowana stała proporcja wejść $\eta = z_{1j}/z_{2j}$, powoduje, że dodatkowe nakłady jednego z czynników 1 lub 2, są ekonomicznie bezużyteczne, czyli nie powodują zwiększenia poziomu produkcji. Jedynie w przypadku, gdy zwiększeniu ulegną oba czynniki jednocześnie, ale tylko w proporcji

równej η , mogą one zostać całkowicie wykorzystane w procesie produkcji. Oczywiście, właściwa geometryczna reprezentacja powinna uwzględniać n -wymiarową przestrzeń, w której poszczególne osie byłyby przyporządkowane każdemu z wejść. Reasumując, funkcje produkcji Leontief'a wymagają nakładów w ustalonych proporcjach, ponieważ stała ilość każdego z wejść wymagana jest do wytworzenia jednostki produkcji. Stałość tych proporcji określają współczynniki techniczne a_{ij} , charakteryzujące udział nakładu gałęzi i w wartości globalnej gałęzi j :

$$a_{ij} = \frac{z_{ij}}{x_j} \quad (2.16)$$

Tym samym można zapisać, że:

$$\begin{aligned} x_1 &= a_{11}x_1 + \dots + a_{1i}x_i + \dots + a_{1n}x_n + f_1 \\ &\vdots \\ x_i &= a_{i1}x_1 + \dots + a_{ii}x_i + \dots + a_{in}x_n + f_i \\ &\vdots \\ x_n &= a_{n1}x_1 + \dots + a_{ni}x_i + \dots + a_{nn}x_n + f_n \end{aligned} \quad (2.17)$$

Niech

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (2.18)$$

wówczas równanie (2.17) można zapisać:

$$\mathbf{x} = \mathbf{Ax} + \mathbf{f} \quad (2.19)$$

Powyższe równanie jest także podstawową formą modelu przepływów międzygałęziowych Leontief'a. Macierz \mathbf{A} jest natomiast nazywana macierzą współczynników technicznych lub macierzą współczynników bezpośrednich nakładów.

Niech \mathbf{I} będzie macierzą jednostkową o wymiarach $n \times n$, tj. taką, której główna diagonalna składa się z jedynek, a pozostałe elementy są zerami:

$$\mathbf{I} = \begin{bmatrix} 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (2.20)$$

stąd

$$(\mathbf{I} - \mathbf{A}) = \begin{bmatrix} (1 - a_{11}) & -a_{12} & \cdots & -a_{1n} \\ -a_{21} & (1 - a_{22}) & \cdots & -a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -a_{n1} & -a_{n2} & \cdots & (1 - a_{nn}) \end{bmatrix} \quad (2.21)$$

Na podstawie równań (2.19) i (2.21) możliwe jest obliczenie popytu końcowego według wzoru:

$$(\mathbf{I} - \mathbf{A}) \mathbf{x} = \mathbf{f} \quad (2.22)$$

lub popytu globalnego:

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{f} = \mathbf{L} \mathbf{f} \quad (2.23)$$

gdzie:

$(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ – macierz odwrotna Leontief'a lub macierz całkowitego zapotrzebowania.

Konsekwencją przedstawionych równań jest model, który jako całość zależy od dwóch rodzajów podstawowych zależności. Po pierwsze, zaksięgowana wartość sprzedaży danego sektora musi odpowiadać wartości produkcji którą nabył od innych sektorów oraz wartości zakupów autonomicznych, czyli odbywających się w ramach tego samego sektora. Po drugie, związek technologiczny między gałęziami, przejawiający się nabywaniem przez poszczególne sektory produktów innych sektorów (według określonej funkcji produkcji), zależy od wielkości produkcji sektora nabywającego. Z połączenia tych dwóch relacji wynika, że sprzedaż każdego sektora równa jest konsumpcji autonomicznej, sumy zapotrzebowania innych sektorów na produkty tego sektora oraz popytu końcowego.

II.2.2. Konsekwencje wynikające z modelu Leontief'a

R. Dorfman [1954] zgłosił kilka zastrzeżeń wobec technologicznego postulatu omawianego modelu. Pierwszym z nich to problem czasu. Ujęte w modelu relacje

technologiczne charakteryzują się m.in. tym, że ilość surowców wykorzystywanych przez przemysł zależy od jego poziomu aktywności. Ponieważ surowce są produktem innych branż, występuje bezpośredni związek między poziomem aktywności każdej branży a poziomem aktywności w branżach ją zaopatrujących. Jednakże, surowce te muszą być wyprodukowane zanim zostaną one zużyte (problem ten nie dotyczy usług). W związku z tym relacje technologiczne łączą aktualny poziom zaopatrzenia każdej branży z poprzednimi poziomami zaopatrzenia swoich dostawców oraz późniejszymi poziomami dostaw do swoich klientów. Stąd, ponieważ standardowy model input-output abstrahuje od sekwencji czasu w produkcji oraz jej obiegu, ma on zastosowanie tylko do stacjonarnego stanu równowagi, w którym czas nie ma znaczenia.

Drugi problem wynika z zastosowanej agregacji. Nie miałyby to znaczenia w sytuacji, w której każdy sektor składałby się z wielu pojedynczych firm wytwarzających identyczne produkty. Jeśli natomiast włączy się do jednego sektora firmy, które stosują odmienne technologie przy wytwarzaniu tego samego produktu lub wytwarzają różne produkty, wówczas w branży, która obejmuje kilka różnych produktów i uwarunkowań technicznych, można stwierdzić, że produkcja określa jednoznacznie wejścia tylko wtedy, jeśli się przyjmie, że gdy wielkość produkcji jednego z produktów danego sektora ulegnie zmianie, produkcja wszystkich pozostałych zmieni się w tej samej proporcji (tzw. produkt-mix pozostaje stały); oraz gdy wielkość produkcji różnych procesów technologicznych zmienia się w tej samej proporcji. Stąd, im większa ich liczba sektorów w modelu, tym mniejsza będzie różnorodność w ich obrębie i mniej istotne będą błędy popełnione przy założeniu o homogeniczności każdego z nich. Z drugiej strony jednak, duża liczba sektorów znacząco utrudnia wnioskowanie, stąd dobór ich liczby jest w pewnym sensie punktem krytycznym w badaniu prowadzonym tą metodą.

Trzecia kontrowersja dotyczy substytucyjności. Model zakłada, że gdy znany jest poziom produkcji każdego sektora, to ilość każdego z wejść tego sektora jest jednoznacznie określona. Z kolei tradycyjna teoria produkcji, wskazuje na co innego, tj. że ilość każdego wejścia stosowanego w procesie wytwarzania danego produktu reaguje na zmiany w stosunku cen czynników produkcji. W. Leontief twierdzi, że taka substytucja nie ma znaczenia, przynajmniej w krótkim okresie. To uzasadnienie ma racje bytu o ile przedział czasu jest na tyle krótki, że reakcja na zmiany

zapotrzebowania końcowego nie obejmie zmian w technologii produkcji lub w zaopatrzeniu w dobra kapitałowe.

Kolejne zastrzeżenia może budzić problem inwestycji. Wszystkie zakupy dokonywane przez sektor produkcyjny można podzielić na te dokonywane na potrzeby bieżącej produkcji i te dla celów inwestycji, czyli na wzrost i wymianę wyposażenia kapitałowego. Założenie o unikalnej relacji pomiędzy produkcją danej branży a jej zakupami od innych branż jest wiarygodne tylko w odniesieniu do zakupów na rachunku bieżącym. Istnieją różne drogi radzenia sobie z tym problemem. Najprostszym sposobem jest pominięcie kwestii inwestycji, co nie rodzi żadnych konsekwencji w stanie równowagi statycznej. Innym, założeniem jakie można w tej sytuacji przyjąć jest, że inwestycje netto w każdej branży są jednoznacznie związane z poziomem produkcji tej branży. Niestety ten model w każdym przypadku będzie rodził komplikacje związane z inwestycjami, które nie są dogodnie ujęte w jego podstawowych ramach.

Piąty problem jest skutkiem ograniczeń wynikających z zastosowanej koncepcji funkcji produkcji. Osadzona technologicznie funkcja produkcji bardzo dobrze sprawdza się w opisie dużej części procesów produkcyjnych w gospodarce, np. zachodzących w przemyśle. Jednakże gospodarka składa się także z innych obszarów jak rolnictwo, handel wewnętrzny, handel zagraniczny, administracja, sektor finansowy i usługi, gdzie podejście technologiczne nie już tak adekwatne. Niemniej sektory te, muszą być ujęte w ten sam sposób w celu uwzględnienia całkowitej produkcji systemu gospodarczego.

Ponadto, podnoszone są zastrzeżenia o to, że model [Plich 2002]:

- jest statyczny, podczas gdy procesy gospodarcze mają najczęściej charakter dynamiczny;
- jest deterministyczny, podczas gdy procesy gospodarcze mają najczęściej charakter stochastyczny;
- jest liniowy, podczas gdy procesy gospodarcze mają najczęściej charakter nieliniowy;
- zakłada stałość współczynników nakładów w czasie, podczas gdy w rzeczywistości zmieniają się one pod wpływem postępu technicznego oraz zmian cen.

Nie jest zaskoczeniem, że w powyższej ocenie rozpoznanych zostało więcej braków tej metody, niż jej silnych stron. Rzeczywistość gospodarcza nie jest aż tak prosta, aby można ją było zrozumieć za pomocą układu równań liniowych. Należy jednak zaznaczyć, że model ten może być wystarczający do realizacji pewnych celów badawczych jak np. oszacowania wpływu na gospodarkę zmian jej uwarunkowań [Dorfman 1954]. Praktyczny brak ograniczeń dla konstrukcji, które mogą być stworzone na bazie modelu zapewnia szeroki wachlarz zastosowań [Smith 1951]. Należy mieć na względzie, że trafność każdej z aplikacji zależy od dopasowania założeń podstawowego modelu do określonego zadania oraz od stopnia prawdopodobieństwa dodatkowych założeń wymaganych przez rozpatrywany problem badawczy.

Mimo tych zastrzeżeń model W. Leontief'a doczekał się niezliczonej liczby zastosowań i nadal znajduje się w centrum zainteresowań badaczy wykorzystujących modele matematyczne do analizowania gospodarki i jej otoczenia. W literaturze można znaleźć wiele przykładów zunifikowanych modeli, wykorzystujących metody input-output nie tylko do badania produkcji w układzie gałęziowym, ale także do doprowadzenia bardziej kompleksowych analiz o charakterze:

- społeczno-ekonomicznym;
- demograficzno-ekonomiczny;
- ekologiczno-ekonomicznym [Plich 2002].

II.3. Pomiar zmian strukturalnych w warunkach wzrostu gospodarczego

Przedstawiona teoria przepływów międzygałęziowych jest koncepcją w pełni statyczną. Stąd, wymagane jest jej zaadoptowanie do sytuacji dynamicznej, co pozwoli na obserwowanie zmian zachodzących w czasie. Umożliwia to analiza statyki porównawczej, która została poniżej wyjaśniona w oparciu o twórczość J. Hicks'a. Statyka porównawczej ma swoje zastosowanie w analizie zmian strukturalnych, co zostało zaprezentowane na przykładzie koncepcji mierzenia zmian strukturalnych poprzez ich rozdzielenie od wzrostu gospodarczego.

II.3.1. Analiza statyki porównawczej - metoda statyczna w teorii dynamicznej

Pierwsze rozróżnienie statyki i dynamiki nie było związane z ekonomią, a z teorią mechaniki. W mechanice statyka zajmuje się stanem spoczynku, dynamika zaś ruchem. W rzeczywistości jednak żaden system gospodarczy nie znajduje się w stanie spoczynku, w sensie odpowiadającym treści tego terminu w mechanice [Hicks 1978]. Produkcja jest z natury procesem zmiennym. Wobec tego, warunek statyki należy zdefiniować tak, aby kluczowe zmienne (ilość produkowanych i konsumowanych dóbr) pozostawały stałe. Poprzez zaprzeczenie, można określić warunek dynamiki, zgodnie z którym te zmienne mogą ulegać zmianom. Stąd teoria dynamiki jest analizą procesów, na skutek których następują zmiany [Hicks 1978].

Metody statyczne są szczególnie przydatne w ekonomii stosowanej. Dzięki nim możliwe jest np. wyjaśnienie przyczyn różnic pomiędzy stanem faktycznymi gospodarek. Należy wyjaśnić, że pod pojęciem stan gospodarki rozumie się jej przeciętne wyniki osiągnięte w stosunkowo długim okresie, w ciągu którego krótkookresowe wahania wzajemnie się kompensują. Z racji, iż krótkookresowe wahania nie są przedmiotem podejmowanej analizy, wydaje się, że gospodarkę można przedstawić za pomocą modelu, który w ciągu całego tego okresu spełniałby warunki stanu przeciętnego, tak że gospodarka znajdowałaby się w warunkach statycznych w przedstawionym wyżej rozumieniu. Model ten przedstawia gospodarkę, w której nie ma zmian, choć stosuje się go do badania gospodarki w gruncie rzeczy podlegającej zmianom [Hicks 1978]. Przykładem takiego ujęcia teoretycznego jest uproszczona wersja klasycznej teorii równowagi ogólnej, określana jako metoda input-output.

Problem metody statycznej pojawia się wtedy, gdy zachodzi potrzeba scharakteryzowania badanych zmian za pomocą tych elementów, które analiza statyczna pomija. Dynamiczne właściwości systemu gospodarczego, wyprowadzone z przepływów zasobów, tłumaczą tylko ten aspekt zmian gospodarczych, który można wyjaśnić przy pomocy nieulegających zmianom stałych. W przypadku badania zmian strukturalnych głębszych przyczyn zmian należy szukać w zmianach podstawowych związków strukturalnych, które w ujęciu czysto statycznym pozostają niezmiennie. Jednym ze sposobów poradzenia sobie z tym problemem jest statyka porównawcza. Umożliwia ona badanie zmian, które zaszyły w wyniku przejścia systemu z jednego stanu równowagi do drugiego. Statyka porównawcza nie usiłuje tłumaczyć

obserwowanych zmian w strukturze, lecz ogranicza się do badania skutków jakie te zmiany wywołują w systemie [Leontief i in. 1963].

Zdaniem J. Hicks'a każdą metodę badania procesu zmian można przedstawić jako analizę następstw [Hicks 1978]. Wówczas proces rozkłada się na etapy lub stadia, które bada się oddzielnie a następnie składa razem. Przy podejściu nieciągłym rozpoczyna się od funkcjonowania modelu w okresie jednostkowym, następnie przystępuje się do badania ciągu takich okresów. Stąd proces dynamiczny sprowadza się do następujących po sobie statycznych równowag. Równowagi te, mogą być następnie porównane, czym z definicji zajmuje się statyka porównawcza⁴. Jednakże, zdaniem J. Hicks'a, prawdziwie dynamiczna teoria, nawet w fazie analiz pojedynczego okresu musi uwzględniać to, że wiele czynności dokonujących się w ciągu takiego okresu kieruje się ku sprawom wybiegającym poza ten okres. W teorii statycznej pojedynczy okres można traktować jako układ zamknięty, którego funkcjonowanie można badać bez odwoływania się do czegokolwiek na zewnątrz tego układu. Nie jest to możliwe w dynamice. Nawet przy badaniu pojedynczego okresu nie można pominąć ogniw łączących go z resztą procesu dynamicznego [Hicks 1978]. Podobny pogląd prezentował W. Leontief, który uważał, że teoria dynamiczna może przyjmować za swe zmienne, dane pochodzące z teorii statycznej, co jednak powinno się wiązać z odpowiednim pogłębieniem bazy empirycznej [Leontief i in. 1963]. Aby mocniej osadzić metodę statyki porównawczej w teorii dynamicznej, można starać się włączyć ją w zakres teorii wzrostu, która stanowi jeden z kluczowych elementów teorii dynamiki gospodarczej.

J. Hicks'a uważa, że jeśli rozpatrywana gospodarka jest faktycznie gospodarką rozwijającą się, wówczas można uznać, że rozwój jest jedną z jej cech charakterystycznych, tzn. że jest ona w stanie rozwoju, czyli wzrostu [Hicks 1978]. Wówczas taką gospodarkę można rozpatrywać porównując jej stany równowagi, które zaistniały w różnych stadiach rozwoju, tj. w dwóch różnych momentach na osi czasu. Jednocześnie punktem odniesienia do uchwycenia tych zmian będzie utrwalona przez J. Hicks'a koncepcja równomiernego wzrostu, zgodnie z którą należy przyjąć, że wszystkie elementy gospodarki (lub raczej wszystkie interesujące nas

⁴ Statyka porównawcza zajmuje się porównywaniem różnych stanów równowagi związanych z różnymi zbiorami wartości i parametrów zmiennych egzogenicznych [Chiang 1994]

elementy) podczas przejścia pomiędzy jednym a drugim stanem równowagi rosną w takim samym tempie [Hicks 1978]. Tym samym teoria ta będzie stanowiła klucz do wprowadzenia tak szczególnie przeprowadzonej statyki porównawczej w zakres teorii dynamicznej.

Należy jednak podkreślić, że J. Hicks używał koncepcji równomiernego wzrostu w inny sposób, niż wyżej zaprezentowany. Stanowiła ona u J. Hicks'a integralną część modeli równowagi statycznej. Niemniej jednak koncepcja równomiernego wzrostu zaadoptowana do metody analizy statyki porównawczej jest w pewnym sensie pochodną modeli równomiernego wzrostu.

Należy zaznaczyć, że J. Hicks uważał założenie o równomierności wzrostu za równie nierealne jak statyka modelu statycznego. Stąd, zdaniem J. Hicks'a, posługując się modelami równomiernego wzrostu zadaje się rzeczywistości tylko niewiele mniejszy gwałt, niż ujmując ją w ramy modelu statycznego. Dlatego w każdy z tych przypadków należy uzasadnić sposób takiego postępowania [Hicks 1978]. Należy zgodzić się co do tego, że koncepcja równomiernego wzrostu, tak samo jak modele czysto statyczne, bardzo słabo oddaje faktyczną dynamikę gospodarczą. Mimo to wierne oddanie rzeczywistości gospodarczej nie musi być nadrzędnym celem stosowania określonego modelu, a wielu przypadkach model jest tylko abstrakcyjnym instrumentem analitycznym odnoszącym się do pewnego fragmentu rzeczywistości. Stąd, można uznać za dopuszczalne wprowadzenie uproszczeń wobec pewnych elementów dynamiki gospodarczej (procesów wzrostu), tylko dlatego, aby wyeksponować i lepiej zrozumieć inne jej elementy (zmiany struktury).

II.3.2. Dekompozycja wzrostu gospodarczego w układzie wielosektorowym

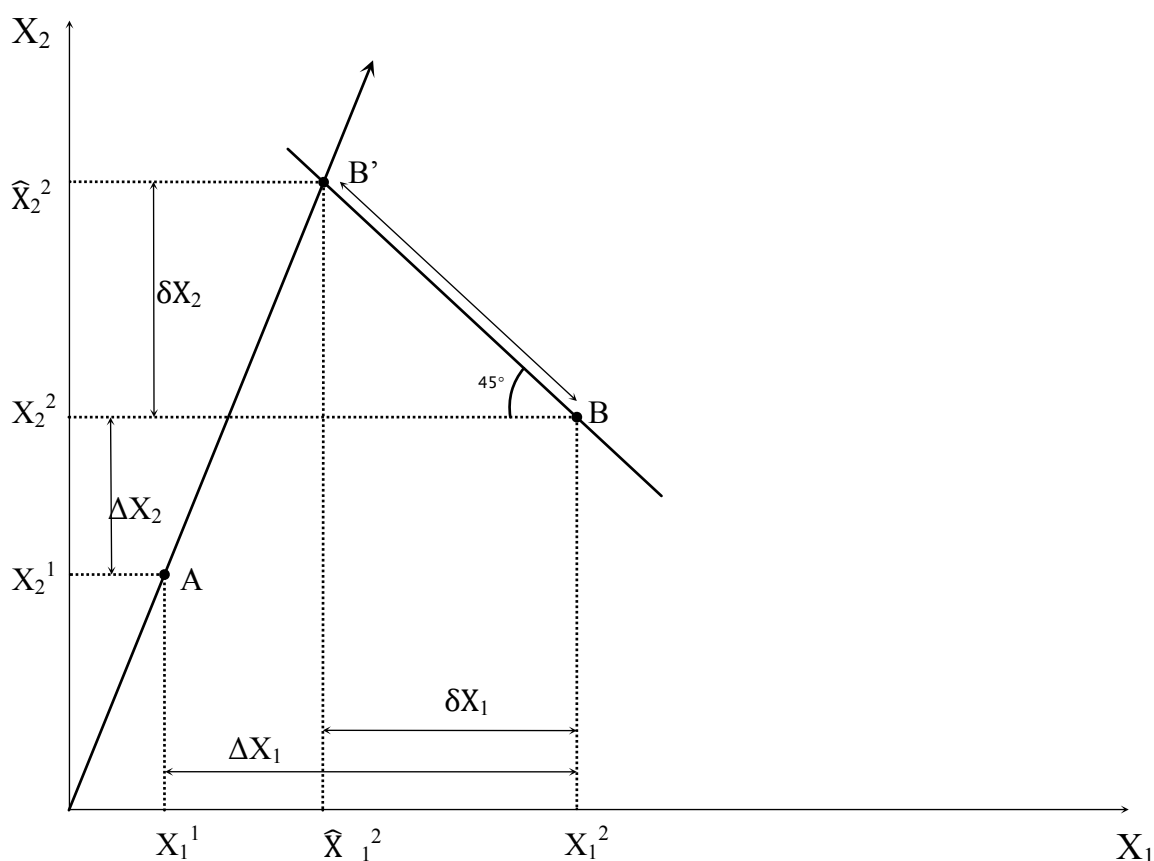
W gospodarce można wyróżnić pewną liczbę sektorów na podstawie wytwarzania różnych dóbr przy wykorzystaniu różnych technologii i organizacji produkcji. Wytwarzane dobra mogą być dobrami gotowymi, nadającymi się bez dalszego przetworzenia do wykorzystania przez gospodarstwa domowe i nabywców kapitału trwałego lub dobrami niegotowymi wymagającymi dalszej obróbki w procesach produkcji. Produkty gotowe mogą różnić się między sobą pod względem trwałości, rodzaju zaspakajanych potrzeb, wrażliwości na zmiany w rozwoju gospodarczym, komplementarności lub substytucyjności w stosunku do innych produktów [Kuznets 1976]. Produkty niegotowe różnią się pod względem

przetworzenia i charakteru produktów końcowych, w których skład wchodzi. Z kolei procesy wytwórcze i wykorzystywane w nich nakłady mogą być różne nawet w przypadku produkcji tych samych dóbr. Wówczas produkcja odbywa się w odrębnych jednostkach organizujących proces wytwórczy przy zastosowaniu technologii cechujących się np. innym stopniem absorbowania zasobów naturalnych. Kombinując ze sobą cechy charakterystyczne produktów i procesów wytwórczych można przedstawić gospodarkę jako sieć powiązań międzysektorowych [Kuznets 1976].

W badaniach prowadzonych w pracy reprezentacja sektorowa systemu gospodarczego będzie odgrywać istotną rolę. Wiąże się to z rozważaniem zmian strukturalnych poprzez pryzmat różnych sposobów reagowania sektorów wytwórczych w toku wzrostu gospodarczego. Przede wszystkim dotyczy to tempa wzrostu sektorów oraz wynikających z tego zmian w ogólnej sumie produktów i nakładów w badanym okresie. Według S. Kuznets'a te zróżnicowane sposoby reagowania są m.in. funkcją wzrostu PKB na osobę, co przy różnych wskaźnikach elastyczności dochodowej popytu na poszczególne dobra gotowe oznacza zmiany w strukturze popytu wewnętrznego. Mogą one także wynikać z rosnącej międzynarodowej integracji gospodarczej, która zacieśnia stosunki handlowe między krajami. To z kolei wywiera wpływ na układ korzyści komparatywnych na rynkach światowych, wywołując w ten sposób zmiany w strukturze popytu zagranicznego, a w konsekwencji również zmiany w strukturze produkcji poszczególnych krajów. Te ostatnie, są także po części konsekwencją zmian technologicznych, które w dużym stopniu oddziałują na poszczególne sektory wytwórcze, wpływając na ich wzrost niezależnie od zmian w strukturze popytu wewnętrznego i zagranicznego. Wzrost gospodarczy, oparty w dużej mierze na ciągłych zmianach technologii, połączony z pogłębiającą się współzależnością gospodarczą narodów i zmianach w popycie wewnętrznym, wywołuje w sposób nieunikniony istotne różnice w stopie wzrostu poszczególnych sektorów w danym systemie produkcji [Kuznets 1976]. Dlatego wzrost gospodarczy będzie stanowił kluczowy punkt odniesienia w badaniu zmian strukturalnych rozumianych właśnie jako różnice w stopie wzrostu poszczególnych sektorów w danym systemie produkcji.

W celu objaśniania stosowanego w pracy sposobu mierzenia zmian strukturalnych, przydatne jest posłużenie się graficzną reprezentacją tego zagadnienia zapożyczoną z książki „*Industrialization and growth: a comparative study*” [Chenery, Robinson i Syrquin 1986]. Rysunek 20. pokazuje sposób mierzenia zmian

strukturalnych na przykładzie w gospodarce dwusektorowej w fazie wzrostu. Początkowo, gospodarka znajduje się w punkcie A i utrzymuje wielkość produkcji w każdym sektorze odpowiednio na poziomie X_1^1 oraz X_2^1 . Następnie, gospodarka przechodzi do nowego punktu B, w którym produkcja w poszczególnych sektorach osiąga poziom X_1^2 oraz X_2^2 . Zagregowana produkcja w gospodarce wzrosła z poziomu $X^1 = X_1^1 + X_2^1$ do $X^2 = X_1^2 + X_2^2$, a realny wynik gospodarki mierzony jest sumą wyników sektorowych wyrażonych w cenach stałych.



Rysunek 20. Mierzenie zmian strukturalnych w warunkach wzrostu

Źródło: [Kubo, Robinson i Syrquin 1986]

Zmiana w zagregowanym wyniku danej gospodarki jest wyrażona jako suma zmian w wynikach sektorowych: $\Delta X = \Delta X_1 + \Delta X_2$ (gdzie: $\Delta X_i = X_i^2 - X_i^1$). Jednakże, dokonanie takiej agregacji nie pozwala na wyróżnienie zmian w strukturze produkcji, jakie się w tym czasie dokonały. Aby zatem zmierzyć zmiany strukturalne, ruch z punktu A do punktu B musi zostać rozłożony na dwa etapy. Zakłada się, że w wyniku wzrostu gospodarczego następuje proporcjonalny wzrost produkcji w każdym z sektorów. Taki równomierny wzrost powoduje przejście z punktu A do punktu B'.

Wynik w poszczególnych sektorach wynosi odpowiednio \hat{X}_1^2 oraz \hat{X}_2^2 , a zagregowany wynik gospodarki punkcie B' wynosi dokładnie tyle co w punkcie B. Następnie, przy niezmiennym zagregowanym wyniku gospodarki, struktura produkcji ulega zmianie. Zmiany wyników sektorowych spowodowane przejściem z punktu B' do punktu B oznaczone są przez δX_1 i δX_2 . Stąd, zmiany w strukturze będą oznaczane małą literą - δ a zmiany zagregowanego wyniku wielką literą - Δ . Ponieważ zagregowany wynik gospodarki jest stały, wzdłuż linii łączącej punkt B z punktem B', suma zmian w strukturze δ musi być równa zero. W przypadku tylko dwóch sektorów, wartości bezwzględne δX_1 i δX_2 muszą być sobie równe, lecz ich znaki przeciwne. Niezależnie od ilości rozpatrywanych sektorów, punktem odniesienia w określaniu zmian strukturalnych będzie ścieżka równomiernego wzrostu, charakteryzująca się stałymi proporcjami między badanymi sektorami. W takim ujęciu zmiany strukturalne reprezentowane są przez odchylenie od ścieżki równomiernego wzrostu, podczas gdy sam wzrost rozumiany będzie jako zagregowana zmiana wielkości produkcji.

II.4. Model określający wpływ zmian strukturalnych na emisję CO₂

Wykorzystany w badaniach model opiera się na analizie przeprowadzonej przez Hea-Jin Lim, Seung-Hoon Yoo, i Seung-Jun Kwak emisji CO₂ pochodzenia energetycznego w Korei Płd. w latach 1990-2003 [2009]. Zaproponowany przez Koreańczyków model różni się jednak od zastosowanego w analizach, który przedstawia nieco inne podejście do dekompozycji zmian. Niemniej założenia modelu pozostają takie same. Najważniejsza modyfikacja dotyczy doboru wag dla zmian produkcji globalnej i współników emisji. Dzięki temu uzyskane wyniki są łatwiejsze w interpretacji. Ponadto, zastosowana koncepcja mierzenia wpływu zmian strukturalnych lepiej wpisuje się w metodę M. Syrçina wydzielenia zmian strukturalnych od procesów wzrostu gospodarczego, która była punktem wyjścia w analizie przeprowadzonej przez Koreańczyków. Kolejną istotną modyfikacją jest inna dekompozycja współczynników emisji. J. Lim, S. Yoo, i S. Kwak zmiany współczynników emisji CO₂ przypisali dwóm czynnikom, tj.: energochłonności i emisyjności CO₂ zużywanej energii. Natomiast w poniższym modelu drugi czynnik zastąpiony został strukturą zużycia nośników energii. Zabieg ten poprawił właściwości wyjaśniające modelu, ponieważ widoczne są w nim nie tylko skutki

zmian emisyjności CO₂ zużywanej energii, ale także ich przyczyny, tkwiące w zmianach kompozycji stosowanych paliw. Ostatnią zmianą wprowadzoną do modelu koreańskiego było rozbitcie efektów strukturalnych zmian w popycie końcowym na trzy czynniki wywołane zmianami w: popycie gospodarstw domowych, popycie agencji rządowych, nakładach brutto na środki trwałe. Zmiany w każdej z tych kategorii zostały pokazane w rozbitciu na efekty związane z popytem na produkty krajowe i importowane.

II.4.1. Założenia modelu

Założenia modelu dekomponującego wpływ zmian zmiennych strukturalnych na poziom emisji CO₂ są spójne z podstawowymi założeniami typowymi dla statycznych modeli input-output, które były już omówione wcześniej. W tym fragmencie zostaną one uzupełnione o dodatkowe założenia charakterystyczne dla konstruowanego modelu i zaprezentowane w sposób syntetyczny. Pierwsze trzy założenia łączą się z podstawowym założeniem przyjętej metody dotyczącym braku efektów skali w danej gospodarce podczas trwania jednego okresu. Pozostałe natomiast łączą się ze specyfiką wykorzystywanego modelu, który integruje czynniki ekonomiczne, energetyczne i środowiskowe.

Założenie 1.

Przepływy międzygałęziowe w danym okresie z sektora i do sektora j całkowicie zależą od produkcji globalnej sektora j w tym samym okresie.

Jest to fundamentalne założenie jakie przyjmuje się w analizach input-output. Sama współzależność jest logiczna, bo im większa produkcja samochodów tym większe zapotrzebowanie na blachę itd. [Tomaszewicz 1994]. Jest to założenie realistyczne, gdyż dotyczy głównie surowców i materiałów, w więc kosztów zmiennych. Jednakże część nakładów materiałowych ma charakter *quasi* stały, np. koszty obsługi finansowo-księgowej [Przybyliński 2012].

Założenie 2.

Nakłady w danym okresie są wykorzystywane w stałej proporcji, bez możliwości substytucji wejść między sobą na wszystkich poziomach produkcji.

W analizie input-output wymaga się, aby nakłady na produkcję poszczególnych gałęzi miały stałą proporcję. Stałe proporcje między nakładami oznaczają tym samym, że w modelu input-output nie ma substytucji między nakładami na produkcję każdej gałęzi [Tomaszewicz 1994]. Podobnie jak w powyższym przypadku o mocy tego założenia decyduje udział kosztów stałych lub quasi stałych w strukturze produktowej gałęzi [Przybyliński 2012].

Założenie 3.

Relacja cen w danym okresie jest stała.

W rzeczywistości gospodarczej zmiany popytu i podaży skutkują zmianami cen i na odwrót. Model przyjmuje stałość cen niezależnie od wielkości popytu. W przypadku działania na faktycznych wielkościach zaobserwowanych w danym okresie założenie to nie powinno budzić wątpliwości. Nabiera ono na sile dopiero w przypadku symulacji i prognoz, kiedy to wykorzystuje się zmodyfikowane dane dotyczące np. wielkości popytu końcowego.

Założenie 4.

Zależność pomiędzy zużyciem energii a wielkością produkcji w danym okresie jest stała.

Założenie to wynika wprost z Założenia 1., jednakże szczególne ujęcie energii w modelu, polegające na wyrażeniu zużycia energii w jednostkach fizycznych poza macierzą pieniężnych przepływów międzygałęziowych, wymaga podkreślenia charakteru tej zależności. Moc tego założenia zależy w dużej mierze od specyfiki sektorów, w których zachodzą procesy przemian energetycznych. Np. w przypadku hut szkła, ilość zużytej energii nie jest aż tak silnie uzależniona od wielkości

produkcji, podczas gdy w sektorze transportu zależność ta jest dużo bardziej widoczna.

Założenie 5.

Zużycie nośników energii w danym okresie przebiega w stałej proporcji, bez możliwości ich substytucji na wszystkich poziomach produkcji.

Ten warunek, podobnie jak założenie 4., jest konsekwencją założenia 2. Jego siła jest porównywalna z siłą założenia poprzedniego, ponieważ także nie uwzględnia się w nim możliwości występowania stałych kosztów energetycznych.

Założenie 6.

Wielkość emisji CO₂ przypadająca na jednostkę rodzaju spalonego paliwa jest stała i nie zależy od warunków procesów spalania.

Założenie to jest najmniej restrykcyjne ze wszystkich pozostałych. Wprowadza ono pewne uproszczenie, którego jest możliwe z uwagi na chemiczne właściwości procesów spalania. Węgiel zawarty w paliwach, w przypadku całkowitego spalania ulega utlenieniu do ditlenku węgla, bądź tlenku węgla, w przypadku spalania niecałkowitego. Ta druga sytuacja jest dalece niepożądana w procesach przemian energetycznych, dlatego udział tlenku węgla wśród produktów spalania paliw utrzymywany jest na minimalnym poziomie. Wykorzystane w modelu wskaźniki emisyjności paliw uwzględniają średnią emisję CO₂ z procesów ich spalania dla średniej wartości opałowej.

II.4.2. Konstrukcja modelu

Metoda badań opiera się na dekompozycji wzrostu gospodarczego przeprowadzonej przez M. Syrquin'a, która została wyjaśniona w poprzednim rozdziale.

Ponieważ poszczególne źródła energii charakteryzują się inną emisyjnością CO₂, emisje te są iloczynem ilości zużytej energii z danego źródła i wskaźnika emisyjności tego źródła. Stąd, wielkość emisji CO₂ dla każdego z sektorów badanej gospodarki może być przedstawiona w formie macierzowej według wzoru:

$$\mathbf{P} = \mathbf{E}_z \hat{\mathbf{c}} \quad (2.24)$$

gdzie:

\mathbf{P} – macierz (n x m), której element p_{ij} oznacza emisję CO₂ w sektorze i ze zużycia nośnika energii j ;

\mathbf{E}_z – macierz (n x m), której elementy oznaczają wykorzystywanie energii z poszczególnych źródeł przez każdy z sektorów;

$\hat{\mathbf{c}}$ – macierz diagonalna m x m, której elementy na głównej diagonalnej stanowią wartości wskaźników emisyjności poszczególnych źródeł energii (emisja CO₂ na jednostkę energii), a pozostałe elementy macierzy wynoszą zero.

Kolejnym krokiem obliczeń jest skojarzenie danych o emisjach z danymi ekonomicznymi. Dokonuje się tego przez wyliczenie bezpośrednich współczynników emisyjności CO₂ dla każdego z sektorów, tj. wielkości emisji na jednostkę produkcji w danym sektorze:

$$\mathbf{W} = \hat{\mathbf{x}}^{-1} \mathbf{P} = (\hat{\mathbf{e}} \hat{\mathbf{x}}^{-1}) (\mathbf{P} \hat{\mathbf{e}}^{-1}) = \hat{\mathbf{n}} \mathbf{E}_m \hat{\mathbf{c}} \quad (2.25)$$

gdzie:

\mathbf{W} – macierz (n x m) bezpośrednich współczynników emisji CO₂ dla produkcji globalnej poszczególnych sektorów. Elementy macierzy w_{ij} oznaczają wielkość emisji ze zużycia nośnika energii j na jednostkę produkcji w sektorze i ;

$\hat{\mathbf{x}}^{-1}$ – odwrotność macierzy diagonalnej (n x n), której elementy głównej diagonalnej oznaczają produkcję globalną poszczególnych sektorów;

$\hat{\mathbf{e}}^{-1}$ – odwrotność macierzy diagonalnej (n x n), której elementy głównej diagonalnej oznaczają całkowitą konsumpcję energii w poszczególnych sektorach;

\hat{n} – macierz diagonalna (n x n), której elementy głównej diagonalnej oznaczają całkowitą konsumpcję energii danego sektora na jednostkę produkcji globalnej tego sektora, jest to tzw. energochłonność produkcji;

E_m – macierz (n x m) określająca procentowy udział wykorzystywania poszczególnych źródeł energii j w sektorach i .

Równanie (2.25) opisuje emisje bezpośrednie, tj. nie zawiera tzw. emisji pośrednich, czyli emisji generowanych podczas wytwarzania dóbr pośrednich, wykorzystanych w produkcji dóbr finalnych. Współczynniki całkowitej emisyjności CO₂ produkcji określają jednocześnie pośrednią i bezpośrednią emisję. Można je uzyskać mnożąc pośrednie współczynniki emisji CO₂ przez macierz odwrotną Leontief'a, która mierzy całkowite zapotrzebowanie (pośrednie i bezpośrednie) w sektorze i na jednostkę popytu końcowego w sektorze j :

$$V = (I - A_d)^{-1}W \quad (2.26)$$

gdzie:

V – macierz (n x m) całkowitych współczynników emisji CO₂, której elementy v_{ij} oznaczają całkowitą ilość emisji ze zużycia nośnika energii j przypadającą na jednostkę popytu finalnego na produkty sektora i ;

I – macierz jednostkowa (n x n);

A_d – macierz (n x n) krajowych współczynników bezpośredniej produktochłonności.

Zmianę emisji CO₂ pomiędzy okresem bazowym t^0 a okresem t^1 można wyrazić:

$$\begin{aligned} \Delta p &= p^1 - p^0 = W^1 x^1 - W^0 x^0 \\ &= W^1 x^1 - (W^1 + \Delta W)(x^0 + \Delta \hat{x}) \\ &= W^1 \Delta x + \Delta W x^1 - \Delta W \Delta x \\ &= (W^0 + \Delta W) \Delta x + \Delta W x^1 - \Delta W \Delta x \\ &= W^0 \Delta x + \Delta W x^1 \end{aligned} \quad (2.27)$$

Zmiana emisji CO₂ (ΔP) jest wynikiem zmian wielkości produkcji globalnej ($\Delta \hat{x} W^0$) oraz zmiany bezpośrednich współczynników emisji ($\hat{x}^1 \Delta W$). Ważne jest, aby dla

wszystkich zmian wielkości wyrażonych w jednostkach pieniężnych zapewnić ich porównywalność poprzez zastosowanie wspólnego układu cen. W przeprowadzonych analizach okresem bazowym poziomu cen będzie zawsze okres t^0 .

W ten sam sposób można poddać dalszej dekompozycji zmianę bezpośrednich współczynników emisji CO₂ (ΔW):

$$\Delta W = \Delta \hat{n} E_m^1 \hat{c} + \hat{n}^0 \Delta E_m \hat{c} \quad (2.28)$$

Podstawiając równanie (2.28) do wyrażenia $(\hat{x}^1 \Delta W)$ z równania (2.27) otrzymuje się:

$$\Delta W x^1 = (\hat{x}^1 \Delta \hat{n} E_m^1 \hat{c}) i + (\hat{x}^1 \hat{n}^0 \Delta E_m \hat{c}) i \quad (2.29)$$

gdzie:

i - wektor sumujący, o elementach równych 1.

Równanie (2.29) pokazuje zmiany poziomu emisji CO₂ wywołane zmianami bezpośrednich współczynników emisji CO₂, które można rozłożyć na efekt wywołany zmianą energochłonności $(\hat{x}^1 \Delta \hat{n} E_m^1 \hat{c})$, tj. ilości zużytej energii na jednostkę produkcji globalnej oraz efekt wywołany zmianami w strukturze zaopatrzenia sektorów w nośniki energii $(\hat{x}^1 \hat{n}^0 \Delta E_m \hat{c})$.

Następnie, w celu analizy efektu zmian produkcji globalnej ($W^0 \Delta X$) wykorzystana zostanie koncepcja mierzenia wzrostu gospodarczego i zmian strukturalnych według M. Syrquin'a przedstawiona na Rysunku 20. [Kubo, Robinson i Syrquin 1986]. Zgodnie z nią zmiany w strukturze produkcji globalnej można zapisać jako:

$$dx = x^1 - \lambda x^0 \quad (2.30)$$

gdzie:

λ – skalar, będący stosunkiem produkcji globalnej x^1/x^0 ;

dx – odchylenia w tempie wzrostu poszczególnych sektorów od tempa wzrostu produkcji globalnej w rozpatrywanym okresie.

Z równania (2.30), zmianę produkcji pomiędzy okresem t^0 i t^1 można zapisać:

$$\begin{aligned}\Delta x &= x^1 - x^0 = (\lambda x^0 + dx) - x^0 \\ &= (\lambda - 1)x^0 + dx \\ &= \gamma x^0 + dx\end{aligned}\tag{2.31}$$

gdzie:

γ – skalar, będący stopą wzrostu gospodarczego ($\gamma = \lambda - 1$).

Podstawiając równanie (2.31) do wyrażenia ($W^0(\gamma x^0)$) z równania (2.27) można otrzymać:

$$W^0 \Delta x = W^0(\gamma x^0) + W^0 dx.\tag{2.32}$$

Równanie (2.32) przedstawia wpływ zmian produkcji globalnej na emisje CO₂ jako sumę efektu wzrostu gospodarczego, mierzonego wzrostem produkcji globalnej ($W^0(\gamma x^0)$) i efektu spowodowanego zmianą nieenergetycznych czynników strukturalnych ($W^0 dx$).

Efekt związany z działaniem nieenergetycznych czynników strukturalnych określający zmiany poziomu emisji można rozłożyć na czynniki w oparciu o zasadę pokazaną w równaniu (2.33). Sposób ten można wyjaśnić wychodząc od podstawowego bilansu input-output, określającego wielkość krajowego produktu globalnego:

$$x = Ax - m_m + f_d - m_f + e\tag{2.33}$$

gdzie:

A – macierz ($n \times n$) współczynników technicznych;

m_m – wektor ($n \times 1$) importu dóbr pośrednich $m_m = M_m Ax$;

m_f – wektor ($n \times 1$) importu dóbr końcowych $m_f = M_f Ax$;

f_d – wektor ($n \times 1$) popytu końcowy wewnętrzny na produkty krajowe;

e – wektor (n x1) eksportu produktów krajowych.

Na podstawie równania (2.23) powyższą formułę określającą sumę produkcji danej gospodarki można przekształcić zapisując:

$$x = [I - (I - M_m)A]^{-1}[(I - M_f)f_d + e] \quad (2.34)$$

gdzie:

M_m – macierz (n x n) diagonalna współczynników całkowitej importochłonności popytu pośredniego poszczególnych sektorów;

M_f – macierz (n x n) diagonalna współczynników końcowej importochłonności na sektor.

Podstawiając równanie (2.34) do równania (2.30) można zapisać:

$$\begin{aligned} dx &= x^1 - \lambda x^0 \\ &= [I - (I - M_m^1)A^1]^{-1} [(I - M_f^1)\hat{f}_d^1 + \hat{e}^1] i \\ &\quad - [I - (I - M_m^0)A^0]^{-1} [(I - M_f^0)\lambda\hat{f}_d^0 + \lambda\hat{e}^0] i \\ &= B^1 G^1 i - B^0 G^0 i \\ &= (B^0 \Delta B)(G^0 - \Delta G) i - B^0 G^0 i \\ &= (B^0 \Delta B) \Delta G i + \Delta B G^0 i \\ &= B^1 \Delta G i + \Delta B G^0 i \end{aligned} \quad (2.35)$$

gdzie:

\hat{f}_d^0 - macierz diagonalna, której elementy odpowiadają wektorowi f_d^0 ;

\hat{f}_d^1 - macierz diagonalna, której elementy odpowiadają wektorowi e_d^1 ;

\hat{e}^0 - macierz diagonalna, której elementy odpowiadają wektorowi e^0 ;

\hat{e}^1 - macierz diagonalna, której elementy odpowiadają wektorowi e^1 ;

$$B^1 = [I - (I - M_m^1)A^1]^{-1};$$

$$B^0 = [I - (I - M_m^0)A^0]^{-1};$$

$$G^1 = [(I - M_f^1)\hat{f}_d^1 + \hat{e}^1];$$

$$\mathbf{G}^0 = \left[(\mathbf{I} - \mathbf{M}_f^0) \lambda \hat{\mathbf{f}}_d^0 + \lambda \hat{\mathbf{e}}^0 \right].$$

Zmianę $\Delta \mathbf{B}$ można zapisać jako:

$$\begin{aligned} \Delta \mathbf{B} &= \mathbf{B}^1 - \mathbf{B}^0 \\ &= \left[\mathbf{I} - (\mathbf{I} - \mathbf{M}_m^1) \mathbf{A}^1 \right]^{-1} - \left[\mathbf{I} - (\mathbf{I} - \mathbf{M}_m^0) \mathbf{A}^0 \right]^{-1} \\ &= \left[\mathbf{I} - (\mathbf{I} - \mathbf{M}_m^1) \mathbf{A}^1 \right]^{-1} - \left[\mathbf{I} - (\mathbf{I} - \mathbf{M}_m^0) \mathbf{A}^1 \right]^{-1} \\ &\quad + \left[\mathbf{I} - (\mathbf{I} - \mathbf{M}_m^0) \mathbf{A}^1 \right]^{-1} - \left[\mathbf{I} - (\mathbf{I} - \mathbf{M}_m^0) \mathbf{A}^0 \right]^{-1} \\ &= (\mathbf{B}^1 - \mathbf{B}^*) + (\mathbf{B}^* - \mathbf{B}^0) \end{aligned} \quad (2.36)$$

gdzie:

$$\mathbf{B}^* = \left[\mathbf{I} - (\mathbf{I} - \mathbf{M}_m^0) \mathbf{A}^1 \right]^{-1}.$$

Tym samym $\Delta \mathbf{B}$ łączy w sobie efekt zmian importochłonności ($\bar{\mathbf{M}}_m$), tj. $(\mathbf{B}^1 - \mathbf{B}^*)$ oraz efekt zmian w strukturze nakładów $(\mathbf{B}^* - \mathbf{B}^0)$. Istotne jest jednak, aby zauważyć, że macierz \mathbf{B} nie może być w pełni utożsamiana z macierzą krajowych współczynników całkowitej produktochłonności, ponieważ zawarte w niej współczynniki zawierają uśrednioną wartość produkcji krajowej. Może natomiast stanowić jej praktyczną reprezentację, która nie powinna w istotny sposób wpływać na jakość uzyskanych wyników dekompozycji.

W podobny sposób jak w równaniu (2.36) wyrazić można $\Delta \mathbf{G}$:

$$\begin{aligned} \Delta \mathbf{G} &= \mathbf{G}^1 - \mathbf{G}^0 \\ &= \left[(\mathbf{I} - \mathbf{M}_f^1) \hat{\mathbf{f}}_d^1 + \hat{\mathbf{e}}^1 \right] \\ &\quad - \left[(\mathbf{I} - \mathbf{M}_f^0) \lambda \hat{\mathbf{f}}_d^0 + \lambda \hat{\mathbf{e}}^0 \right] = \\ &= \left[(\mathbf{I} - \mathbf{M}_f^1) \hat{\mathbf{f}}_d^1 + \hat{\mathbf{e}}^1 \right] - \left[(\mathbf{I} - \mathbf{M}_f^0) \hat{\mathbf{f}}_d^1 + \hat{\mathbf{e}}^1 \right] \\ &\quad + \left[(\mathbf{I} - \mathbf{M}_f^0) \hat{\mathbf{f}}_d^1 + \hat{\mathbf{e}}^1 \right] \\ &\quad - \left[(\mathbf{I} - \mathbf{M}_f^0) \lambda \hat{\mathbf{f}}_d^0 + \lambda \hat{\mathbf{e}}^0 \right] \\ &= (\mathbf{G}^1 - \mathbf{G}^*) + (\mathbf{G}^* - \mathbf{G}^0) \end{aligned} \quad (2.37)$$

gdzie:

$$\mathbf{G}^* = \left[(\mathbf{I} - \mathbf{M}_f^0) \hat{\mathbf{f}}_d^1 + \hat{\mathbf{e}}^1 \right].$$

ΔG można natomiast rozłożyć na dwa czynniki: czynnik zmian importochłonności dóbr finalnych (M_f), tj. ($G^1 - G^*$) oraz czynnik zmian w popycie końcowym na produkty krajowe spowodowany zmianami F_d i E , tj. ($G^* - G^0$).

Poprzez podstawienie równania (2.36) i (2.37) do równania (2.35), wpływ nieenergetycznych zmian w strukturze gospodarczej na emisje CO₂ można obliczyć według wzoru:

$$\begin{aligned}
 W^0 \cdot dx = & \widehat{w}^0 [B^1(I - M_f^0)(f_d^1 - \lambda f_d^0)]i \\
 & + \widehat{w}^0 [B^1(e^1 - \lambda e^0)]i \\
 & + \widehat{w}^0 [B^1(M_f^0 - M_f^1)f_d^1]i \\
 & + \widehat{w}^0 [(B^1 - B^*)G^0]i \\
 & + \widehat{w}^0 [(B^* - B^0)G^0]i
 \end{aligned} \tag{2.38}$$

gdzie:

w^0 – wektor, którego elementy są sumą wierszy macierzy W^0 ($w^0 = W^0 i$);

\widehat{w}^0 – macierz diagonalna, której elementy odpowiadają wektorowi w^0 .

W celu uzyskania dekompozycji zdolnej do szczegółowego wyjaśnienia wpływu zmian struktury popytu powyższe wyrażenie można rozszerzyć o efekty cząstkowe związane z wydzieleniem składowych popytu końcowego wewnętrznego, tj. popytu gospodarstw domowych, popytu agencji rządowych oraz popytu na inwestycje w środki trwałe. Stąd:

$$f_d = k + r + j \tag{2.39}$$

gdzie:

k – wektor popyt gospodarstw domowych

r – wektor popyt rządowy

j – inwestycje w środki trwałe brutto.

A zatem:

$$\begin{aligned}
W^0 \cdot dx = & \{\widehat{w}^0 [B^1(I - M_k^0)(k^1 - \lambda k^1)]\}i \\
& + \{\widehat{w}^0 [B^1(I - M_r^0)(r^1 - \lambda r^1)]\}i \\
& + \{\widehat{w}^0 [B^1(I - M_j^0)(j^1 - \lambda j^1)]\}i \\
& + \{\widehat{w}^0 [B^1(e^1 - \lambda e^0)]\}i \\
& + \{\widehat{w}^0 [B^1(M_k^0 - M_k^1)k^1]\}i \\
& + \{\widehat{w}^0 [B^1(M_r^0 - M_r^1)r^1]\}i \\
& + \{\widehat{w}^0 [B^1(M_j^0 - M_j^1)j^1]\}i \\
& + \{\widehat{w}^0 [(B^1 - B^*)G^0]\}i \\
& + \{\widehat{w}^0 [B^* - B^0]G^0\}i \\
& + [\widehat{w}^0(\gamma x^0)]i.
\end{aligned} \tag{2.40}$$

Ostateczne podstawienie równań (2.29), (2.32), (2.40) do równania (2.27) pokazuje, że zmiana emisji CO₂ (Δp) jest sumą jednoczesnego działania 12 efektów cząstkowych:

$$\begin{aligned}
\Delta p = & p^1 - p^0 \\
= & W^1 x^1 - W^0 x^0 \\
= & (\widehat{x}^1 \Delta \widehat{n} E_m^1 \widehat{c}) i \\
& + (\widehat{x}^1 n^0 \Delta E_m \widehat{c}) i \\
& + \{\widehat{w}^0 [B^1(I - M_k^0)(k^1 - \lambda k^1)]\}i \\
& + \{\widehat{w}^0 [B^1(I - M_r^0)(r^1 - \lambda r^1)]\}i \\
& + \{\widehat{w}^0 [B^1(I - M_j^0)(j^1 - \lambda j^1)]\}i \\
& + \{\widehat{w}^0 [B^1(e^1 - \lambda e^0)]\}i \\
& + \{\widehat{w}^0 [B^1(M_k^0 - M_k^1)k^1]\}i \\
& + \{\widehat{w}^0 [B^1(M_r^0 - M_r^1)r^1]\}i \\
& + \{\widehat{w}^0 [B^1(M_j^0 - M_j^1)j^1]\}i \\
& + \{\widehat{w}^0 [(B^1 - B^*)G^0]\}i \\
& + \{\widehat{w}^0 [B^* - B^0]G^0\}i \\
& + [\widehat{w}^0(\gamma x^0)]i.
\end{aligned} \tag{2.41}$$

Znaczenie poszczególnych elementów wyprowadzonych w równaniu (2.41) wyjaśnia Tabela 1. W tabeli dokonana została także próba usystematyzowania poszczególnych czynników determinujących wielkość emisji CO₂ w gospodarce.

Tabela 1. Systematyka wyróżnionych w modelu czynników wpływających na zmiany emisji CO₂

CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA EMISJE CO ₂	FORMUŁA MATEMATYCZNA	CHARAKTERYSTYKA CZYNNIKA
1. Czynnik równomiernego wzrostu gospodarczego	$[\hat{w}^o(\gamma x^0)]i$	Zmiana produkcji globalnej w sektorach w tempie odpowiadającym przyrostowi wartości produkcji globalnej ogółem
2. Czynniki strukturalne:		
A. Podgrupa czynników energetycznych:		
<i>Zmiany energochłonności gospodarki</i>	$(\hat{x}^1 \Delta \hat{n} E_m^{-1} \hat{c}) i$	Zmiana energochłonności sektorów, wyrażona w jednostkach energii na jednostkę wartości produkcji
<i>Zmiana struktury zużycia nośników energii</i>	$(\hat{x}^1 n^0 \Delta E_m \hat{c}) i$	Zmiana procentowego udziału poszczególnych nośników energii w całkowitym zapotrzebowaniu na energię poszczególnych sektorów
B. Podgrupa czynników popytowych:		
B.1.) Zmiana struktury popytu końcowego		
<i>Zmiana popytu gospodarstw domowych na produkty krajowe</i>	$\{\hat{w}^o [B^1 (I - M_k^0) (k^1 - \lambda k^0)]\}i$	Zmiana tempa konsumpcji produktów sektorów krajowych przez gospodarstwa domowe, mierzona względem tempa wzrostu produkcji globalnej ogółem (λ)
<i>Zmiana popytu gospodarstw domowych na produkty importowane</i>	$\{\hat{w}^o [B^1 (M_k^0 - M_k^1) k^1]\}i$	Zmiana udziału produktów importowanych w konsumpcji gospodarstw domowych ogółem

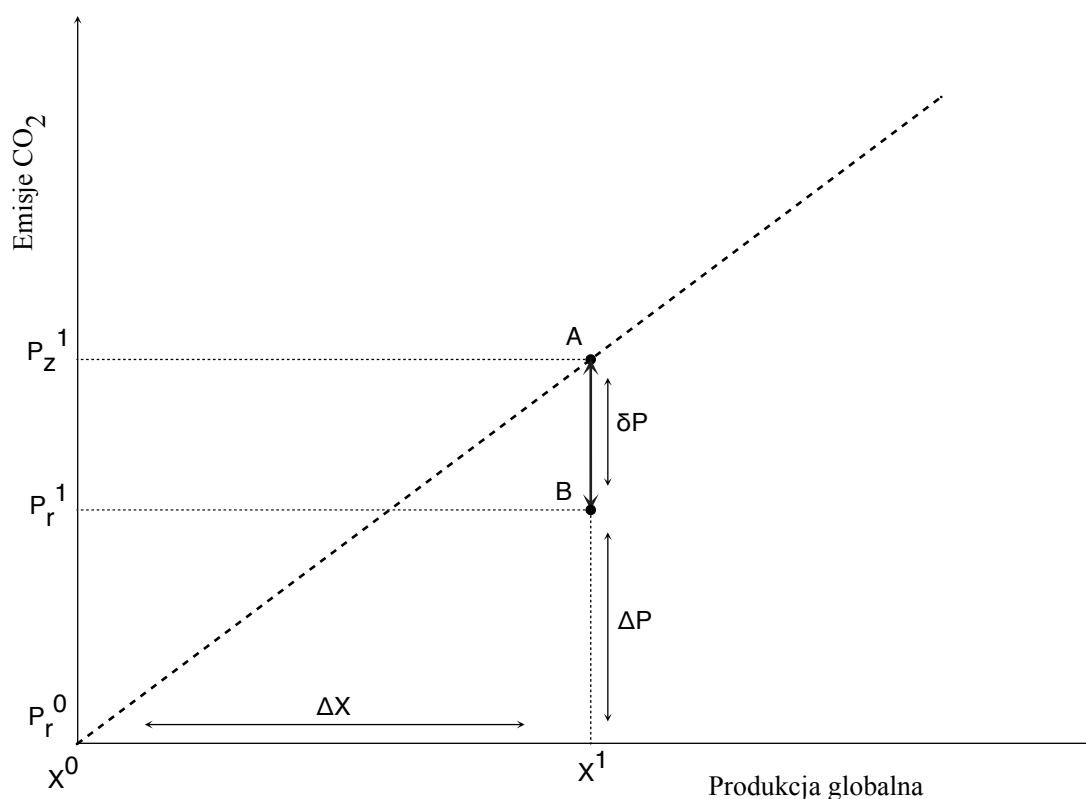
<i>Zmiana popytu agencji rządowych na produkty krajowe</i>	$\{\widehat{w}^o [B^1(I - M_r^0)(r^1 - \lambda r^0)]\}i$	Zmiana tempa konsumpcji produktów sektorów krajowych przez agencje rządowe, mierzona względem tempa wzrostu produkcji globalnej ogółem (λ)
<i>Zmiana wydatków rządowych na produkty importowane</i>	$\{\widehat{w}^o [B^1(M_r^0 - M_r^1)r^1]\}i$	Zmiana udziału produktów importowanych w wydatkach agencji rządowych ogółem
<i>Zmiana nakładów brutto na środki trwałe krajowe</i>	$\{\widehat{w}^o [B^1(I - M_j^0)(j^1 - \lambda j^0)]\}i$	Zmiana tempa nakładów brutto na środki trwałe krajowe, mierzona względem tempa wzrostu produkcji globalnej ogółem (λ)
<i>Zmiana nakładów brutto na środki trwałe importowane</i>	$\{\widehat{w}^o [B^1(M_j^0 - M_j^1)j^1]\}i$	Zmiana udziału produktów importowanych w nakładach na środki trwałe brutto ogółem
<i>Zmiana popytu zewnętrznego (eksportu)</i>	$\{\widehat{w}^o [B^1(e^1 - \lambda e^0)]\}i$	Zmiana tempa eksportu produktów sektorów krajowych, mierzona względem tempa wzrostu produkcji globalnej ogółem (λ)
B.2.) Zmiana struktury popytu pośredniego		
<i>Zmiana popytu pośredniego na produkty importowane</i>	$\{\widehat{w}^o [(B^1 - B^*)G^0]\}i$	Zmiana udziału produktów importowanych w popycie pośrednim sektorów
<i>Zmiana popytu pośredniego ogółem</i>	$\{\widehat{w}^o [B^* - B^0]G^0\}i$	Zmiana współczynników technicznych w macierzy bezpośrednich nakładów

Źródło: opracowanie własne

II.4.3. Analiza zależności w modelu

Zasadę, wedle której skonstruowano model można wyjaśnić za pomocą schematu przedstawionego na Rysunku 21. Zmiana w zagregowanej emisji CO₂ ze spalania paliw w danej gospodarce ΔP (gdzie: $\Delta P = P_r^1 - P_r^0$) jest sumą zmian cząstkowych determinowanych wpływem wyszczególnionych w modelu czynników.

W celu wyodrębnienia zmiany w emisji spowodowanej zmianami w strukturze gospodarczej, w metodologii wykorzystano omawianą wcześniej koncepcję równomiernego wzrostu gospodarczego, tj. wzrostu pozbawionego zmian strukturalnych. Zgodnie z nią produkcja w każdym z sektorów rośnie w tempie równym wzrostowi całej gospodarki w rozpatrywanym okresie. Na Rysunku 21. wzrost ten powoduje proporcjonalny przyrost emisji CO₂ oznaczony przerywaną linią.



Rysunek 21. Mierzenie wpływu zmian struktury gospodarczej na emisje CO₂

Źródło: opracowanie własne

W przypadku, gdy w danej gospodarce pomiędzy okresem 0 i 1 produkcja globalna ogółem wzrosła z poziomu X⁰ do poziomu X¹ przy założeniu braku zmian strukturalnych, spowodowałoby to wzrost emisji z poziomu P₀ do poziomu P_z¹, co obrazuje przejście z punktu 0 do punktu A. Jednakże w rzeczywistości wraz ze wzrostem gospodarczym zachodzą pewne zmiany strukturalne, które mogą powodować odchylenie (dodatnie lub ujemne) poziomu emisji od wartości teoretycznej wyznaczonej w punkcie A. Stąd, odcinek łączący punkty A i B stanowi odchylenie rzeczywistej emisji od poziomu teoretycznego oznaczone jako δP i przedstawia wpływ zmian strukturalnych na emisję CO₂ pomiędzy okresami 0 i 1.

Zaproponowany model dekomponujący zmiany emisji CO₂ jest sumą 12 różnych czynników, których siła i kierunek decydują o ostatecznym charakterze zmiany emisji CO₂ w przeciągu rozważanego okresu. Każdy z tych czynników warunkowany jest natomiast innymi zależnościami, które zostały wyjaśnione poniżej.

Zmiana energochłonność gospodarki wiąże się z pojęciem energochłonności, które oznacza sumę zużytej energii przypadająca na jedną jednostkę wytworzonej produkcji w gospodarce. Tym samym zmianę tę można utożsamiać ze zmianą efektywności energetycznej gospodarki. Czynnikiem ten bezpośrednio wpływa na wielkość emisji CO₂, ponieważ zużycie większości nośników energii łączy się z procesami spalania, w których uwalniany jest CO₂. Tym samym im większe zużycie energii w gospodarce przypadające na jedną jednostkę produkcji, to przy założeniu stałej kompozycji zużycia nośników energii w sektorach, wśród których są paliwa zawierające węgiel pierwiastkowy, tym większa emisja CO₂ do atmosfery.

Interpretacja niezagregowanych elementów macierzy $(\hat{x}^1 \Delta \hat{n} E_m^{-1} \hat{c})$ jest następująca: wartość el_{ij} oznacza *ceteris paribus* zmianę emisji CO₂ w sektorze i wynikającą ze zmiany zużycia nośnika energii j na jednostkę produkcji sektora i . Stąd, tożsamość $(\hat{x}^1 \Delta \hat{n} E_m^{-1} \hat{c})i$ oznacza zmianę emisji CO₂ w sektorze i wynikającą ze zmiany zużycia m nośników energii na jednostkę produkcji sektora i . Jednocześnie dokonując agregacji kolumn macierzy $(\hat{x}^1 \Delta \hat{n} E_m^{-1} \hat{c})$, zamiast jej wierszy, można uzyskać całkowitą zmianę emisji CO₂, która dokonała się w wyniku zmiany wykorzystania danego nośnika energii j na jedną jednostkę produkcji w gospodarce.

Zmiana struktury zużycia nośników energii odnosi się do pojęcia *energy-mix*, czyli udziału poszczególnych źródeł energii w całkowitym zapotrzebowaniu na energię. Najczęściej wskaźnik ten liczony jest w odniesieniu do energii pierwotnej, tak aby uniknąć jej podwójnego liczenia. To podejście nie jest możliwe w stosowanej metodzie, która koncentruje się na emisjach powstających podczas spalania nośników energii i nie ma znaczenia czy procesy spalania wiążą się ze zużyciem finalnym czy też służą procesom przemian energetycznych. Struktura zużycia poszczególnych typów nośników energii wpływa na wielkość emisji CO₂, ponieważ nośniki charakteryzują się różną wielkością emisji CO₂ na jednostkę zużytej energii (tzw. emisyjnością przyp. autor). Dlatego gospodarki lub sektory zużywające względnie dużo wysokoemisyjnych paliw powodują relatywnie większe emisje CO₂. Stąd, przy założeniu stałej energochłonności, im większy procentowy przyrost udziału nośników

o wysokich wartościach wskaźnika emisyjności na jednostkę energii w całkowitym zapotrzebowaniu na energię w gospodarce, tym *ceteris paribus* większy przyrost emisji CO₂.

Interpretacja niezagregowanych elementów macierzy $(\hat{x}^1 n^0 \Delta E_m \hat{c})$ przedstawia się następująco: wartość el_{ij} oznacza *ceteris paribus* zmianę emisji CO₂ w sektorze i wynikającą ze zmiany procentowego udziału nośnika energii j w całkowitym zapotrzebowaniu na energię w sektorze i . Stąd, tożsamość $(\hat{x}^1 \Delta \hat{n} E_m^{-1} \hat{c})_i$ oznacza zmianę emisji CO₂ w sektorze i wynikającą ze zmiany procentowego udziału każdego z m nośników energii w całkowitym zapotrzebowaniu na energię w sektorze i . Natomiast, sumując poszczególne kolumny macierzy $(\hat{x}^1 n^0 \Delta E_m \hat{c})$ otrzymuje się zmianę emisji CO₂ spowodowaną zmianą całkowitego udziału nośnika energii j w gospodarce.

Zmiana popytu końcowego na produkty krajowe mierzona jest odchyleniami tempa wzrostu konsumpcji produktów krajowych sektorów od tempa wzrostu gospodarczego mierzonego zmianami produktu globalnego ogółem. Pozwala to na oddzielenie efektu zmian związanych ze zmianami strukturalnymi od zmian powodowanych wzrostem gospodarczym. Efekt tych zmian rozpatrywany jest w czterech podkategoriach popytowych: popytu gospodarstw domowych, popytu agencji rządowych, popytu przedsiębiorstw inwestujących w środki trwałe i eksportu. Osobna ich analiza znajduje swoje uzasadnienie w odmiennych uwarunkowaniach je określających oraz w możliwości dokonywania porównań w tempie przyrostu popytu między tymi podkategoriami. Oddziaływanie popytu końcowego na emisję CO₂ wynika z zasady równowagi ogólnej, na której bazują modele input-output. Zasada ta oznacza, że pewnej wielkości popytu końcowego odpowiada pewna wielkość produkcji globalnej w gospodarce. Wytworzenie produkcji globalnej, której wielkość jest istotnie większa od wielkości popytu końcowego, łączy się natomiast z procesami produkcyjnymi wykorzystującymi energię, która, gdy pochodzi z procesów spalania paliw, jest przyczyną emisji CO₂. Emisja CO₂ w gospodarce nie zależy tylko od wolumenu produkcji ogółem, ale także od jej cech jakościowych. Jest to związane ze zróżnicowaną emisyjnością poszczególnych procesów produkcyjnych oraz z powiązaniem międzysektorowymi. Dlatego zwiększenie produkcji uruchamiającej procesy energochłonne, w których wykorzystuje się wysokoemisyjne źródła energii, przy proporcjonalnym ograniczeniu procesów niskoenergetycznych, będzie *ceteris*

paribus powodować dodatni przyrost emisji nawet, jeżeli ogólny wolumen produkcji w gospodarce pozostanie na niezmiennym poziomie. Tak mierzone zmiany w strukturze produktowej popytu finalnego na produkty krajowe określają efekt emisyjny związany ze zmianą cech ilościowych i jakościowych produkcji globalnej ogółem, wynikającą ze zmiany udziałów poszczególnych produktów w popycie finalnym i względnych zmian w całkowitej produktywności. Stąd, suma sektorowych odchyień popytu finalnego (gospodarstw domowych, agencji rządowych, inwestycji w środki trwale brutto, eksportu) od scenariusza równomiernego wzrostu będzie równa zero, tylko wtedy, gdy macierz bezpośrednich współczynników technicznych (reprezentująca technologię) pozostanie bez zmian. Jednakże nawet w takim przypadku emisje powinny ulec zmianie, ponieważ zmiana procentowego udziału produktów poszczególnych sektorów w popycie finalnym (tak jak zmiana współczynników produktywności) wiąże się ze zmianą zapotrzebowania sektorów na energię.

Interpretacja niezagregowanych elementów macierzy:

- $\{\hat{w}^0[B^1(I - M_k^0)(k^1 - \lambda k^0)]\}$,
- $\{\hat{w}^0[B^1(I - M_r^0)(r^1 - \lambda r^0)]\}$,
- $\{\hat{w}^0[B^1(I - M_j^0)(j^1 - \lambda j^0)]\}$,
- $\{\hat{w}^0[B^1(e^1 - \lambda e^0)]\}$,

przedstawia się następująco: wartość elementu el_{ij} każdej z macierzy oznacza *ceteris paribus* zmianę emisji CO₂ w sektorze *i* spowodowaną zmianą zapotrzebowania na jego produkty w sektorze *j* wynikającą ze zmiany tempa przyrostu danej kategorii popytu końcowego (gospodarstw domowych, agencji rządowych, inwestycji w środki trwale brutto, eksportu) na produkty sektora *j* względem tempa wzrostu gospodarki ogółem. Sumując wiersze tychże macierzy uzyskuje się zmiany emisji CO₂ w sektorze *i*, wynikające ze zmiany zapotrzebowania na produkty całej gospodarki na skutek zmiany tempa przyrostu popytu na produkty wszystkich sektorów (określonej kategorii popytu końcowego) względem tempa wzrostu gospodarki ogółem. Z kolei, sumując kolumny macierzy uzyskuje się zmiany emisji CO₂ w całej gospodarce wynikające ze zmiany zapotrzebowania na produkty sektora *j* wskutek zmiany tempa przyrostu popytu na produkty sektora *j* (zgłaszanego przez określoną kategorię popytu końcowego) względem tempa wzrostu gospodarki ogółem.

Zmiana popytu końcowego na produkty importowane dotyczy zmian udziału produktów pochodzących z importu w całkowitym popycie końcowym na produkty poszczególnych sektorów. Zależność między udziałem produktów pochodzących z importu a emisjami w krajowej gospodarce jest odwrotnie proporcjonalna. Wynika to z faktu, iż emisje CO₂ związane z działalnością systemu produkcyjnego na rzecz zaspokojenia popytu końcowego są emitowane poza rozpatrywaną gospodarką. Tym samym popyt końcowy na produkty importowane również przyczynia się do ich powstawania, a także innych oddziaływań na środowisko, niemniej siła tych oddziaływań nie może zostać precyzyjnie oszacowana bez znajomości miejsca, z którego pochodzi import oraz cech lokalnego systemu produkcyjnego. Siła wpływu zmiany importochłonności popytu końcowego na emisje CO₂, tak jak pozostałe efekty emisyjne związane ze zmianą popytu końcowego, zależy nie tylko od zmian wolumenu popytu ogółem, lecz także od zmian jakościowych. Dlatego, przy stałym wolumenie importu, emisje w gospodarce będą tym mniejsze i większy będzie udział importu produktów tych sektorów, których działalność łączy się z większymi emisjami w danej gospodarce. Efekt zmian udziału importu w popycie końcowym rozpatrywany jest w trzech podkategoriach: popytu gospodarstw domowych, popytu agencji rządowych oraz popytu przedsiębiorstw inwestujących w środki trwałe. Z wagi na założenie o braku tzw. reeksportu, oznaczającego eksport towarów importowanych, eksport nie jest brany pod uwagę.

Interpretacja niezagregowanych elementów macierzy:

- $\{\widehat{w}^o[B^1(M_k^0 - M_k^1)k^1]\}$,
- $\{\widehat{w}^o[B^1(M_r^0 - M_r^1)r^1]\}$,
- $\{\widehat{w}^o[B^1(M_j^0 - M_j^1)j^1]\}$,

przedstawia się następująco: wartość elementu el_{ij} każdej z macierzy oznacza *ceteris paribus* zmianę emisji CO₂ w sektorze i spowodowaną zmianą zapotrzebowania na jego produkty w sektorze j wynikającą ze zmiany udziału importu danej podkategorii popytu końcowego (gospodarstw domowych, agencji rządowych, inwestycji w środki trwałe brutto) na produkty sektora j . Sumując wiersze macierzy uzyskuje się zmiany emisji CO₂ w sektorze i wynikające ze zmiany zapotrzebowania na produkty całej gospodarki na skutek zmiany udziału importu w popycie na produkty wszystkich sektorów (określonej kategorii popytu końcowego). Z kolei, sumując kolumny macierzy uzyskuje się zmiany emisji CO₂ w całej gospodarce wynikające ze zmiany

zapotrzebowania na produkty sektora j wskutek zmiany udziału importu w popycie na produkty sektora j (zgłaszanego przez określoną kategorię popytu końcowego) względem tempa wzrostu gospodarki ogółem.

Zmiana popytu pośredniego na produkty importowane przedstawiona jest w modelu jako zmiana udziału produktów pochodzących z importu w całkowitym popycie pośrednim na produkty poszczególnych sektorów. Również w tym przypadku zależność między udziałem produktów pochodzących z importu w popycie pośrednim a emisjami w krajowej gospodarce jest odwrotnie proporcjonalna, a mechanizmy powodujące powstawanie emisji (w tym również jej zmiany) są bardzo podobne do tych wywoływanych przez popyt końcowy.

Interpretacja niezagregowanych elementów macierzy $\{\widehat{W}^0[(B^1 - B^*)G^0]\}$, przedstawia się następująco: wartość elementu el_{ij} macierzy oznacza *ceteris paribus* zmianę emisji CO₂ w sektorze i spowodowaną zmianą zapotrzebowania na jego produkty w sektorze j wynikającą ze zmiany udziału importu w popycie pośrednim na produkty sektora j . Sumując wiersze macierzy uzyskuje się zmiany emisji CO₂ w sektorze i wynikające ze zmiany zapotrzebowania na produkty całej gospodarki na skutek zmiany udziału importu w popycie na produkty wszystkich sektorów (określonej kategorii popytu końcowego). Z kolei, sumując kolumny macierzy uzyskuje się zmiany emisji CO₂ w całej gospodarce wynikające ze zmiany zapotrzebowania na produkty sektora j wskutek zmiany udziału importu w popycie na produkty sektora j (zgłaszanego przez określoną kategorię popytu końcowego) względem tempa wzrostu gospodarki ogółem.

Zmiana popytu pośredniego na produkty ogółem to inaczej zmiana technologii. Przedstawiono ją w modelu jako zmianę sposobu wykorzystania produktów krajowych i zagranicznych w procesach produkcyjnych poszczególnych sektorów. Zmiana ta znajduje swoje ujęcie analityczne w zmianach elementów oryginalnej macierzy całkowitych współczynników technicznych A , która łączy w sobie nakłady krajowe i importowane. Zmiana ta jest utożsamiana ze zmianą technologii produkcji w całej gospodarce. Zależność pomiędzy technologią a emisją CO₂ jest następująca: zmiany technologiczne powodują zmiany w międzysektorowej alokacji zasobów, które następnie prowadzą do fluktuacji w zakresie produkcji [Barczyk i Lubiński 2009]. Jeżeli fluktuacje te powodują nasilenie się procesów energochłonnych, tym większa jest emisja CO₂ w gospodarce. Analogicznie, zmiany zachodzące w

gospodarce polegające na mniejszym jej uzależnieniu od procesów energochłonnych będą prowadziły do ograniczenia emisji i na odwrót.

Interpretacja niezagregowanych elementów macierzy $\{\hat{w}^o[(B^* - B^0)G^0]\}$, przedstawia się następująco: wartość elementu el_{ij} macierzy oznacza *ceteris paribus* zmianę emisji CO₂ w sektorze i spowodowaną zmianą zapotrzebowania na jego produkty w sektorze j wynikającą ze zmiany technologii produkcji w sektorze j . Sumując wiersze macierzy uzyskuje się zmiany emisji CO₂ w sektorze i wynikające ze zmiany zapotrzebowania na produkty na skutek zmiany technologii we wszystkich sektorach gospodarki. Z kolei, sumując kolumny macierzy uzyskuje się zmiany emisji CO₂ w całej gospodarce wynikające ze zmiany zapotrzebowania na produkty sektora j wskutek zmiany udziału importu w popycie na produkty sektora j .

Czynnik równomiernego wzrostu gospodarczego stanowi w przyjętej metodyce badań odniesienie, dzięki któremu możliwe jest śledzenie zmian strukturalnych i zarazem powodowanych przez nie zmian w emisji CO₂. Zmiany na skutek czynnika równomiernego wzrostu charakteryzują się tym, że zachowane są wszystkie relacje pomiędzy sektorami (nie zachodzą zmiany strukturalne), a wielkość produkcji w sektorach rośnie w tym samym tempie. Ponieważ w warunkach stałej struktury stała wielkość emisji przypisana jest do jednostki wielkości produkcji, procentowa zmiana produkcji powoduje proporcjonalną zmianę emisji CO₂.

Interpretacja niezagregowanych elementów macierzy $[\hat{w}^o(\gamma x^0)]$ jest następująca: wartość el_{ij} oznacza *ceteris paribus* zmianę emisji CO₂ w sektorze i wynikającą ze zmiany zużycia nośnika energii j spowodowanej wzrostem produkcji w sektorze i w tempie γ . Stąd, tożsamość $([\hat{w}^o(\gamma x^0)])_i$ oznacza zmianę emisji CO₂ w sektorze i wynikającą ze zmiany zużycia m nośników energii spowodowanej wzrostem produkcji w sektorze i w tempie γ . Jednocześnie dokonując agregacji kolumn macierzy $[\hat{w}^o(\gamma x^0)]$ można uzyskać całkowitą zmianę emisji CO₂, która dokonała się w wyniku zmiany wykorzystania danego nośnika energii j pod wpływem wzrostu równomiernego gospodarki w tempie γ .

Podsumowując, należ zaznaczyć, że czynniki wyodrębnione w modelu są od siebie niezależne. Dlatego sposób ich wspólnego oddziaływania na wielkość emisji w gospodarce jest wypadkową oddziaływania poszczególnych czynników, których siła i kierunek zależą od specyfiki każdego z nich. Jednocześnie należy zwrócić uwagę, że wynik symulacji sporządzonej zgodnie z równaniem (3.27) nie może być

intepretowany jako wpływ zmian strukturalnych na jakość środowiska, ponieważ uwzględnia on czynnik równomiernego wzrostu. Dopiero wynik uzyskany po odjęciu tego czynnika określa zmianę wielkości emisji CO₂ pod wpływem zmian strukturalnych. W zależności czy wynik uzyskany tą drogą jest ujemny lub dodatni, może być on interpretowany odpowiednio jako pozytywny lub negatywny wpływ zmian struktury gospodarczej na jakość środowiska.

Rozdział III

Rola czynników strukturalnych w kształtowaniu emisji CO₂ w Polsce w latach 1995-2009

Rozdział ten zawiera wyniki analiz empirycznych, które zostały opracowane w oparciu o metodę przedstawioną w poprzedniej części. Rozpoczyna się od omówienia materiału empirycznego, który został zgromadzony na potrzeby analiz. Następnie po kolei są prezentowane i dyskutowane wyniki empiryczne.

III.1. Dobór i formalna adaptacja danych empirycznych

W pracy wykorzystano dane statystyczne pochodzące z bazy The World Input - Output Database (WIOD) [Timmer 2012], które udostępniono w aneksie statystycznym. WIOD została opracowana przez międzynarodowe konsorcjum badawcze złożone z 11 jednostek naukowych z kilku krajów UE w ramach projektu sfinansowanego przez Komisję Europejską i realizowanego w latach 2009-2012. Opracowana baza obejmuje swoim zakresem 27 krajów UE, a także 13 krajów z poza tej grupy. Baza danych WIOD składa się z tablic niezbędnych w analizach input-output. Tablice te tworzą kompletne szeregi czasowe z przedziału 1995-2009 dla pojedynczych krajów [Timmer 2012]. Jest to aktualnie jedyna baza z danymi input-output o tak szerokim zakresie czasowym i terytorialnym. Jednocześnie, jest ona także najbardziej rozbudowana, jeśli chodzi o zawartość danych dla Polski.

W analizach wykorzystano następujące tablice dotyczące polskiej gospodarki:

- Bilans przepływów międzygałęziowych produktów krajowych w cenach bieżących;
- Bilans przepływów międzygałęziowych produktów importowanych w cenach bieżących;
- Bilans przepływów międzygałęziowych produktów krajowych w cenach roku poprzedniego;

- Bilans przepływów międzygałęziowych produktów importowanych w cenach roku poprzedniego;
- Zużycie energii w sektorach, związane z powstawaniem emisji (tzw. zużycie emisyjne).

Ponadto, w pracy wykorzystano uniwersalne wskaźniki efektywnej emisyjności CO₂ opracowane przez IPCC [IPCC 2006].

III.1.1. Tablice przepływów międzygałęziowych

Zawarte w tablicach transakcje przepływów międzygałęziowych zostały wyrażone w mln USD na podstawie średniorocznego kursu IMF i pogrupowane zgodnie z układem gałęziowym. W grupowaniu tym, zwanym metodą przedsiębiorstw, sumuje się wartości transakcji zgodnie z podstawowym rodzajem działalności podmiotów w nich uczestniczących [Przybyliński 2012]. Podstawą układu gałęziowego stosowanego w bazie WIOD jest europejski standard NACE rev. 1, który jest w pełni spójny z Polską Klasyfikacją Działalności 2004 i zarazem opracowaną przez ONZ Międzynarodową Standardową Klasyfikacją Rodzajów Działalności ISIC rev. 2 (z ang. *International Standard Industrial Classification of all Economic Activities*). Zastosowana klasyfikacja NACE rev. 1 jest pięciopoziomowa. Jednakże sektory wyodrębnione w bazie danych WIOD, których wyróżniono 35, zostały oparte o pierwsze trzy poziomy. Poziom pierwszy (sekcja) dzieli ogólną zbiorowość na 17 grupowań rodzajów działalności, na które składają się czynności związane ze sobą z punktu widzenia tradycyjnie ukształtowanego, ogólnego podziału pracy. Poziom ten jest oznaczony kodem jednoliterowym. Poziom pośredni (podsekcja) występuje tylko w sekcjach obejmujących działalność przemysłową, tj. w sekcji C "Górnictwo" (2 podsekcje) oraz w sekcji D "Przetwórstwo przemysłowe" (14 podsekcji). Poziom ten jest oznaczony kodem dwuliterowym. Poziom drugi (dział) dzieli ogólną zbiorowość na 60 grupowań rodzajów działalności, na które składają się czynności według cech mających zasadnicze znaczenie zarówno przy określaniu stopnia podobieństwa, jak i przy rozpatrywaniu powiązań występujących w gospodarce narodowej. Poziom ten jest oznaczony dwucyfrowym kodem numerycznym.

Tablice udostępnione w bazie WIOD są symetrycznymi tablicami przepływów (z ang. *symetric input-output table* - SIOT). Zbudowano je w układzie gałęziowo-gałęziowym, w oparciu o założenie o stałej strukturze produktowej sprzedaży (z ang. *fixed product sales structure*), które bywa niekiedy, niewłaściwie w odniesieniu do układu gałęziowego, określane jako założenie o gałęziowej technologii produkcji [OECD 2006]. Zakłada ono, że udział (krajowego) produktu A w całkowitych zakupach produktów gałęzi B od gałęzi C jest proporcjonalny do udziału gałęzi C w całkowitej krajowej produkcji towaru A w danej gospodarce [OECD 2006]. Aktualnie układ produktowo-produktowy jest bardziej powszechny i zalecany między innymi przez Eurostat [Przybyliński 2012]. Jednakże OECD, która zamieszcza swoje tablice w układzie gałęziowo-gałęziowym, zajmuje przeciwne stanowisko. Jednym z argumentów uzasadniających stosowanie właśnie tego układu przez OECD jest fakt, iż lepiej nadaje się do prowadzenia analiz poświęconych problematyce strukturalnej, będącej przedmiotem zainteresowania tej instytucji [OECD 2006].

Wykorzystane w analizach tablice IO skonstruowano na podstawie: tablic podaży i wykorzystania (z ang. *supply and use tables* – SUTs), rachunków narodowych zawierających szeregi czasowe dotyczące produkcji globalnej i tablic zużycia końcowego w poszczególnych sektorach gospodarki, a także bilateralnych przepływów handlowych dóbr i usług. Tablice podaży i wykorzystania, które użyto do budowy tablic IO dla Polski opracował GUS dla lat 1996-2007. W celu stworzenia kompletnego szeregu czasowego zostały ujednolicone pod względem klasyfikacji produktowo-sektorowej. Nieosiągalne tablice dla lat: 1995, 2008, 2009, oszacowano na podstawie danych pochodzących z rachunków narodowych, w tym produkcji globalnej i wartości dodanej wytworzonej w sektorach, całkowitego importu i eksportu oraz zużycia końcowego w różnych kategoriach popytowych. Do opracowania brakujących tablic wykorzystano algorytm znany jako SUT-RAS [Temurshoev i Timmer 2011]. W niektórych przypadkach dane krajowe uzupełniono danymi pochodzącymi z baz Eurostatu. Dekompozycję sektora usług w zakresie handlu pojazdami i ich napraw, sprzedaży paliw, handlu hurtowego, komisowego i detalicznego, a także sektora obejmującego usługi związane z nieruchomościami, leasing, usługi informatyczne i usługi na rzecz badań i rozwoju, uzyskano na podstawie danych o udziale tych sektorów w tworzeniu wartości dodanej uzyskanych z bazy EU KLEMS [Timmer 2012]. Ponieważ od roku 2006 brakuje szczegółowych danych o poszczególnych sektorach, do ich oszacowania wykorzystano wskaźniki

wzrostu sektorów zagregowanych. Wartość dodaną w cenach bieżących i roku poprzedniego ustalono wykorzystując deflatory obliczone na podstawie produkcji globalnej [Azeez i in. 2012].

Miejsce pochodzenia		Miejsce przeznaczenia												Produkcja globalna
		Zużycie pośrednie				Zużycie końcowe								
		Sektory				Kategorie popytu								
		1	2	...	N	Konsumpcja gospodarstw domowych	Konsumpcja organizacji non-profit służących gospodarstwom domowym	Konsumpcja rządowa	Investycje w środki trwałe brutto	Zmiany zapasów	Eksport			
Produkty krajowe	Sektory	1	z_{11}	z_{12}	...	z_{1n}	k_1	g_1	r_1	j_1	p_1	e_1	x_1	
		2	z_{21}	z_{22}	...	z_{2n}	k_2	g_2	r_2	j_2	p_2	e_2	x_2	
		⋮	⋮	⋮	...	⋮	
		n	z_{n1}	z_{n2}	...	z_{nn}	k_n	g_n	r_n	j_n	p_n	e_n	x_n	
	Produkty importowane	Sektory	1	zi_{11}	zi_{12}	...	zi_{1n}	ki_1	gi_1	ri_1	ji_1	-	-	-
			2	zi_{21}	zi_{22}	...	zi_{2n}	ki_2	gi_2	ri_2	ji_2	-	-	-
			⋮	⋮	⋮	...	⋮	-	-	-
			n	zi_{n1}	zi_{n2}	...	zi_{nn}	ki_n	gi_n	ri_n	ji_n	-	-	-
Konsumpcja pośrednia ogółem														
Podatki minus subsydia														
Korekta CIF/FOB na eksport														
Bezpośrednie zakupy zagraniczne gospodarstw domowych														
Bezpośrednie zakupy w kraju przez obcokrajowców														
Wartość dodana w cenach bazowych														
Międzynarodowe marże transportowe														
Produkcja globalna w cenach podstawowych		x_1	x_2	...	x_n									

Rysunek 22. Schemat tablicy przepływów międzygałęziowych WIOD

Źródło: opracowanie własne

Przyjęta metodologia analiz wymusiła dokonanie niewielkich przekształceń danych przepływów międzygałęziowych WIOD. Przede wszystkim z tablic wyeliminowano część związaną z szacowaniem wartości dodanej, która na Rysunku 22. jest zaznaczona kolorem szarym. Ponadto, z uwagi na bardzo małe znaczenie

popytu końcowego ze strony organizacji non-profit, służących gospodarstwom domowym, w całkowitym popycie końcowym kategorię tę zagregowano z konsumpcją gospodarstw domowych. Ponadto, z uwagi na nieistotne znaczenie kategorii „zmiany zapasów” dla szacunków emisji, została ona pominięta, przyjmując, że jej wartości wynoszą zero, co zostało także uwzględnione w wyniku produkcji globalnej.

III.1.2. Tablice zużycia energii

Budowa tablic dotyczących „emisyjnego” zużycia paliw w bazie WIOD jest w pełni kompatybilna z tablicami IO. Mają ten sam 35 sektorowy układ, dzięki czemu możliwe jest przeprowadzanie analiz z ich użyciem bez dodatkowych przekształceń. Zużycie energii podane jest w teradzulach (TJ). Tablice uwzględniają 26 różnych nośników energii oraz straty energetyczne. Opracowano je na podstawie rozszerzonych bilansów energii Międzynarodowej Agencji Energii (IEA). Oryginalne bilanse energetyczne IEA przedstawiają zużycie energii brutto. Stąd, musiały zostać skorygowane o nieemisyjne zużycie energii, jak np. zużycie nieenergetycznych nośników energii (np. asfaltu wykorzystywanego do budowy dróg) i zużycie surowców energetycznych na wsad niektórych typów przemian energetycznych (np. zużycie ropy naftowej w procesach jej rafinacji). Ponadto, bilanse energetyczne IEA ujęte są w charakterystycznym dla siebie układzie sektorowym, tylko w niewielkim stopniu spójnym z klasyfikacją NACE rev 1 [IEA 2005]. Dlatego w celu opracowania danych kompatybilnych z budową tablic IO, wykorzystano także informacje pochodzące z innych źródeł. W szczególności były one niezbędne do rozwiązania problemów sektorowej alokacji transterytorialnego zużycia energii (np. kwestia transportu międzynarodowego, turystyki, obronności) oraz alokacji podziału zużycia paliw w transporcie i energetyce przemysłowej.

Pierwszym krokiem w uzyskaniu właściwych tabel zużycia energii z bilansów energetycznych, dostarczanych przez IEA, było ustanowienie korespondencyjnego klucza łączącego elementy bilansów energetycznych i poszczególnych sektorów gospodarki podzielonych według klasyfikacji NACE rev. 1 oraz z gospodarstwami domowymi. Część pozycji bilansów mogła zostać bezpośrednio wykorzystana w tablicach sporządzonych na potrzeby bazy WIOD. W innych przypadkach niektóre elementy były związane z kilkoma sektorami tworzonych tablic IO. Problem ten

dotyczył transportu drogowego, który musiał zostać rozdzielony pomiędzy wszystkie sektory. Podobna przeszkoda wystąpiła w przypadku pozycji "handel i usługi publiczne", która musiała zostać rozłożona na wiele mniejszych sektorów tablicy IO. Ponadto, straty energetyczne, odgrywające istotną rolę np. w analizach efektywności energetycznej, także wymagały właściwego oszacowania i przypisania do odpowiednich sektorów.

Jeśli chodzi o przyporządkowywanie danych pochodzących z rozbieżnie zdefiniowanych sektorów, w niektórych przypadkach realokacja zużycia energii była dokonywana na podstawie danych zawartych w tablicach WIOD SUT w połączeniu z dodatkowymi informacjami i założeniami. Tak było m.in. w przypadku produkcji energii elektrycznej i ciepła na potrzeby własne, tj. poza tzw. energetyką zawodową, która była szacowana na podstawie zużycia wyspecjalizowanych paliw. Na przykład, wytwarzanie energii elektrycznej przez spalanie odpadów zostało przyporządkowane do sektora obejmującego gospodarowanie odpadami. W przypadku paliw ogólnego zastosowania takich jak gaz ziemny, jako klucza użyto danych o wykorzystaniu energii elektrycznej zawartych w tablicach SUT w pozycji CPA 40 (energia elektryczna), zakładając, że udział nieprzyporządkowanej energii elektrycznej jest równy dla wszystkich branż. Wykorzystanie energii w transporcie drogowym przez sektory obliczono na podstawie łączenia danych o wydatkach pieniężnych, pochodzących z tablic wykorzystania wyrobów, z danymi o cenach paliw z bazy IEA oraz dostępnymi informacjami o liczbie samochodów osobowych i sprawności ich silników. Pozostałe zużycie paliw, skorygowane wedle zasady zamieszkania (z ang. *resident rule*), podzielono pomiędzy sektory proporcjonalnie do liczby pracowników zatrudnionych w tych sektorach.

Różnice statystyczne wynikające z przyjętej zasady kraju pochodzenia lub kraju zamieszkania są na ogół związane z transportem. Dla sektora transportu drogowego i gospodarstw domowych zużycie paliwa obliczane jest według zasady miejsca zamieszkania w oparciu o informacje z SUT. Dla innych sektorów, zastosowano korektę korzystając przy tym z danych o turystyce zagranicznej z baz Eurostatu i OECD. W przypadku transportu lotniczego, przepływy energii wejściowej (głównie paliwa lotniczego) zostały oparte są na wydatkach związanych z zakupem produktów z grupy towarowej CPA 23 (koks, produkty rafinacji ropy naftowej i paliwo jądrowe) przez sektor lotnictwa z uwzględnieniem informacji IEA o cenie tego paliwa. W przypadku transportu morskiego ta sama procedura daje słabe wyniki, stąd przyjęto

inne rozwiązanie. Dla jednego punktu w czasie oszacowano (na podstawie danych z projektu EXIOPOL) stosunek pomiędzy wykorzystaniem paliw przez armatorów krajowych a krajowymi dostawami paliw płynnych. Wedle tego stosunku obliczono zużycie paliw w transporcie morskim, zakładając dodatkowo stały wskaźnik zużycia paliw na jednostkę popytu globalnego w cenach stałych.

III.1.3. Wskaźniki emisyjności CO₂ nośników energetycznych

W obliczeniach wykorzystano uniwersalne wskaźniki emisyjności paliw zawarte w *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* [IPCC 2006]. Zostały one utworzone w oparciu o statystyczną analizę dostępnych danych dotyczących właściwości spalania poszczególnych paliw. Przyjęte w obliczeniach wartości uniwersalne są średnimi wartościami uzyskanych wyników. W Tabeli 2. przedstawiono uwzględnione w analizach nośniki energii wraz z przyporządkowanymi im wskaźnikami emisyjności CO₂. Pokazane zostały przy tym dolne i górne granice 95% przedziałów ufności dla oszacowanych wskaźników. Zakresy niepewności podane w Tabeli 2. zostały obliczone stosując analizę Monte Carlo. Do oszacowania funkcji prawdopodobieństwa wykorzystano rozkłady log-normalne [IPCC 2006].

W przypadku węgla kamiennego i węgla brunatnego w obliczeniach wykorzystano wskaźniki obliczone w oparciu o średnie krajowe wartości opałowych dla tych paliw [KOBIZE 2011].

Tabela 2. Zastosowane w analizie empirycznej wskaźniki efektywnej emisyjności CO₂

RODZAJ NOŚNIKA ENERGII			Emisja w GgCO ₂ /TJ	Przedział ufności 95%	
Nieodnawialne źródła energii				Dolna granica	Górna granica
Paliwa płynne	Surowce pierwotne		0,0733	0,0711	0,0755
	Surowce wtórne	Benzyna	0,0693	0,0675	0,0730
		Paliwo lotnicze	0,0715	0,0697	0,0744
		Olej napędowy	0,0741	0,0726	0,0748
		Lekki olej opałowy	0,0774	0,0755	0,0788

		Ciężki olej opałowy	0,0774	0,0755	0,0788
		Nafta	0,0733	0,0693	0,0763
		Inne produkty naftowe	0,0733	0,0689	0,0766
Paliwa stałe	Surowce pierwotne	Węgiel kamienny	0,0947*	b.d.	b.d.
		Węgiel brunatny	1,0752*	b.d.	b.d.
	Surowce wtórne	Koks	0,1070	0,0957	0,1190
		Odpady	0,1430	0,1100	0,1830
Paliwa gazowe	Surowce pierwotne	Gaz ziemny	0,0561	0,0543	0,0583
	Surowce wtórne	Inne paliwa gazowe	0,0444	0,0373	0,0541
Odnawialne źródła energii					
Biobeznyna			0,0000	-	-
Biodiesel			0,0000	-	-
Biogaz			0,0000	-	-
Inne paliwa odnawialne			0,0000	-	-
Energia wodny			0,0000	-	-
Energia geotermalna			0,0000	-	-
Energia słoneczna			0,0000	-	-
Energia wiatrowa			0,0000	-	-
Pozostałe źródła energii					
Energia elektryczna			0,0000	-	-
Energia cieplna			0,0000	-	-
Energia jądrowa			0,0000	-	-
Pozostałe			0,0000	-	-

* średnie wartości emisyjności paliw dla Polski podane przez KOBIZE

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [IPCC 2006; KOBIZE 2011]

W obliczeniach przyjęto, że paliwa odnawialne są nieemisyjne, co oznacza, że ich wskaźnik emisji CO₂ na jednostkę energii wynosi zero. Jest to uproszczenie, które wynika z tego, że uwalniany podczas spalania CO₂ pozostaje w zamkniętym obiegu węgla pierwiastkowego w przyrodzie.

Ponadto założono, że elektryczność i ciepło są nośnikami nieemisyjnymi. Wiąże się to z obraniem jednego z dwóch sposobów szacowania emisji w sektorach za pomocą wykorzystywanej metody. Oba gwarantują uniknięcie tak zwanego podwójnego liczenia emisji. Pierwszy sposób, który zastosowali m.in. [Lim, Yoo i Kwak 2009] traktuje energię elektryczną i ciepłą jako emisyjne źródła energii. Za

wskaźnik ich emisyjności można przyjąć średnią emisyjność produkcji energii elektrycznej i ciepła przypadającą na jedną jednostkę energii z tych źródeł w danej gospodarce. Uwzględnia się wówczas zróżnicowany *energy-mix* ich wytwarzania. Konsekwencją tej metody jest uznanie procesów produkcji elektryczności i ciepła za nieemisyjne. Drugi sposób, który znalazł zastosowanie w analizach, przypisuje emisje bezpośrednio do sektora energii, uznając elektryczność i ciepło za nośniki nieemisyjne. Takie założenie jest bardziej realistyczne, bo w momencie poboru prądu nie występuje emisja CO₂ u odbiorcy elektryczności. To ujęcie ma również pewną słabość względem pierwszego. Substytucja energii pozyskanej ze spalania paliw energią elektryczną lub ciepłą powoduje spadek emisji w sektorach zużywających energię. Może to być wówczas mylnie interpretowane jako korzystne zmiany w sektorze dla jakości środowiska. W rzeczywistość spadek ten może zostać skompensowany znacznie większym wzrostem emisji pochodzącym z wytwarzania elektryczności i ciepła sieciowego. Jednakże w przypadku analiz dotyczących wszystkich sektorów przemysłowych danej gospodarki, skutki kompensowania się zmian emisji pomiędzy sektorami energetycznymi i nieenergetycznymi dla ogółu emisji krajowych zostaną uchwycone.

III.2. Zmiany struktury gospodarczej Polski w latach 1995-2009

W tej części przedstawione zostały zmiany w kompozycji sektorowej polskiej gospodarki, którą podzielono na sześć zagregowanych sektorów:

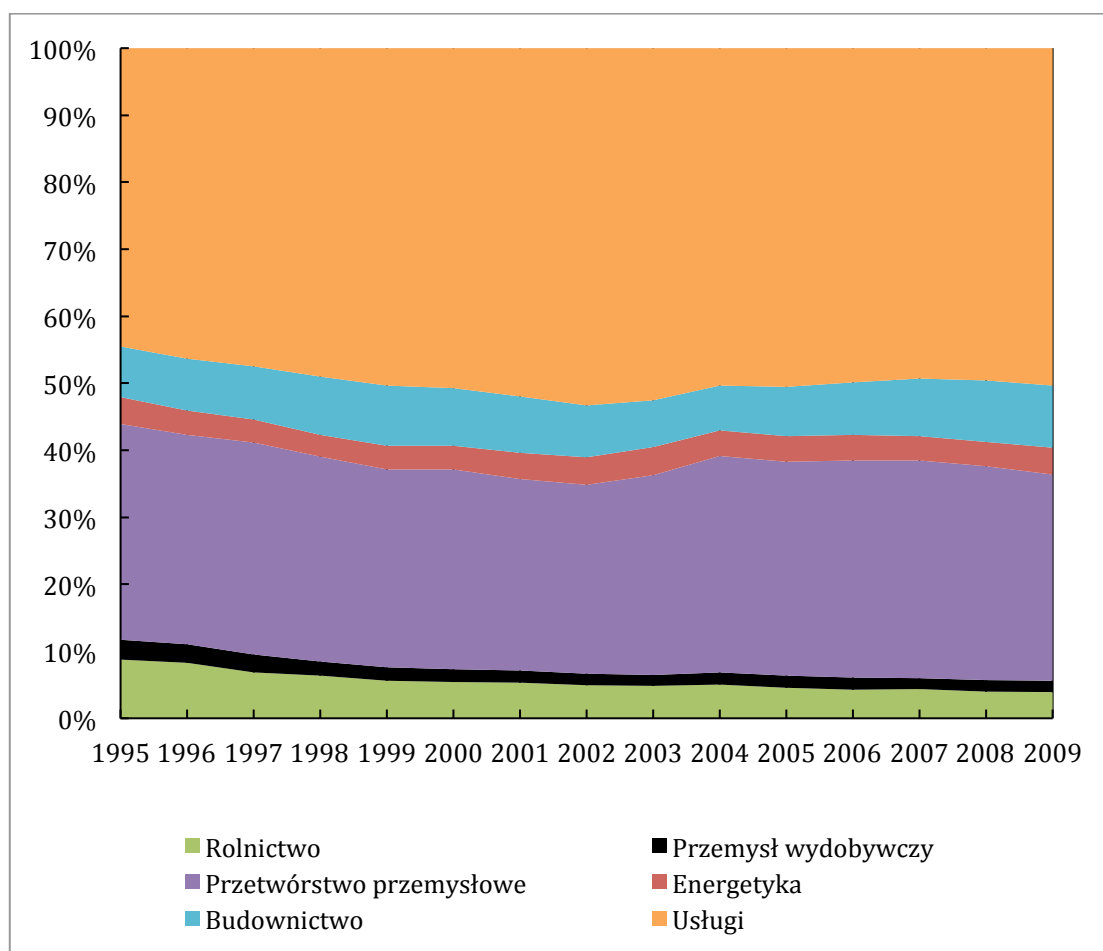
- rolnictwo;
- przemysł wydobywczy;
- przetwórstwo przemysłowe;
- energetyka;
- budownictwo;
- usługi.

Zmiany udziału wyszczególnionych komponentów zostały przeanalizowane w następujących kategoriach ekonomicznych:

- produkcja globalna;
- import ogółem;
- eksport ogółem;

- popyt pośredni na produkty krajowe i importowane;
- popyt gospodarstw domowych na produkty krajowe i importowane;
- spożycie instytucji rządowych i samorządowych;
- nakłady na środki trwałe netto krajowe i importowane.

Sektorowa kompozycja produkcji globalnej w Polsce w latach 1995-2009 cechowała się umiarkowaną zmiennością, w której jednak można dostrzec pewne prawidłowości (Rysunek 23. i Tabela 3.). Największe zmiany zaszły w sektorze rolnictwa, którego znaczenie regularnie malało. Podczas badanego okresu udział tego sektora zmniejszył się o ponad połowę. Można wnioskować, że trend ten się utrzyma się także w przyszłych latach. Znaczenie przemysłu wydobywczego również wyraźnie zmalało, bo niemal dwukrotnie. Redukcja ta miała miejsce głównie w latach 1995-2001, następnie udział tego sektora w produkcji globalnej się ustabilizował.



Rysunek 23. Procentowy udział sektorów w produkcji globalnej w Polsce w latach 1995-2009

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych WIOD

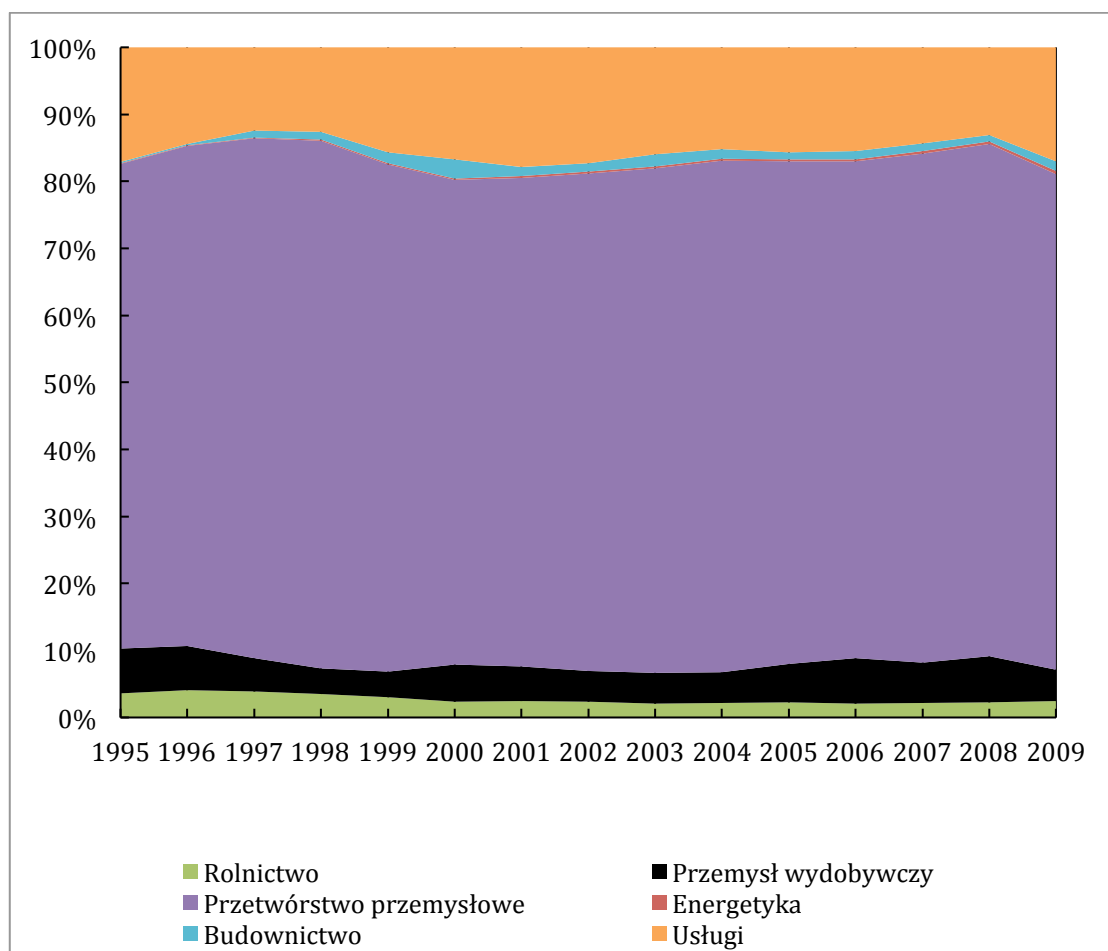
Tabela 3. Procentowy udział sektorów w produkcji globalnej w Polsce w latach 1995-2009

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Rolnictwo	9%	8%	7%	6%	6%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	4%	4%	4%	4%
Przemysł wydobywczy	3%	3%	3%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
Przetwórstwo przemysłowe	32%	31%	32%	31%	30%	30%	29%	28%	30%	32%	32%	32%	32%	32%	31%
Energetyka	4%	4%	3%	3%	3%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%
Budownictwo	8%	8%	8%	9%	9%	9%	8%	8%	7%	7%	7%	8%	9%	9%	9%
Usługi	45%	46%	47%	49%	50%	51%	52%	53%	53%	50%	50%	50%	49%	50%	50%

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych WIOD

Przetwórstwo przemysłowe było sektorem o drugim największym udziale w gospodarce polskiej, a jego udział kształtował się na stałym poziomie ok. 30%. Energetyka jest sektorem, którego udział także był stabilny w czasie. Na skutek malejącej roli rolnictwa w gospodarce polskiej w roku 2009 energetyka stała się istotniejsza od rolnictwa pod względem udziału w produkcji globalnej. Budownictwo jest sektorem, który nie wykazywał jednoznacznych tendencji w przemianach strukturalnych w Polsce. Można natomiast zauważyć pewne fazy w jego rozwój, które mogą mieć związek z cyklami koniunkturalnymi w Polsce. Sektor ten rozwijał się najbardziej w latach 1995-1999, po czym w latach 2000-2004 stopniowo malał, a po roku 2005 jego znaczenie w gospodarce zaczęło się na nowo umacniać. Najważniejszym sektorem polskiej gospodarki jest sektor usług, którego rola umacniała się od roku 1995. W latach 1995-2003 znaczenie tego sektora wzrosło prawie o 10 punktów procentowych. W roku 2002 usługi miały największe znaczenie dla gospodarki polskiej w analizowanym okresie. Następnie udział ten lekko spadł i ustabilizował się na poziomie bliskim 50% od 2004 do 2009 roku.

Zmiany struktury sektorowej importu ogółem przebiegały stosunkowo mało dynamicznie (Rysunek 24. i Tabela 4.). Największą część importu pod względem wartości w całym analizowanym okresie stanowiło przetwórstwo przemysłowe. Udział tego sektora niewiele wzrastał w okresie pomyślnej koniunktury w Polsce w latach 1995-1998, 2002-2004, a także po wstąpieniu Polski w struktury UE w latach 2006-2008. Udział sektora usług był znacząco mniejszy w imporcie, niż w produkcji globalnej ogółem, co wiąże się z charakterystyką usług, które świadczy się najczęściej na rynku lokalnym.



Rysunek 24. Procentowy udział sektorów w całkowitym imporcie Polski w latach 1995-2009

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych WIOD

Tabela 4. Procentowy udział sektorów w całkowitym imporcie Polski w latach 1995-2009

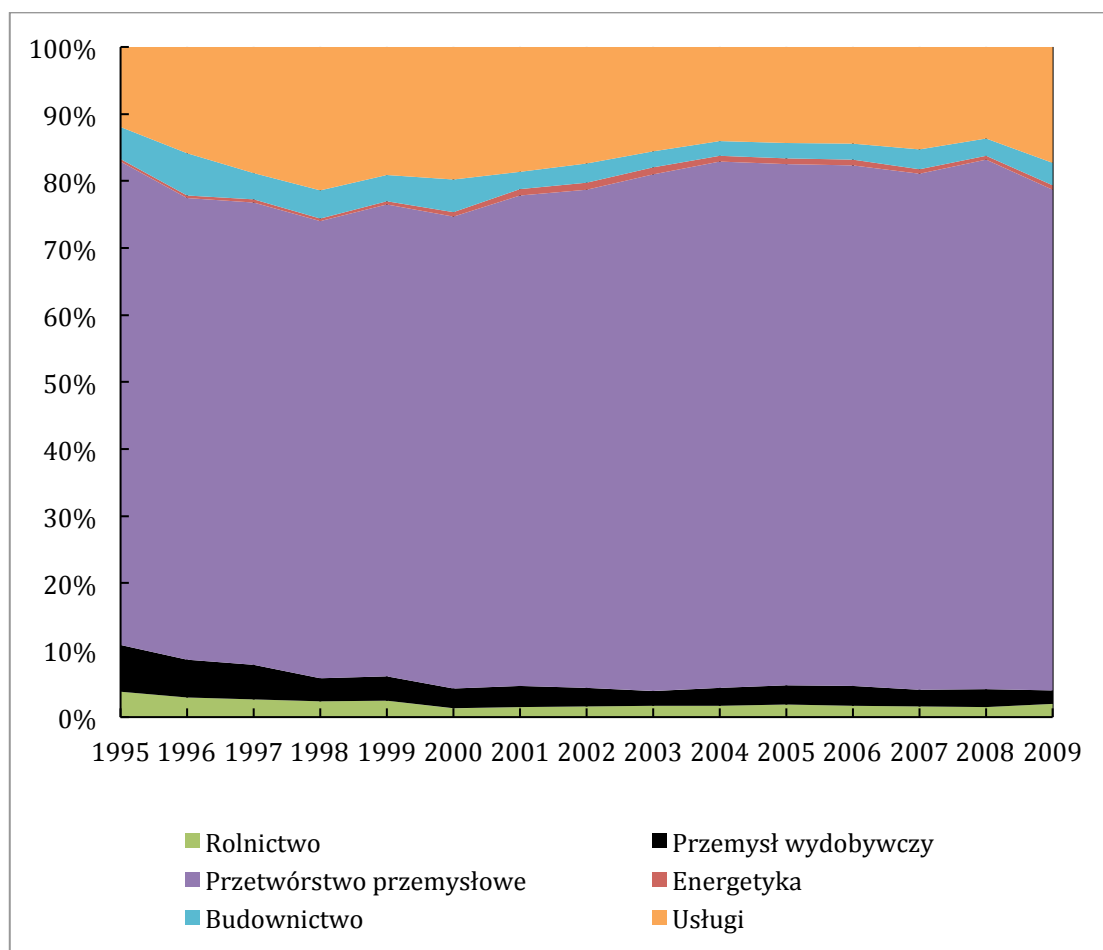
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Rolnictwo	4%	4%	4%	4%	3%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
Przemysł wydobywczy	7%	7%	5%	4%	4%	6%	5%	5%	5%	5%	6%	7%	6%	7%	5%
Przetwórstwo przemysłowe	72%	75%	78%	79%	76%	72%	73%	74%	75%	76%	75%	74%	76%	76%	74%
Energetyka	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
Budownictwo	0%	0%	1%	1%	2%	3%	1%	1%	2%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
Usługi	17%	14%	12%	13%	16%	17%	18%	17%	16%	15%	16%	15%	14%	13%	17%

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych WIOD

Wahania procentowego udziału usług w imporcie można wytłumaczyć wpływem przetwórstwa przemysłowego, które wzrasta w stosunku do sektora usług w

okresie korzystnej koniunktury. Budownictwo i energetyka to sektory, których udział się zwiększa w Polskim imporcie, choć udziały obu tych sektorów w imporcie ogółem są marginalne. Udział sektora budowlanego wzrósł gwałtownie po roku 1997, z kolei sektor energetyczny nabierał na znaczeniu w imporcie do Polski od roku 1999.

Natomiast struktura sektorowa eksportu zmieniała się dużo bardziej dynamicznie od struktury importu (Rysunek 25. i Tabela 5.). Podobnie jak w przypadku importu, sektor przetwórstwa przemysłowego miał największy udział w eksporcie. Znaczenie tego sektora, nie uwzględniając lekkiego spadku po roku 1995, oraz spadku związanego ze spowolnieniem gospodarczym po roku 2008, stopniowo rośnie w polskim eksporcie. Wzrost udziału tego sektora odbywa się kosztem zmniejszenia udziału rolnictwa, budownictwa, ale przede wszystkim przemysłu wydobywczego, którego udział zmalał w latach 1995-2009 z 6,9% do 2%.



Rysunek 25. Procentowy udział sektorów w eksporcie Polski w latach 1995-2009

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych WIOD

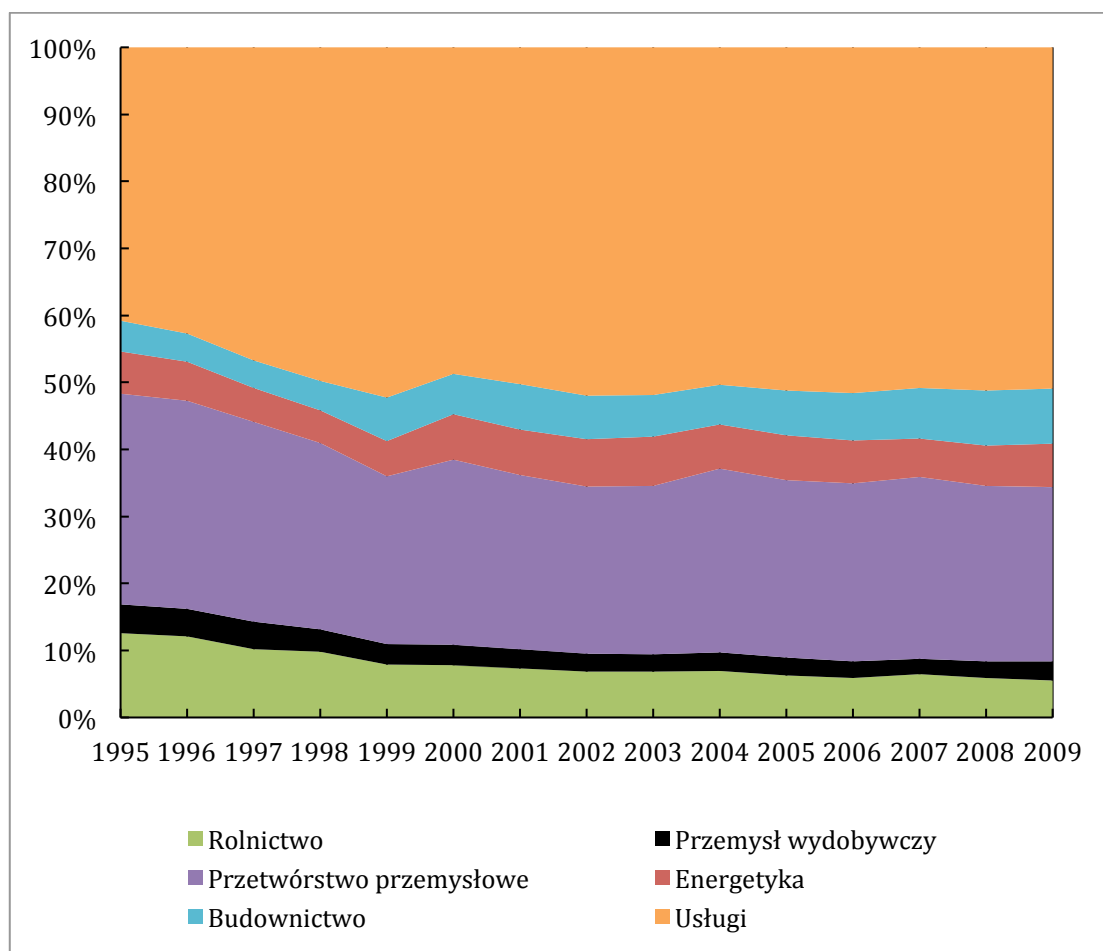
Tabela 5. Procentowy udział sektorów w eksporcie Polski w latach 1995-2009

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Rolnictwo	4%	3%	3%	2%	2%	1%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
Przemysł wydobywczy	7%	6%	5%	3%	4%	3%	3%	3%	2%	3%	3%	3%	2%	3%	2%
Przetwórstwo przemysłowe	72%	69%	69%	68%	70%	70%	73%	74%	77%	79%	78%	78%	77%	79%	75%
Energetyka	0%	0%	0%	0%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
Budownictwo	5%	6%	4%	4%	4%	5%	3%	3%	2%	2%	2%	2%	3%	3%	3%
Usługi	12%	16%	19%	21%	19%	20%	19%	17%	16%	14%	14%	14%	15%	14%	17%

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych WIOD

Bardzo mały udział w polskim eksporcie ma energetyka, jednakże także w tym sektorze zauważyć można niewielki wzrost jej znaczenia. W imporcie, udział tego sektora także wzrastał. Wskazywać to może na wzrost handlu zagranicznego elektrycznością, spowodowany najprawdopodobniej rozwojem transgranicznej infrastruktury przemysłowej.

Struktura sektorowa popytu pośredniego na produkty krajowe w Polsce jest odbiciem struktury produkcji globalnej ogółem (Rysunek 26. i Tabela 6.). Podobieństwo to wiąże się ze znacznym udziałem popytu pośredniego w popycie na produkty krajowe ogółem, któremu zgodnie z warunkiem równowagi ogólnej odpowiada produkcja globalna. Usługi w tej kategorii popytowej stanowiły zdecydowanie największy udział w analizowanym okresie. Od roku 1995 znaczenie tego sektora na rynku *business-to-business* ulegało umocnieniu z około 40% w roku 1995 do stabilnego poziomu około 50% po roku 1999.



Rysunek 26. Procentowy udział sektorów w popycie pośrednim na produkty krajowe w Polsce w latach 1995-2009

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych WIOD

Tabela 6. Procentowy udział sektorów w popycie pośrednim na produkty krajowe w Polsce w latach 1995-2009

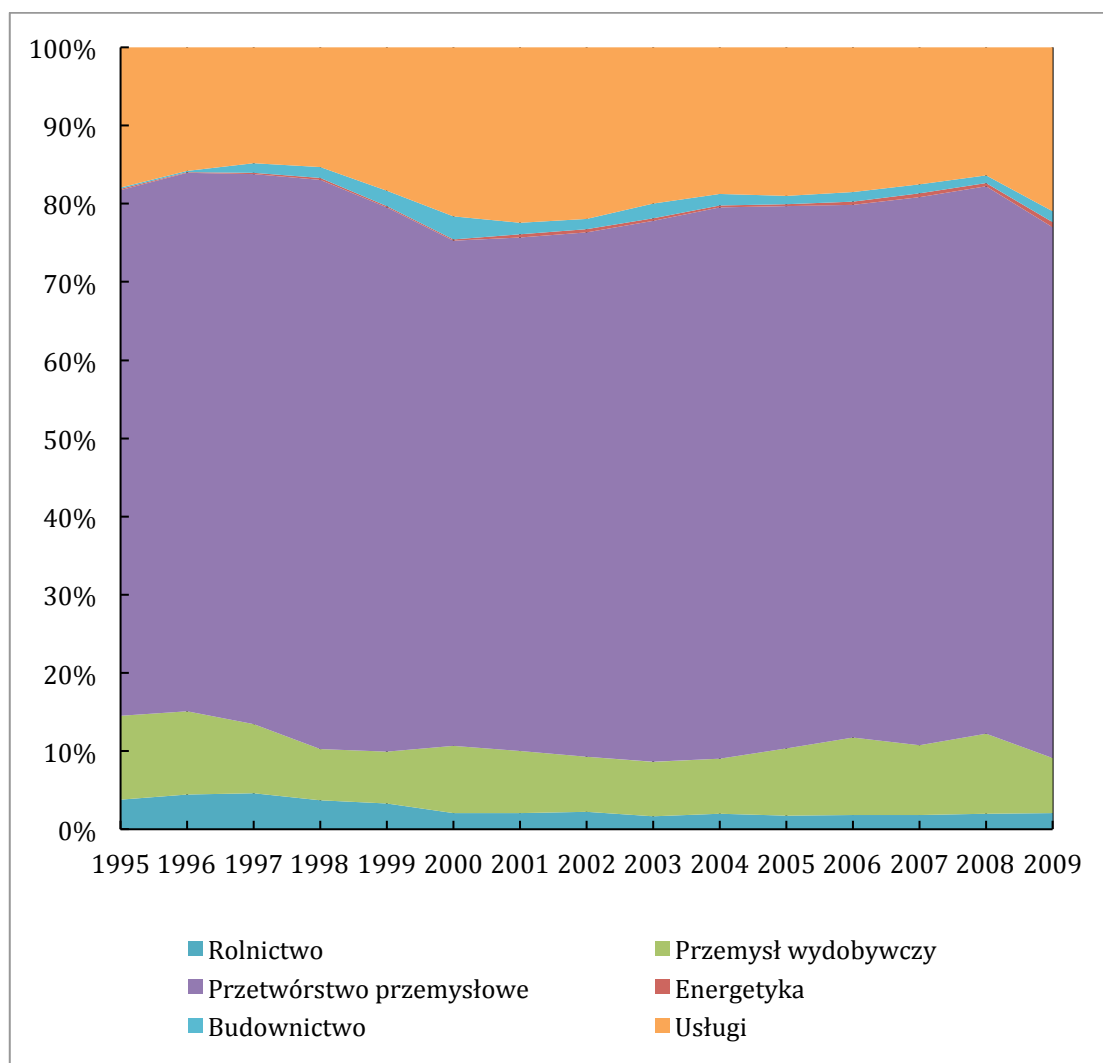
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Rolnictwo	13%	12%	10%	10%	8%	8%	7%	7%	7%	7%	6%	6%	6%	6%	6%
Przemysł wydobywczy	4%	4%	4%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	2%	2%	3%
Przetwórstwo przemysłowe	31%	31%	30%	28%	25%	28%	26%	25%	25%	27%	27%	27%	27%	26%	26%
Energetyka	6%	6%	5%	5%	5%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	6%	6%	6%	7%
Budownictwo	5%	4%	4%	4%	6%	6%	7%	7%	6%	6%	7%	7%	8%	8%	8%
Usługi	41%	43%	47%	50%	52%	49%	50%	52%	52%	50%	51%	52%	51%	51%	51%

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych WIOD

Równoległe ponad dwukrotnie zmalał udział rolnictwa na rynku produktów pośrednim. Podobnie silny spadek dotyczył sektora wydobywczego. Znaczenie

krajowych produktów przetwórstwa przemysłowego także spadło na tle produktów innych sektorów. Drugim krajowym sektorem, który umocnił swoje znaczenie na lokalnym rynku jest budownictwo, zaznaczone na wykresie kolorem niebieskim. Udział budownictwa wzrósł niemal dwukrotnie w latach 1995-2009.

W popycie pośrednim na produkty importowane największy udział mają, podobnie jak w imporcie ogółem, produkty sektora przetwórstwa przemysłowego (Rysunek 27. i Tabela 7.). Udział tego sektora wyraźnie wzrasta w okresach sprzyjającej koniunktury na rynku krajowym, zmniejszając tym samym udział sektora usług i budownictwa. Znacząco natomiast zmniejsza się rola sektora rolnictwa w zapotrzebowaniu pośrednim na import. Udział tego sektora zmalał pomiędzy rokiem 1995 a 2009 niemal dwukrotnie. Dość zróżnicowane tendencje można zaobserwować w przypadku przemysłu wydobywczego, którego udział w imporcie pośrednim wzrasta i maleje, czego nie można wyjaśnić w oparciu o wahania koniunktury w Polsce.



Rysunek 27. Procentowy udział sektorów w popycie pośrednim na produkty importowane w Polsce w latach 1995-2009

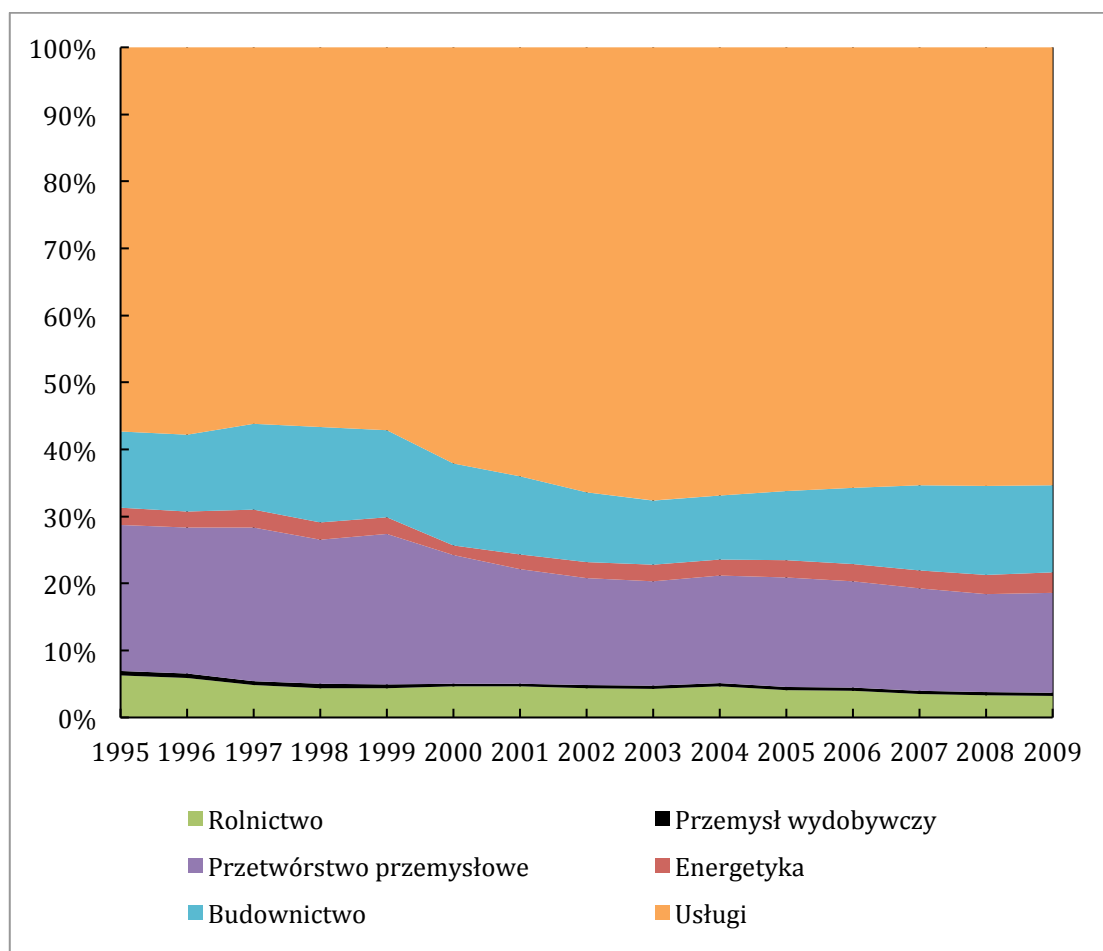
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych WIOD

Tabela 7. Procentowy udział sektorów w popycie pośrednim na produkty importowane w Polsce w latach 1995-2009

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Rolnictwo	4%	4%	5%	4%	3%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
Przemysł wydobywczy	11%	11%	9%	7%	7%	9%	8%	7%	7%	7%	9%	10%	9%	10%	7%
Przetwórstwo przemysłowe	67%	69%	70%	73%	70%	65%	66%	67%	69%	70%	69%	68%	70%	70%	68%
Energetyka	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
Budownictwo	0%	0%	1%	1%	2%	3%	1%	1%	2%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
Usługi	18%	16%	15%	15%	18%	22%	22%	22%	20%	19%	19%	18%	18%	16%	21%

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych WIOD

Struktura sektorowa zużycia końcowego produkcji krajowej zmieniała się także stosunkowo mało dynamicznie, mimo to zauważalne są pewne długoterminowe zmiany (Rysunek 28. i Tabela 8.). Sektor usług, który od początku odgrywał w niej najważniejszą rolę stopniowo powiększał swój udział aż do roku 2003, w którym stanowił blisko 70% popytu końcowego. W kolejnych latach udział ten ustabilizował się na przybliżonym poziomie i można przypuszczać, że jest to trwała tendencja. Drugim sektorem o najważniejszym znaczeniu w spożyciu finalnym było przetwórstwo przemysłowe. Mimo to, udział tego sektora spadł dość istotnie w analizowanym okresie, bo o ponad 1/3. Spadek ten należy wiązać przede wszystkim z rozrastaniem się sektora usług. Trzecim pod względem udziału w wydatkach na krajową produkcję finalną był sektor budownictwa. Jego udział kształtował się w granicach 11-14%, a wahania te odpowiadają okresom dobrej i złej koniunktury w Polsce. Pierwsza faza względnego wzrostu tego sektora miała miejsce w latach 1997-1999, w których Polska ciągle jeszcze odnotowała wzrost gospodarczy na poziomie 7-5% PKB. Następny dość wysoki wzrost udziału budownictwa nastąpił po wejściu Polski w struktury UE w 2006 roku, co należy wiązać z okresem intensywnych inwestycji, które są także ujęte w spożyciu końcowym. Znaczenie rolnictwa spadło także w spożyciu końcowym produkcji krajowej. Wynika to najprawdopodobniej z elastyczności dochodowej popytu na produkty rolnictwa, których spożycie wzrasta generalnie wolniej, niż dochód. Jednocześnie można zauważyć nieznaczną tendencję w zakresie zwiększania się udziału energetyki w strukturze spożycia końcowego. Z jednej strony może to wynikać z rosnącej konsumpcji elektryczności przez odbiorców indywidualnych, z drugiej strony przyczynić się do tego mógł także relatywny wzrost cen prądu elektrycznego. Równolegle, w kraju spadł udział produkcji przemysłu wydobywczego w spożyciu końcowym. Mogło to być po części spowodowane poprawą efektywności energetycznej.



Rysunek 28. Procentowy udział sektorów w spożyciu końcowym produkcji krajowej w Polsce w latach 1995-2009

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych WIOD

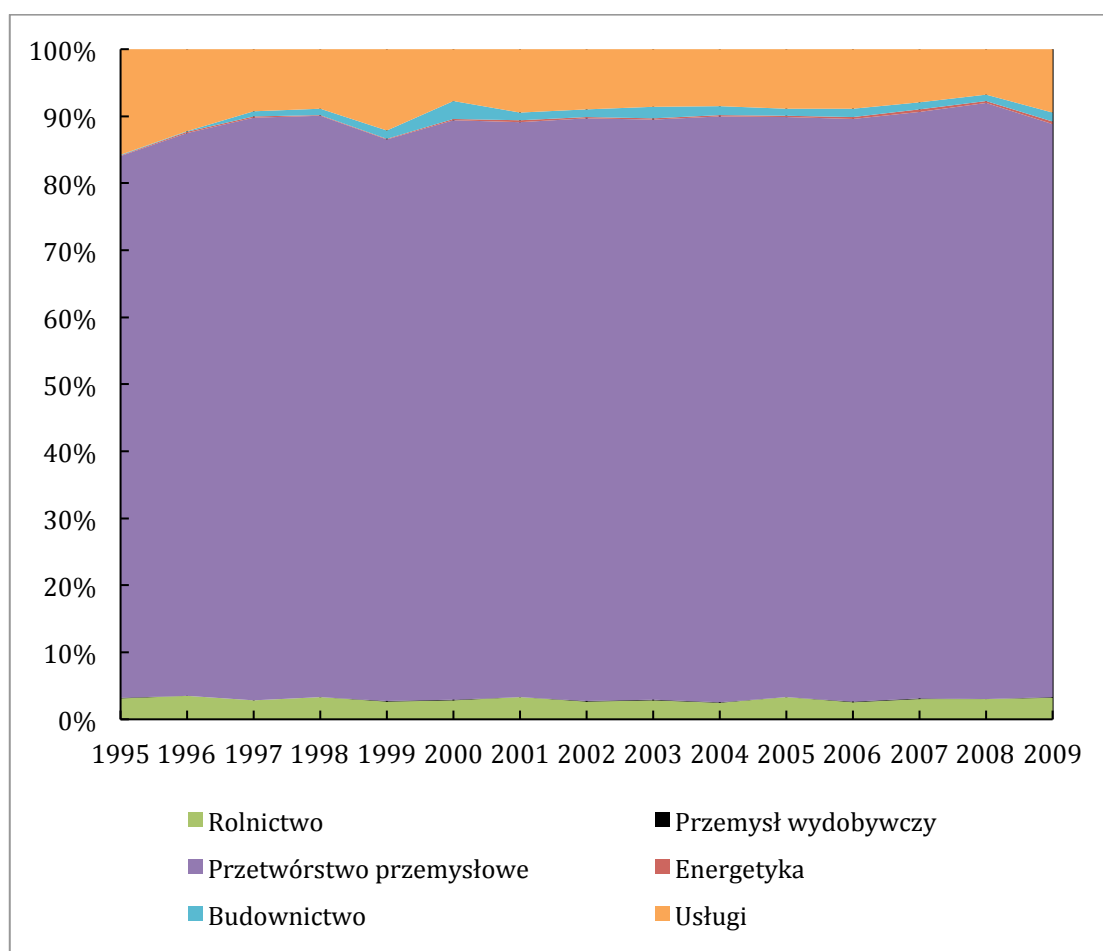
Tabela 8. Procentowy udział sektorów w spożyciu końcowym produkcji krajowej w Polsce w latach 1995-2009

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Rolnictwo	6%	6%	5%	4%	4%	5%	5%	4%	4%	5%	4%	4%	4%	3%	3%
Przemysł wydobywczy	1%	1%	1%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	1%	0%
Przetwórstwo przemysłowe	22%	22%	23%	22%	22%	19%	17%	16%	16%	16%	16%	16%	15%	15%	15%
Energetyka	3%	2%	3%	3%	3%	1%	2%	2%	2%	2%	3%	3%	3%	3%	3%
Budownictwo	11%	12%	13%	14%	13%	12%	12%	10%	10%	9%	10%	11%	13%	13%	13%
Usługi	57%	58%	56%	57%	57%	62%	64%	66%	68%	67%	66%	66%	65%	65%	65%

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych WIOD

Struktura sektorowa spożycia końcowego produkcji importowanej w latach 1995-2009 była całkowicie zdominowana przez sektor przetwórstwa przemysłowego

(Rysunek 29. i Tabela 9.). Jednocześnie dominacja ta stopniowo powiększała się i wzrosła o około pięć punktów procentowych w analizowanym okresie. Świadczy to, że najprawdopodobniej konsumenci w miarę bogacenia się, byli skłonni kupować coraz więcej towarów przemysłowych z zagranicy. Jednocześnie odbywa się to kosztem zmniejszania się udziału sektora usług w tej kategorii popytu. Sektor ten w latach 1995-2009 zredukował się z 15,7% do 9,5%. Natomiast rolnictwo przez cały ten okres miało bardzo zbliżony udział w imporcie produkcji końcowej, kształtujący się na poziomie około 3%. Pozostałe sektory miały śladowy udział w strukturze popytu końcowego na import. Udział przemysłu wydobywczego i energetyki przez cały analizowany okres był bliski zeru. Natomiast większe znaczenie odgrywało budownictwo. Wynik ten wiązać można z dużym udziałem budownictwa w inwestycjach na środki trwałe brutto, które składają się na spożycie końcowe.



Rysunek 29. Procentowy udział sektorów w spożyciu końcowym produkcji importowanej w Polsce w latach 1995-2009

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych WIOD

Tabela 9. Procentowy udział sektorów w spożyciu końcowym produkcji importowanej w Polsce w latach 1995-2009

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Rolnictwo	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	2%	3%	3%	3%	3%	3%
Przemysł wydobywczy	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Przetwórstwo przemysłowe	81%	84%	87%	87%	84%	87%	86%	87%	87%	87%	87%	87%	88%	89%	86%
Energetyka	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Budownictwo	0%	0%	1%	1%	1%	3%	1%	1%	2%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
Usługi	16%	12%	9%	9%	12%	8%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	8%	7%	9%

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych WIOD

Z powyższej analizy można wyciągnąć wniosek, że struktura sektorowa polskiej gospodarki na poziomie mocno zagregowanym, nie ulegała gwałtownym zmianom w badanym okresie. Być może zmiany te byłyby bardziej widoczne, gdyby wziąć pod uwagę także okres przed rokiem 1990. Niemniej na podstawie przeprowadzonych analiz zmian struktury sektorowej można wyszczególnić pewne tendencje. Pierwsza z nich dotyczy malejącej roli rolnictwa w polskiej gospodarce. Udział rolnictwa malał zarówno w produkcji ogółem, ale także w zakresie importu i eksportu. Zmiany te są naturalne dla gospodarek w czasie transformacji, w których wzrost opiera się przede wszystkim na bardziej efektywnym wykorzystaniu takich zasobów jak kapitał, czy praca, a nieziemi. Kolejną cechą gospodarki Polskiej w czasie transformacji jest wzrost udziału sektora usług w produkcji globalnej. Usługi stanowiły większą część transakcji *business-to-business*, ale także w spożyciu końcowym. Produkcja przemysłowa stanowiła raczej stały udział w polskiej gospodarce, choć jej niewielki wzrost obserwować można było tylko w imporcie, zarówno produkcji pośredniej jak i końcowej. Równocześnie zwiększone zainteresowanie zagraniczną produkcją przemysłową zostało skompensowane wzrostem eksportu produktów tego sektora z Polski. Wskazywać to może na zmiany w polskiej gospodarce, które polegają na intensyfikacji handlu zagranicznego, powodowane zmianą technologii i optymalizacją kosztową produkcji. W przypadku interpretacji wyników w odniesieniu do sektora przetwórstwa przemysłowego, szczególną uwagę należy zwrócić na dużą agregację tego sektora, którą zastosowano w celu koniecznego uproszczenia wstępnych analiz. Powoduje to, że istotne zmiany struktury sektorowej mogły zajść na niższych poziomach agregacji. Problem ten

został wyeliminowany w dalszych analizach, w których sektor ten podzielono na 14 mniejszych elementów.

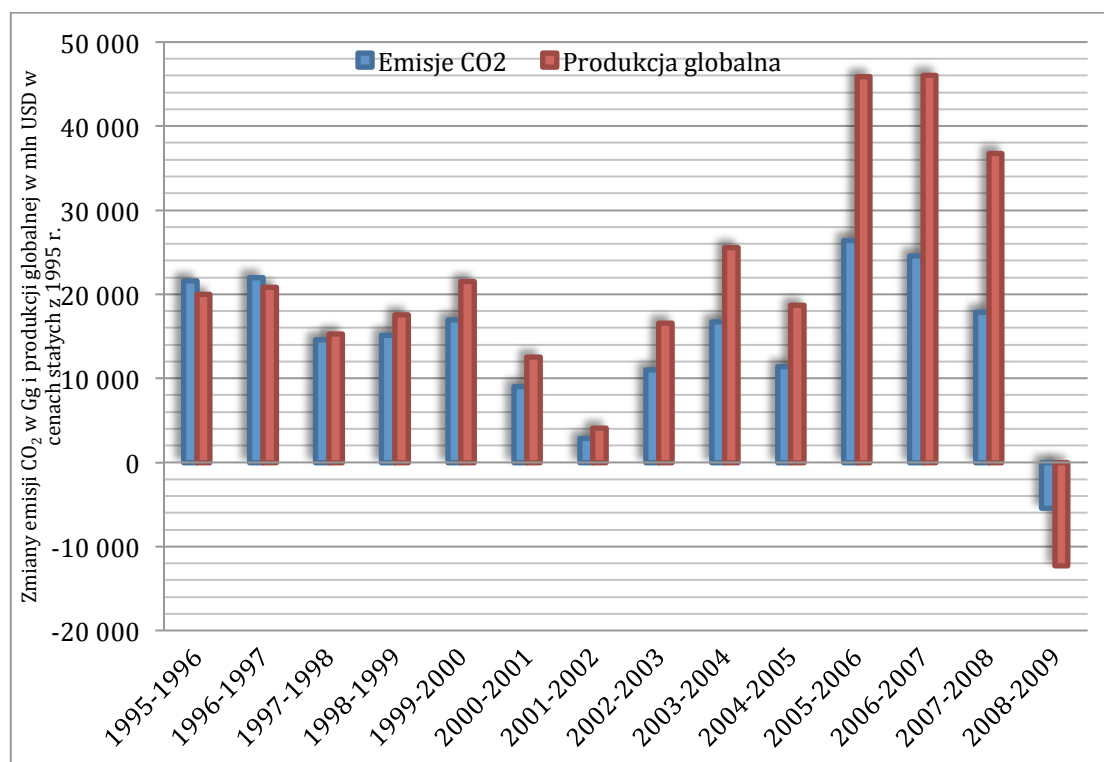
Na podstawie uzyskanych na tym etapie wyników nie można przewidzieć jak dużą rolę odegrały zmiany strukturalne w redukcji CO₂ w Polsce w badanym okresie. Można natomiast próbować ocenić kierunek wpływu zmian struktury sektorowej na emisje CO₂, przy założeniu stałości parametrów energetycznych i emisyjnych procesów produkcyjnych. W takich warunkach, zaobserwowany spadek produkcji przemysłowej i wzrost udziału usług w gospodarce powinien spowodować obniżenie emisji na skutek mniejszej produkcji w energochłonnych sektorach przemysłowych. Także zwiększenie importu produktów sektorów przemysłowych powinno przynieść dodatkowe korzyści dla polityki redukcji emisji w kraju. Zmiany w strukturze produktowej handlu zagranicznego są jednym z tych obszarów, których wpływ na emisje CO₂ trudno przewidzieć. Z jednej strony zwiększenie się udziału produkcji przemysłowej w eksporcie mogło spowodować wzrost emisji. Z drugiej strony nastąpił równoległy wzrost produkcji przemysłowej, także w imporcie, co mogło zrekomensować powstawanie dodatkowych emisji na skutek eksportu.

III.3. Dekompozycja czynników strukturalnych określających wielkość emisji CO₂ w gospodarce polskiej

W zastosowanej analizie dekompozycyjnej wzrost gospodarczy i towarzyszące mu zmiany strukturalne zostały rozdzielone w celu umożliwienia przyporządkowania każdemu z tych procesów odpowiedzialności za powstawanie określonych emisji w gospodarce. Specyfika tej dekompozycji powoduje, że wpływ zmian strukturalnych na emisje CO₂ określony jest jako wpływ odchyłeń od równomiernego wzrostu gospodarczego. Dlatego przeprowadzone badanie musiało opierać się na analizie równomiernego wzrostu jako odniesienia dla efektów strukturalnych. Stąd, analiza wyników przedstawiających wpływ zmian strukturalnych poprzedzona zostanie analizą wpływu równomiernego wzrostu na emisję CO₂. Kolejność analizy wpływu poszczególnych czynników odpowiada przyjętej ich klasyfikacji w Tabeli 1.

III.3.1. Równomierny wzrost gospodarczy

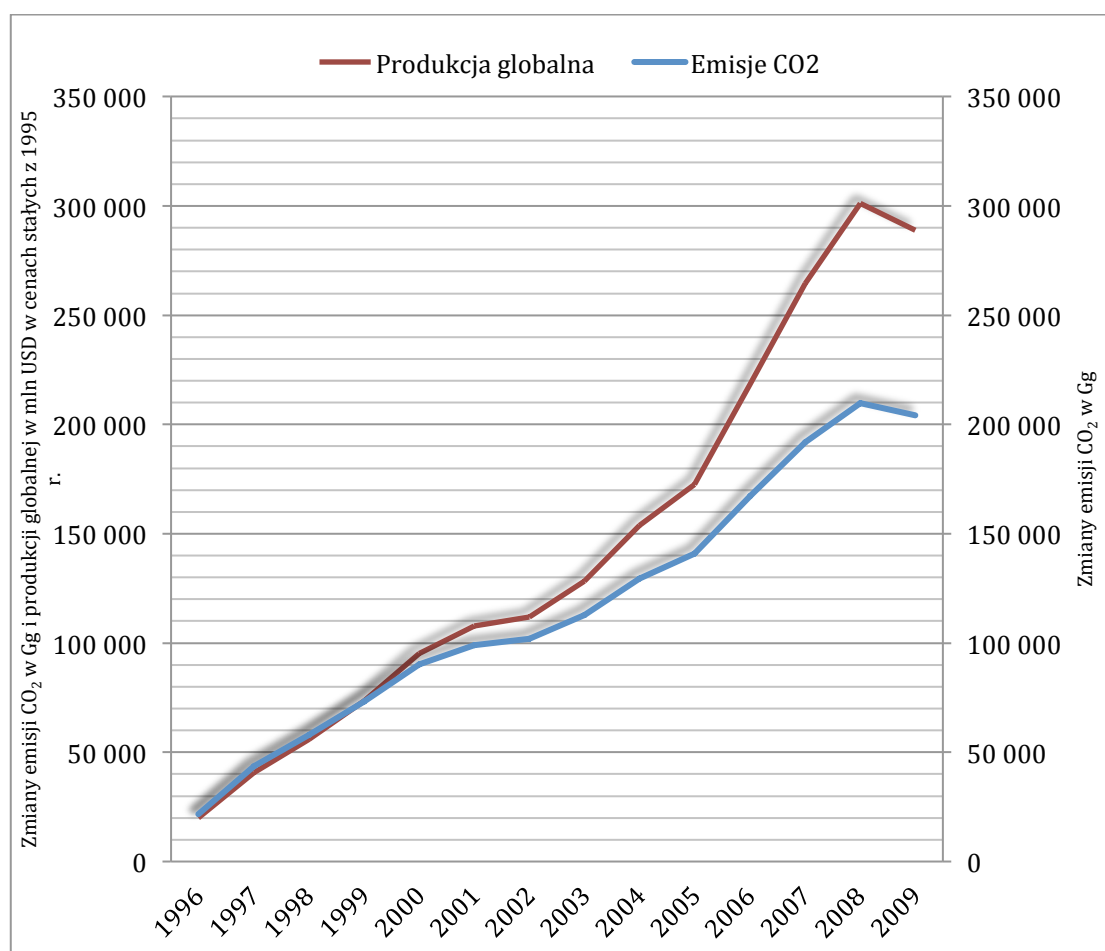
Wpływ równomiernego wzrostu gospodarczego na emisje CO₂ daje obraz hipotetycznego poziomu emisji, który osiągnęłaby dana gospodarka, w przypadku gdy każdy z sektorów *ceteris paribus* rozwijałby się w tym samym tempie. Na Rysunku 30. pokazano roczne przyrosty emisji CO₂ spowodowane równomiernym wzrostem gospodarczym w analizowanym okresie. Ponieważ zastosowany model zakłada wprost proporcjonalną prawidłowość pomiędzy wielkością emisji CO₂ a wielkością produkcji globalnej, zmiany emisji i produkcji globalnej przedstawione na Rysunku 30. mają zawsze ten sam znak. Jednakże, co jest bardzo wyraźnie widoczne, wraz z czasem zmniejsza się siła oddziaływania wzrostu gospodarczego na emisje CO₂ w Polsce. Efekt ten należy łączyć ze zmianami strukturalnymi, które nasilały się w tym okresie. Emisyjność związana ze wzrostem gospodarczym w Polsce w latach 1995-2009 zmalała o połowę, co potwierdzają analizy IEA [IEA 2011b].



Rysunek 30. Coroczne zmiany emisji CO₂ i produkcji globalnej wywołane równomiernym wzrostem w Polsce w latach 1995-2009

Źródło: opracowanie własne

Kształtowanie się skumulowanych zmian emisji pod wpływem tego czynnika pokazane zostało na kolejnym rysunku. Skumulowane efekty poszczególnych czynników będą często służyły prezentacji wyników analizy. Przy ich odczytywaniu należy mieć na uwadze, że tylko dwie następujące po sobie skokowo obserwacje uzyskane zostały z uwzględnieniem zasady *ceteris paribus*. W pozostałych przypadkach zasada ta nie obowiązuje, dlatego konieczne jest poczynienie dodatkowych interpretacji.



Rysunek 31. Skumulowane zmiany produkcji globalnej i wywołane nimi emisje CO₂ w Polsce w latach 1995-2009

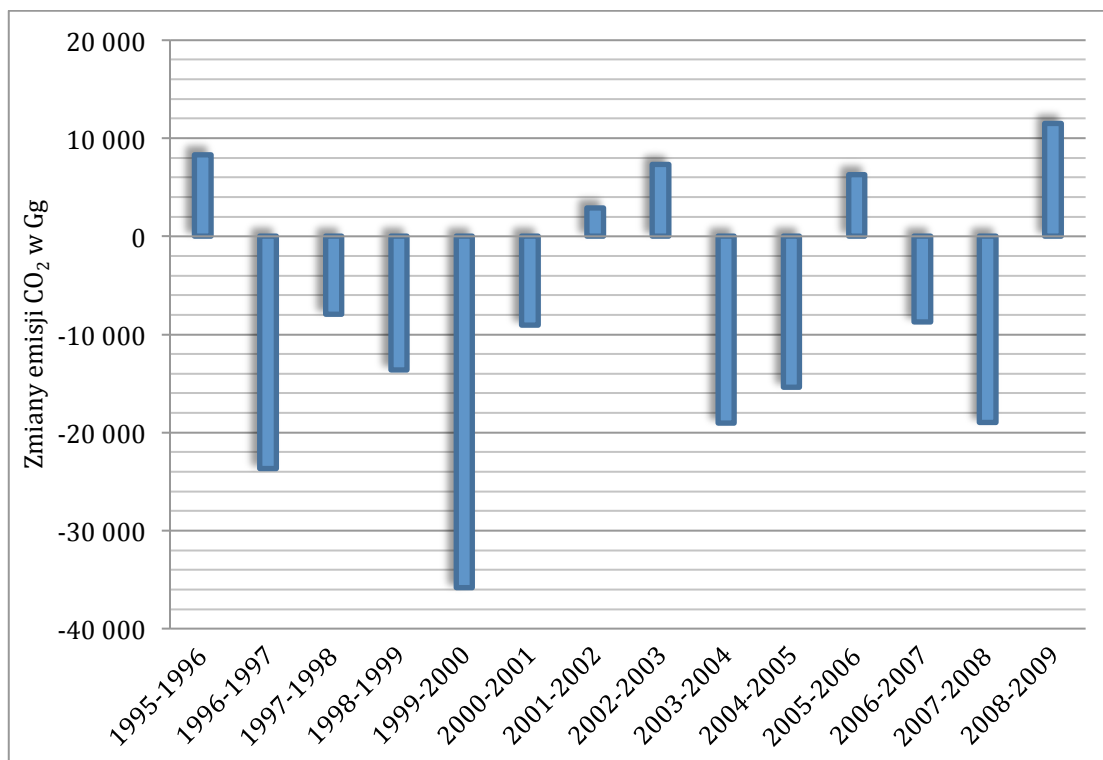
Źródło: opracowanie własne

Wzajemne położenie krzywych skumulowanych zmian emisji CO₂ i skumulowanych zmian produkcji globalnej uległo wyraźnym przesunięciom w badanym okresie. Z Rysunku 31. można wnioskować, że gdyby nie zaszły zmiany strukturalne odpowiedzialne za zmianę emisyjności produkcji globalnej, krzywa skumulowanych

zmian emisji pokrywałyby się z krzywą skumulowanych zmian produkcji globalnej w całym okresie. Natomiast, czynnik wzrostu gospodarczego, który działał w warunkach zmian strukturalnych, spowodował spowolnienie wzrostu emisji względem wzrostu gospodarczego. Osłabianie się wpływu procesów wzrostu gospodarczego na wzrost emisji następowało w trzech etapach. Pierwszy etap rozpoczął się w roku 1999. W tym czasie gospodarka polska przechodziła intensywną modernizację związaną z transformacją ustrojową. Szczególną rolę odgrywały procesy prywatyzacyjne i inwestycyjne, które Ministerstwo Skarbu Państwa (MSP) wskazało, że były szczególnie silne w drugiej połowie lat 90. [MSP 2003]. Przyczyniły się one do wzrostu efektywności gospodarki, co pośrednio znalazło swoje odbicie w rozdziale procesów wzrostu emisji od wzrostu gospodarczego. Drugi etap zmniejszania się emisyjności wzrostu gospodarczego rozpoczął tuż po spowolnieniu gospodarczym w Polsce w 2001 roku. Wyjście z kryzysu w 2003 roku łączyło się ze wzrostem efektywności polskiej gospodarki. Przyczynę tego należy upatrywać w postępującej prywatyzacji i napływie bezpośrednich inwestycji zagranicznych w tym okresie [MG 2011]. Kolejne umocnienie się procesów zmniejszających emisyjność wzrostu gospodarczego w Polsce nastąpiło w roku 2005, tuż po przystąpieniu Polski do UE. Prowadzona w UE polityka spójności i ochrony środowiska, przyczyniała się do kolejnych ograniczeń przyrostu emisji CO₂ wraz ze wzrostem gospodarczym.

III.3.2. Energochłonność

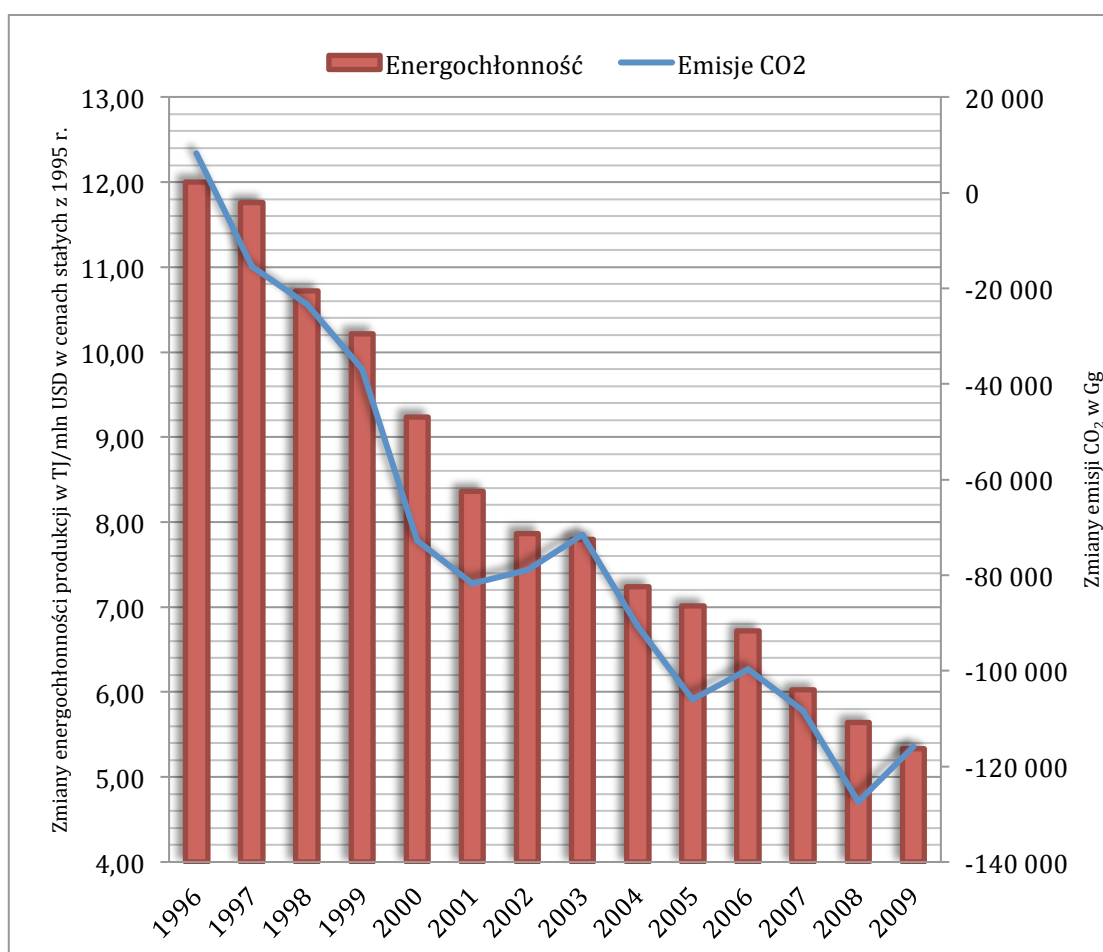
Wpływ zmian energochłonności sektorów produkcyjnych na zmiany emisji CO₂ w analizowanym okresie w Polsce był zróżnicowany i przyczyniał się zarówno do wzrostu jak i spadku emisji (Rysunek 32.). Pomimo tego, zmiany energochłonności działały znacznie silniej na rzecz redukcji emisji. W latach 1995-2009 udało się ograniczyć energochłonność produkcji globalnej o ponad 50%, z poziomu 12 do 5,3 TJ na mln USD w cenach stałych z 1995 roku. Coroczne zmiany energochłonności przyczyniły się do spadku emisji o 115,9 mln ton CO₂, czyli o 41% w latach 1995-2009.



Rysunek 32. Coroczne zmiany emisji CO₂ spowodowane zmianami energochłonności w Polsce w latach 1995-2009

Źródło: opracowanie własne

Największy spadek emisji nastąpił w latach 1999-2000, co odpowiada wyraźnemu spadkowi energochłonności całej gospodarki w tym okresie (Rysunek 33.). Niemniej zmiany emisji CO₂ nie zawsze przebiegały zgodnie z przebiegiem zmian energochłonności. W okresach 2001-2003, 2005-2006, 2008-2009 nastąpił wzrost emisji spowodowany zmianami energochłonności, pomimo jednoczesnych spadków energochłonności gospodarki. Oznacza to, że obniżenie całkowitej energochłonności gospodarki *ceteris paribus* nie musi wiązać się z ogólnym spadkiem emisji CO₂.



Rysunek 33. Skumulowane zmiany energochłonności i wywołane nimi skumulowane zmiany emisji CO₂ w Polsce w latach 1995-2009

Źródło: opracowanie własne

Największe znaczenie dla wielkości emisji CO₂ w Polsce ma energochłonność sektora wytwarzania energii elektrycznej i ciepłej. Jest to spowodowane dużym udziałem produkcji tego sektora na tle innych branż, a także specyfiką wykorzystywanych w nim paliw. Modernizacja elektrowni i elektrociepłowni, która została przeprowadzona w ciągu ostatnich 20 lat znacznie poprawiła wskaźniki sprawności i emisji zanieczyszczeń w tej branży. W 2007 roku średnia efektywność elektrowni węglowych w Polsce z uwzględnieniem elektrociepłowni, wyniosła 41%. Wartość ta jest wyższa o 4 punkty od średniej wydajności osiągniętej w krajach OECD (37%). Powodem wysokiej sprawności polskich elektrowni jest szerokie zastosowanie skojarzonej produkcji ciepła i energii elektrycznej [IEA 2011a]. Problemem jest natomiast stan infrastruktury energetycznej w Polsce. Średni wiek

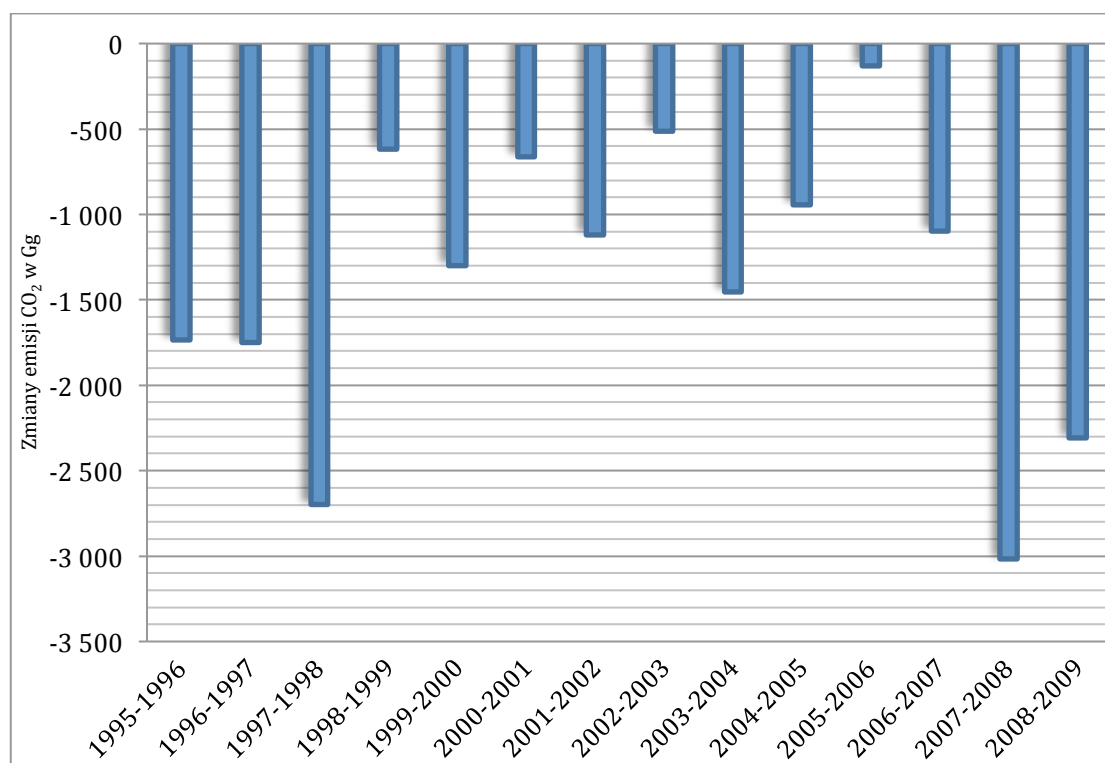
bloków energetycznych to 30 lat, co sugeruje, że dalsze ulepszenia można osiągnąć odnawiając stare moce produkcyjne.

W latach 1996-2004 tempo wzrostu gospodarczego Polski przekraczało średnie tempo wzrostu tzw. starych i nowych państw członkowskich UE. Jednocześnie spadek zużycia energii pierwotnej w Polsce był jednym z największych wśród tych krajów. W efekcie, pod względem poprawy energochłonności energii pierwotnej PKB, Polska znalazła się na trzecim miejscu wśród członków Unii Europejskiej [GUS 2007]. Zdaniem nieistniejącego już Rządowego Centrum Studiów Strategicznych (RCSS), znacząca poprawa efektywności energetycznej jaka się dokonała w tym okresie polegała głównie na wykorzystaniu rezerw prostych powstałych na skutek dotychczasowego złego gospodarowania energią [RCSS 2004]. Fakt ten należy łączyć z okresem gospodarki centralnie planowanej w Polsce, w którym cały sektor energetyczny był mocno dotowany przez państwo. Spowodowało to zaniżanie cen surowców i pozyskiwanej z nich energii. Było to przyczyną dużego marnotrawstwa energii dochodzącego nawet do 60-70% całkowitego zużycia [GUS 2007]. Stopniowe wdrażanie od lat 90. mechanizmów rynkowych w sektorze energetycznym oraz towarzyszące temu procesy prywatyzacyjne i inwestycyjne stały się impulsem do lepszej gospodarki energetycznej w kraju. Jednakże, pomimo znaczącej poprawy wydajność gospodarowania energią w Polsce, efektywność stosowanych w kraju rozwiązań nadal odbiega od standardów charakteryzujących państwa najbardziej rozwinięte. W 2008 roku energochłonność PKB Polski była niemal dwukrotnie wyższa od średniej UE, co wskazuje na dalsze możliwości racjonalizacji zużycia energii w Polsce.

III.3.3. Struktura zaopatrzenia w nośniki energii

Pomiędzy rokiem 1995 a 2009 zmiany polskiego *energy-mix* był stosunkowo niewielkie (Rysunek 35.). O 16 punktów procentowych spadło zapotrzebowanie na węgiel i koks. Wzrosło znaczenie ropy i produktów naftowych (wzrost o 8 punktów procentowych), gazu i paliw gazowych (wzrost o 5 punktów procentowych) i w niewielkim stopniu odnawialnych źródeł energii (wzrost o 3 punkty procentowe). Węgiel i koks to jedne z najbardziej emisyjnych paliw, dlatego zmniejszenie ich udziału spowodowało redukcję emisji CO₂ o blisko 20 mln ton, co stanowi ubytek o

7% w porównaniu z rokiem 1995. Największe spadki emisji CO₂ odnotowano w okresach: 1997-1998, 2007-2008, 2008-2009 (Rysunek 34.).

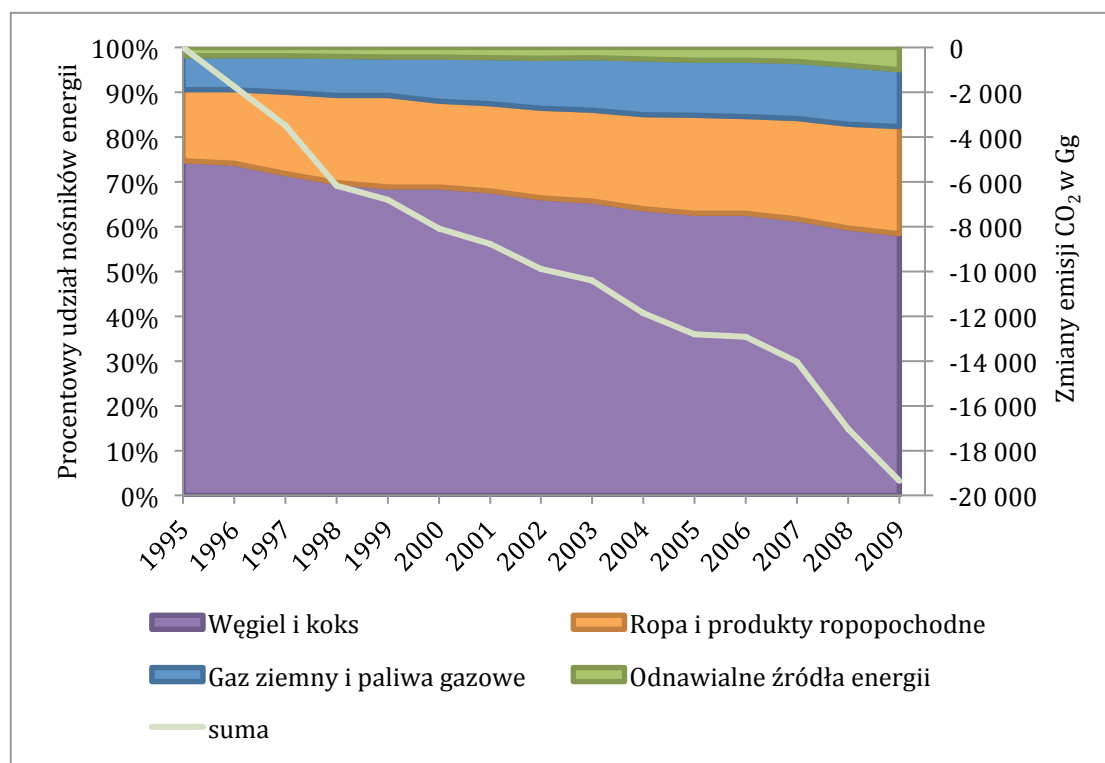


Rysunek 34. Coroczne zmiany emisji CO₂ wywołane zmianami struktury zapotrzebowania w nośniki energii w Polsce w latach 1995-2009

Źródło: opracowanie własne

Do spadku emisji CO₂ spowodowanych zmianami *energy-mix* w największym stopniu przyczyniły się zmiany wykorzystywanych surowców energetycznych w sektorze wytwarzania energii, co potwierdzają analizy IEA [2011a]. Sektor ten ciągle ma bardzo duży potencjał redukcyjny emisji, ponieważ wytwarzanie energii elektrycznej i ciepłej w Polsce jest wciąż skrajnie zdominowane przez węgiel. W 2009 roku 90% energii elektrycznej pochodziło z elektrowni opalanych węglem. Wytwarzanie elektryczności w elektrowniach opalanych gazem wzrosło znacząco w ciągu badanego okresu, osiągając nieco ponad 3 TWh w 2009 roku. Ponadto, stosunkowo szybki wzrost wykorzystania biomasy nastąpił w ostatnich latach, osiągając 5,5 TWh generacji w 2009 roku. Zastosowanie elektrowni wodnych pozostaje wciąż niewielkie, z uwagi na sytuację hydrologiczną w kraju. Energia wiatrowa w Polsce mimo, iż jej udział jest wciąż mały (zaledwie 0,7% w 2009 roku),

aktualnie przechodzi swój gwałtowny rozwój w Polsce. Jednakże na zauważalne redukcje emisji CO₂ wynikające z jej wykorzystania należy jeszcze poczekać [IEA 2011a].



Rysunek 35. Skumulowane zmiany emisji CO₂ na tle kształtujących je zmian struktury zużycia nośników energii finalnej w Polsce w latach 1995-2009

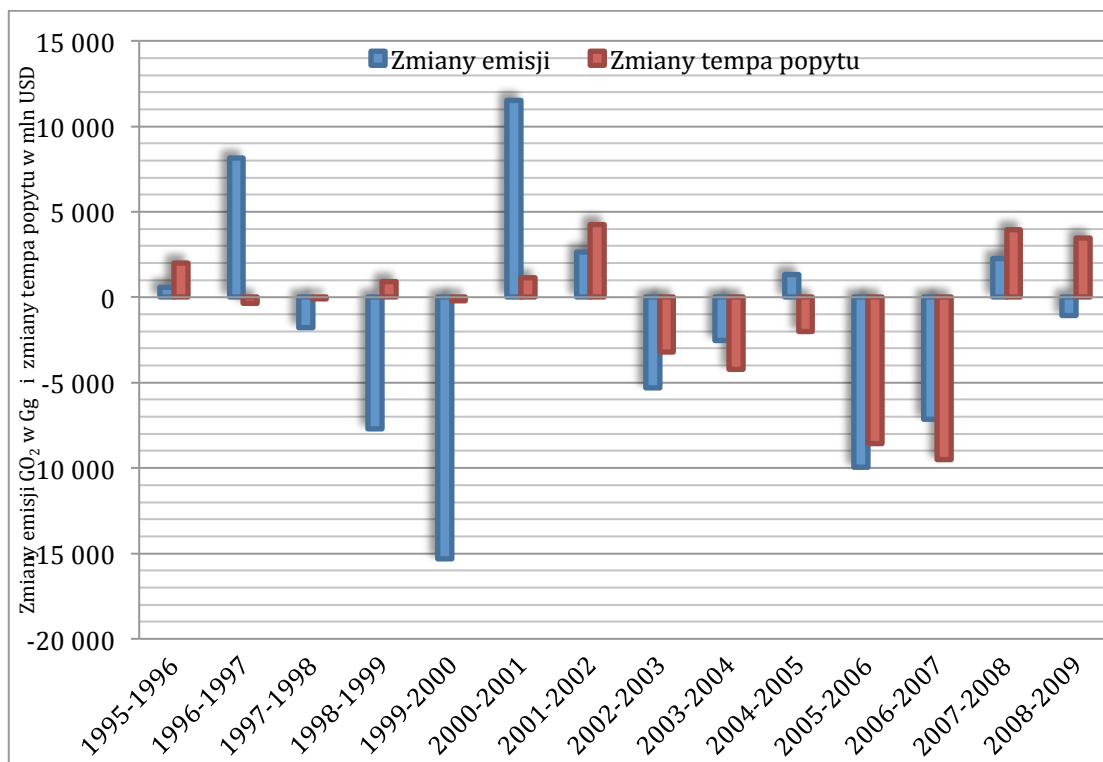
Źródło: opracowanie własne

Jeśli chodzi o sytuację w innych sektorach, największe redukcje spowodowane zmianą *energy-mix* nastąpiły w sektorach produkcji spożywczej, chemikaliów i papierniczej. W tych branżach najsilniej przejawiają się tendencje do zastępowania węgla innymi nośnikami energii, tj. gazem ziemnym oraz produktami przetwórstwa ropy naftowej. Należy wnioskować, że dzieje się tak głównie z uwagi na wzrost cen energii oraz wymogi ochrony środowiska [RCSS 2004].

III.3.4. Popyt gospodarstw domowych

Zmiany popytu gospodarstw domowych na produkty krajowe spowodowały spadek emisji CO₂ w latach 1995-2009 o ponad 24 mln ton, tj. o 8,5%. Emisja pod wpływem tego czynnika kształtowała się w sposób zróżnicowany. Zmiany te w dużym stopniu (30-80%) kształtują emisje w sektorze wytwarzania energii cieplnej i elektrycznej. Duże rozbieżności w przebiegu zmian emisji i produkcji globalnej w latach 1997-2001 (Rysunek 38.) były prawdopodobnie spowodowane różną intensywnością sezonu grzewczego. Trwające od 1998 roku przez kolejne trzy lata łagodne zimy wywołały spadki popytu na energię ciepłą i elektryczną, a tym samym emisji. Natomiast długi sezon grzewczy w roku 2001 był przyczyną nagłego wzrostu emisji. Przypuszczenia te potwierdzają dane o ilości stopniodni⁵ w tych latach, których liczba jest proporcjonalna do zużycia energii w celach grzewczych [GUS 2007]. W pozostałych przypadkach zmiany emisji tylko nieznacznie odbiegają od zmian w produkcji globalnej spowodowanych zmianami w krajowym spożyciu indywidualnym. Świadczy to o mniejszej roli sektora wytwarzania energii elektrycznej i cieplnej w kształtowaniu emisji w tych latach.

⁵ Liczba stopniodni jest iloczynem liczby dni ogrzewania i różnicy pomiędzy średnią temperaturą ogrzewanego pomieszczenia a średnią temperaturą zewnętrzną [GUS 2007].

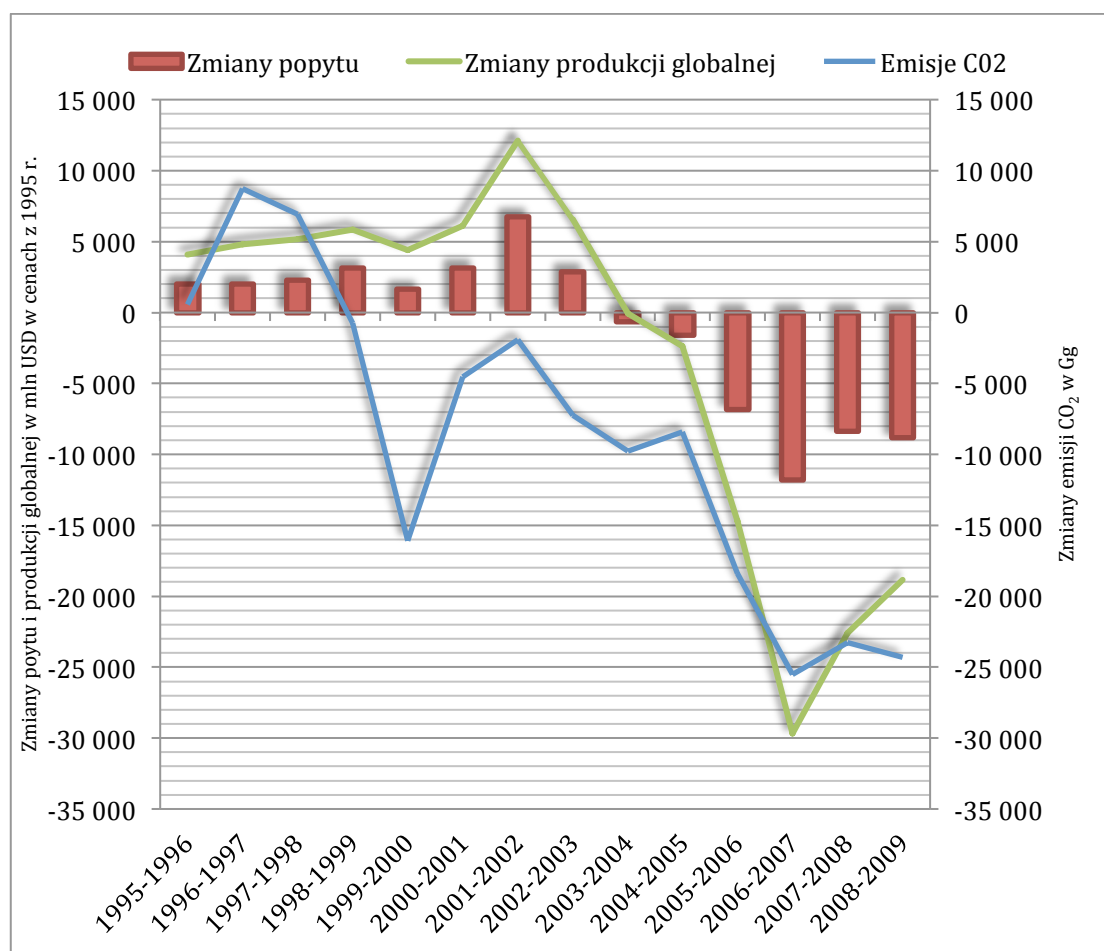


Rysunek 36. Coroczne zmiany tempa popytu gospodarstw domowych na produkty krajowe względem wzrostu gospodarczego i wywołane nimi zmiany emisji CO₂ w Polsce w latach 1995-2009

Źródło: opracowanie własne

Zmiany tempa wzrostu popytu gospodarstw domowych na produkty sektorów krajowych względem tempa wzrostu gospodarczego wiążą się ze zmianami dystrybucji dochodów pomiędzy sektorami instytucjonalnymi, ale także z różnicami w elastyczności dochodowej poszczególnych produktów. Oddziaływanie tych zmian na emisje CO₂ przebiega pośrednio, poprzez wywołanie zmian w produkcji globalnej. Skumulowane zmiany emisji i produkcji przedstawiono na Rysunku 37. Podczas całego okresu zmiany wartości produkcji globalnej ogółem były silnie uwarunkowane zmianami popytu ogółem. Jednakże od roku 2005 produkcja globalna reagowała znacznie mocniej na spadki popytu. Może to wskazywać na zmniejszenie zapotrzebowania na produkcję intensywną technologicznie, czyli wiążącą się z dużymi przepływami międzysektorowymi. Dodatkowo, spadki popytu mogą być powodowane zwiększaniem znaczenia transakcji typu *business-to-business*, wyrażającym się we wzroście udziału popytu pośredniego w produkcji globalnej. Skumulowana wielkość emisji CO₂ obniżała się niejednostajnie w badanym okresie.

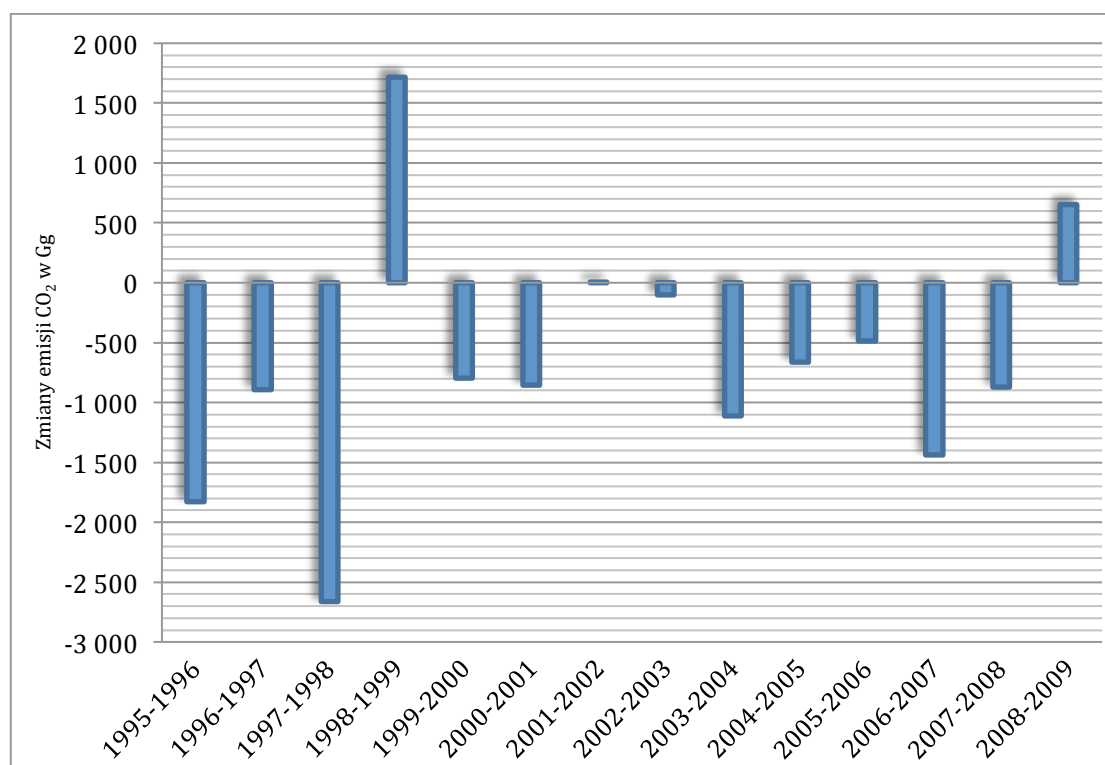
Główną przyczyną różnic w dynamice tych spadków, było zmniejszanie się tempa konsumpcji produktów, w szczególności sektorów energochłonnych, względem tempa wzrostu gospodarczego. Wyniki symulacji i w tym przypadku wskazują na kluczową rolę sektora wytwarzania energii elektrycznej i ciepłej, który w latach 1997-2000 znacząco kontrybuował w redukcji emisji z tytułu zmian struktury spożycia gospodarstw domowych. Jak wcześniej ustalano, tak duże spadki mogły być powodowane niskim zużyciem energii w okresie grzewczym. Jednakże obserwowane stopniowe obniżanie się tempa spożycia energii elektrycznej względem tempa wzrostu, łączyć należy ze stosunkowo niską elastycznością dochodową popytu na te dobro. Potwierdza to jedno z badań przeprowadzonych na terenie USA, w którym ustalono ten współczynnik na poziomie 0,23 [Branch 1993].



Rysunek 37. Skumulowane zmiany popytu gospodarstw domowych na produkty krajowe oraz spowodowane nimi skumulowane zmiany produkcji globalnej i emisji CO₂ w Polsce w latach 1995-2009

Źródło: opracowanie własne

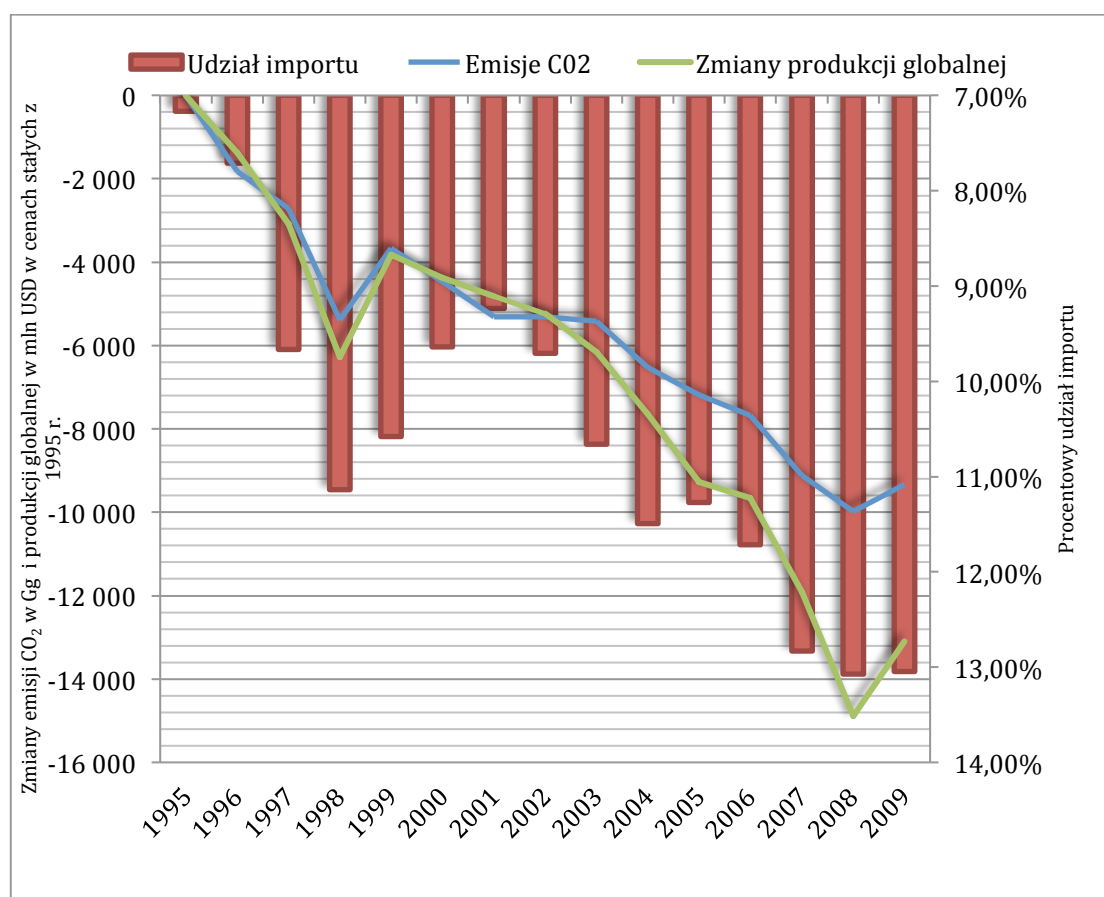
Po roku 2000 zależność emisji CO₂ od produkcji globalnej zaczęła się umacniać, ale jednocześnie stawała się coraz mniej wrażliwa na wahania koniunktury. Przyczynę tego można upatrywać w stabilizowaniu się struktury przedmiotowej konsumpcji, która upodabnia się do wzorców charakterystycznych dla najbardziej rozwiniętych krajów UE. Dotyczy to w szczególności wzrostu wydatków na usługi konsumpcyjne [Byłok 2005]. Jest to zgodne z prawidłowością funkcyjną opisaną przez E. Engla, która stanowi, że wraz ze wzrostem dochodu maleje udział wydatków na konsumpcję żywności. Uznaje natomiast, że pojawia się fundusz swobodnej decyzji, przeznaczony na dobra zaspakajające potrzeby wyższe [Kramer 1997]. W tym względzie od początku lat 90. rośnie udział wydatków związanych z eksploatacją mieszkań, higieną i ochroną zdrowia, transportem i łącznością [Grzega 2005]. Usługi te, za wyjątkiem transportu, można uznać za działalność stosunkowo niskoemisyjną, stąd zmiany w produkcji globalnej nie odbijają się tak jednoznacznie na emisjach CO₂.



Rysunek 38. Coroczne zmiany emisji CO₂ spowodowane zmianami udziału produktów importowanych w popycie gospodarstw domowych w Polsce w latach 1995-2009

Źródło: opracowanie własne

Substytucja krajowych towarów produktami pochodzącymi z importu miała zauważalny wpływ na kształtowanie się emisji CO₂ powodowanych konsumpcją indywidualną (Rysunek 46.). W latach 1995-2009 wzrost udziału importu w spożyciu końcowym gospodarstw domowych wzrósł z 7% do 13% (Rysunek 38.). Zwiększenie udziału importu o 6 punktów procentowych spowodowało zmniejszenie emisji o ponad 9 mln ton CO₂, czyli o ok. 3%. Wynik ten, w porównaniu z efektem spowodowanym zmianami w tempie konsumpcji produktów krajowych jest znacząco mniejszy. Dość niska wrażliwość emisji CO₂ na zmiany udziału importu spowodowana jest tym, że wzrost popytu na produkty zagraniczne następuje w sektorach o stosunkowo małej energochłonności. Ewentualny wzrost udziału zapotrzebowania na energię elektryczną pochodzącą z importu z pewnością mógłby istotnie zmniejszyć emisje CO₂ w Polsce, jednakże odbyłoby się to kosztem zmniejszenia bezpieczeństwa energetycznego.



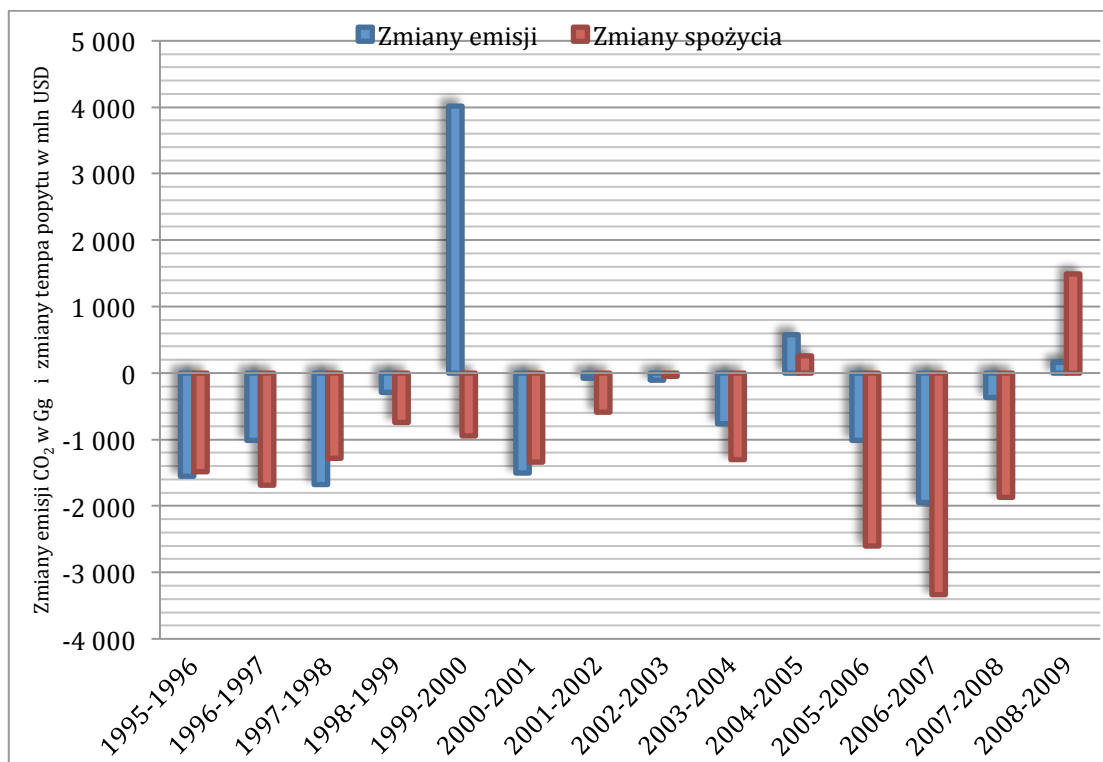
Rysunek 39. Zmiany udziału importu w popycie gospodarstw domowych oraz spowodowane nimi skumulowane zmiany produkcji globalnej i emisji CO₂ w Polsce w latach 1995-2009

Źródło: opracowanie własne

Procentowe zmiany w udziale produktów importowanych z różną siłą kształtowały zmiany w emisjach CO₂ w Polsce (Rysunek 39.). Przykładowo wzrost importu, który dokonał się w latach 2001-2003 nie spowodował prawie żadnych zmian w poziomie uwalnianych emisji, podczas gdy w innych latach 1995-2000 reakcje te były bardziej zdecydowane. Ma to związek z mniejszym udziałem w imporcie produktów sektorów energochłonnych w latach 2001-2003, co mogło być spowodowane ówczesnym spowolnieniem gospodarczym w Polsce. Po akcesji Polski do UE zauważyć można ustabilizowanie się tendencji polegającej na wzroście udziału importu w konsumpcji gospodarstw domowych. Trend ten był na tyle silny, że nawet spowolnienie gospodarcze końca pierwszej dekady XXI w. nie wpłynęło istotnie na zmianę udziału importu. Jednocześnie w tym samym czasie przebieg zmian emisji CO₂ i zmian wartości krajowej produkcji globalnej spowodowanej importem zaczyna się coraz bardziej rozwarstwiać. Zjawisko to można przypisać procesowi *decouplingu*. To pojęcie w odniesieniu do środowiska oznacza likwidację zależności między wielkością produkcji a jego obciążaniem. Zjawisko to jest generalnie oceniane pozytywnie, w szczególności gdy zachodzi w warunkach wzrostu. W tym przypadku, wraz z rosnącym udziałem importu w konsumpcji polskich gospodarstw, jest ono przyczyną malejącej krańcowej stopy redukcji emisji.

III.3.5. Spożycie instytucji rządowych i samorządowych

Zmiany spożycia instytucji rządowych i samorządowych produktów krajowych przyczyniły się w Polsce do spadku emisji CO₂ w latach 1995-2009 prawie o 5,5 mln ton, co stanowi 2% ubytek w stosunku do poziomu emisji z 1995 roku. Pomimo zasadniczych przeobrażeń w wydatkach publicznych w analizowanym okresie, ich wpływ na bezwzględne wielkości emisji był niewielki. Wynika to ze stosunkowo nieznacznej wartości popytu finalnego zgłaszanego przez agendy rządowe w porównaniu z innymi podmiotami popytu finalnego.

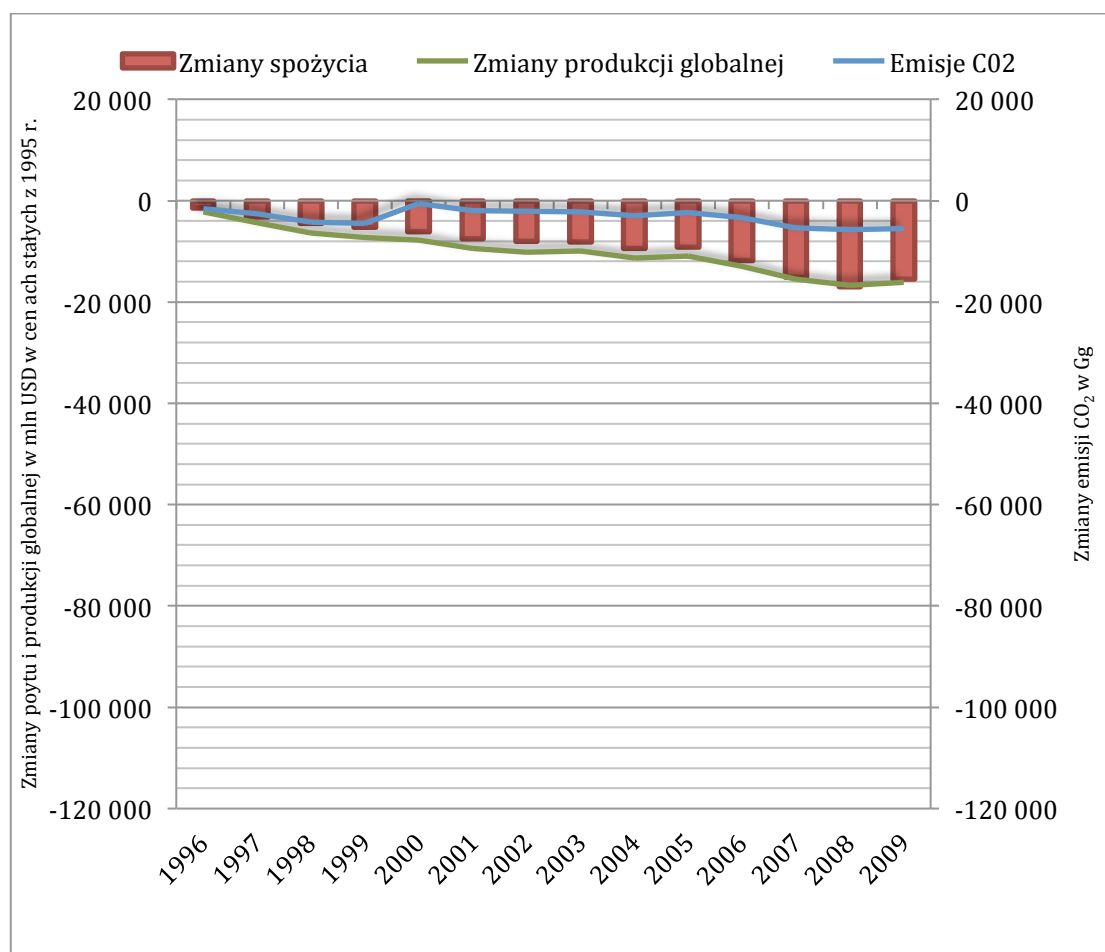


Rysunek 40. Coroczne zmiany tempa spożycia rządowego produktów krajowych i wywołane nimi zmiany emisji CO₂ w Polsce w latach 1995-2009

Źródło: opracowanie własne

Zachodzące zmiany strukturalne w spożyciu instytucji rządowych i samorządowych w tym okresie prawie co roku działały na rzecz redukcji emisji w Polsce (Rysunek 40.). Główną przyczyną tego kierunku oddziaływania było mniejsze tempo wzrostu popytu na produkty krajowe, zgłaszane przez instytucje rządowe w stosunku do wzrostu gospodarki jako całości. W ten sposób nie można jednak wyjaśnić przyczyn wzrostu emisji w latach 1999-2000, ponieważ także w tym okresie tempo zmian popytu rządowego okazało się być mniejsze od tempa wzrostu gospodarczego. Uzyskane wyniki wskazują na istotny wzrost względnego tempa wartości spożycia produktów sektora wytwarzania energii elektrycznej i ciepłej w tym czasie. Z kolei fizycznie nie odnotowano istotnego wzrostu zużycia tych nośników energii w sektorach tradycyjnie silnie upaństwowionych. Daje to podstawy do przypuszczeń, że w tym czasie miały miejsce nietypowe przepływy pieniędzy publicznych do sektora energetyki. Jedną z przyczyn mogły być udzielne subwencje dla tego sektora np. przy okazji modernizacji bloków energetycznych w Elektrowni Turów. Właśnie w tym okresie na pokrycie tej inwestycji przeznaczono istotne środki

z Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW) [http://www.elturow.pgegiel.pl/index.php/banki/].

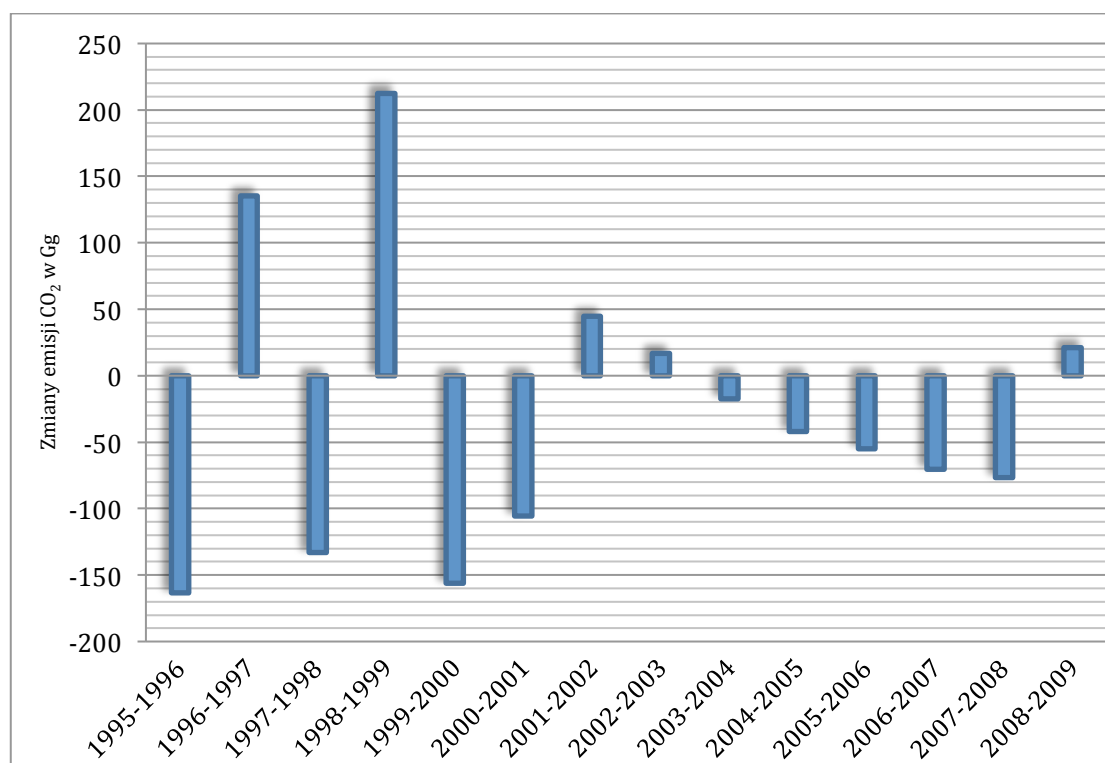


Rysunek 41. Skumulowane zmiany tempa spożycia rządowych produktów krajowych oraz spowodowane nimi skumulowane zmiany produkcji globalnej i emisji CO₂ w Polsce w latach 1995-2009

Źródło: opracowanie własne

Skumulowane zmiany wydatków rządowych i samorządowych na produkty krajowe oraz spowodowane nimi zmiany produkcji globalnej przebiegały dość jednostajnie (Rysunek 41.). Można się jednak dopatrzeć powolnego zwiększania się stosunku zmian wydatków do powodowanych nimi zmian w produkcji globalnej. Świadczy to o przemianach w strukturze przedmiotowej popytu na produkty krajowe, w której coraz większą rolę odgrywają produkty o małej produkcyjności, czyli niskotechnologiczne. Jest to szczególnie zauważalne od momentu wejścia Polski do

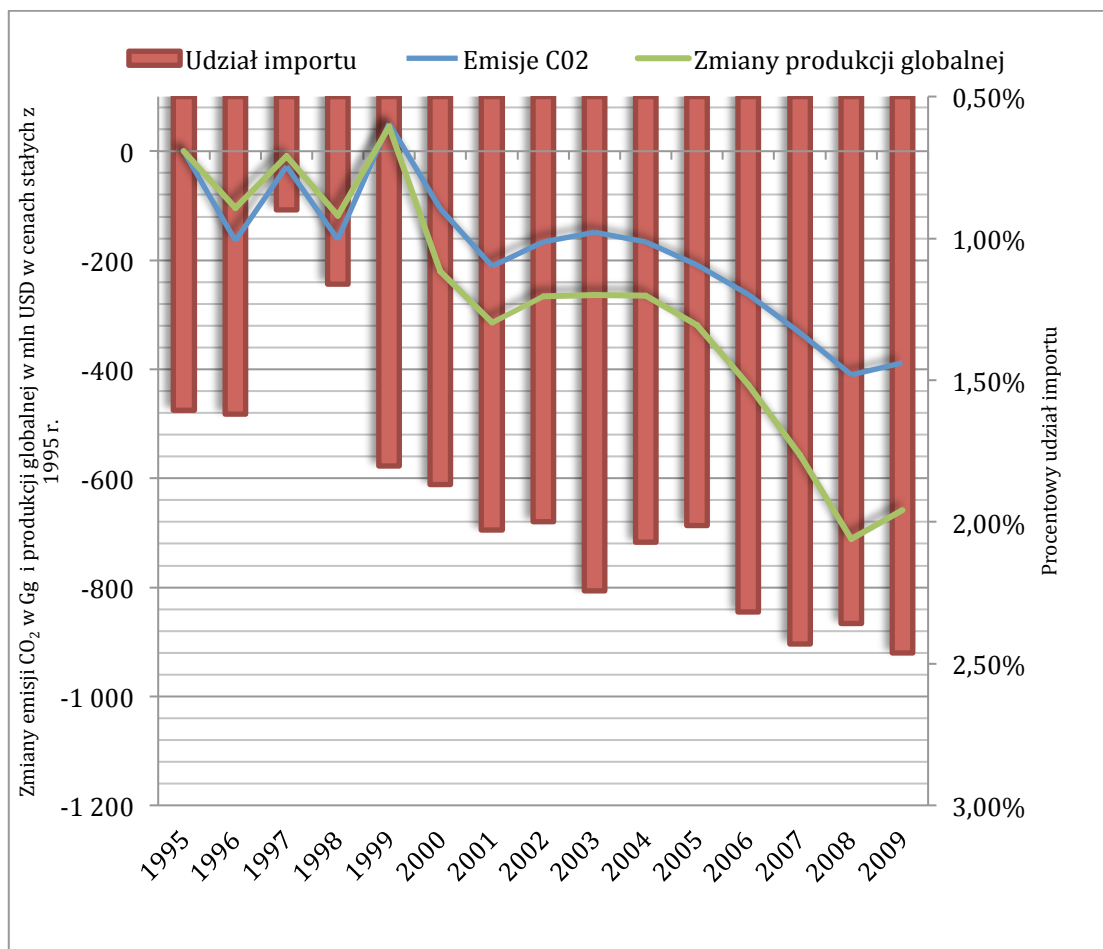
UE. Zmiany te są prawdopodobnie skutkiem substytucji tychże produktów importem z krajów UE, czemu sprzyjała swobodna wymiana dóbr i usług.



Rysunek 42. Coroczne zmiany emisji CO₂ spowodowane zmianami udziału produktów importowanych w spożyciu rządowym w Polsce w latach 1995-2009

Źródło: opracowanie własne

Rola importu w kształtowaniu emisji CO₂ przez spożycie rządowe jest znikoma. Udział importu w tej kategorii między rokiem 1995 a 2009 wzrósł z poziomu 1,5% do 2,5%. Zmiana ta spowodowała spadek emisji o zaledwie 0,14%, co stanowiło 0,4 mln ton CO₂. W latach 1995-2001 zmiany emisji kształtowały się bardzo nieregularnie a ich wahania były duże (Rysunek 42.). Następnie po roku 2001 zauważyć można płynne kształtowanie się zmian emisji, których wartości przebiegały malejąco od dodatnich do ujemnych. Przerwanie tej tendencji nastąpiło w roku 2009, co należy wiązać z załamaniem się koniunktury na rynkach światowych, w tym w Polsce.



Rysunek 43. Zmiany udziału importu w spożyciu rządowym oraz spowodowane nimi skumulowane zmiany produkcji globalnej i emisji CO₂ w Polsce w latach 1995-2009

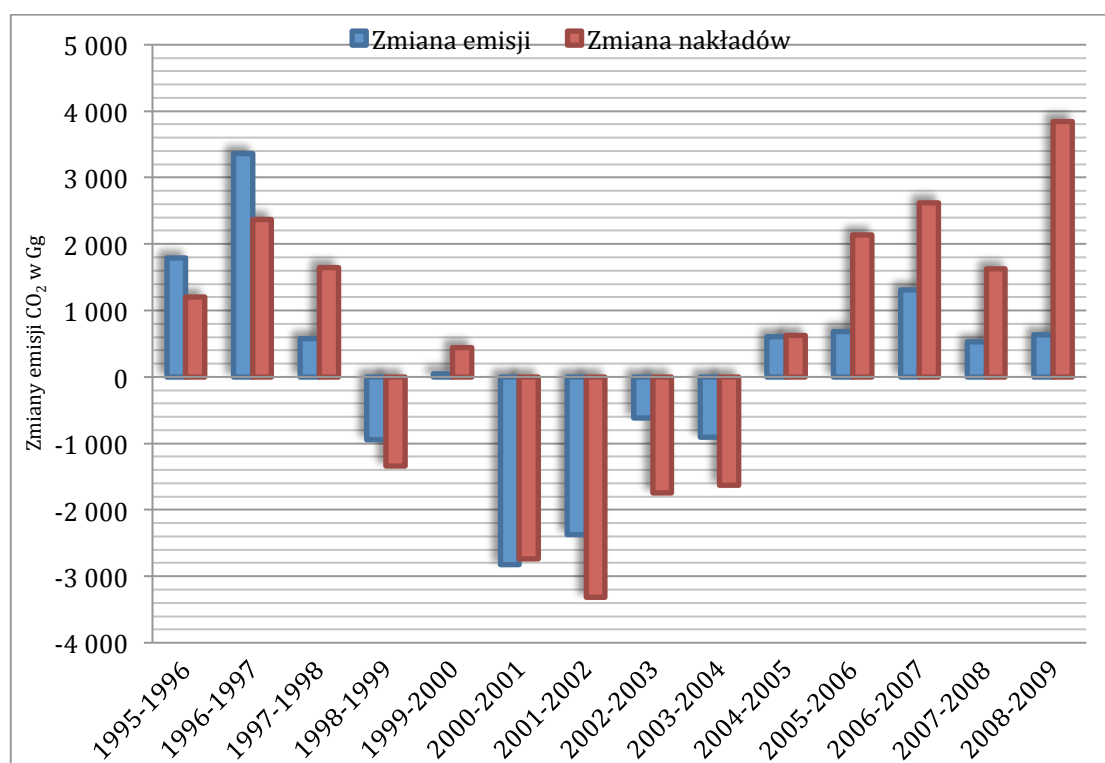
Źródło: opracowanie własne

Na Rysunku 43. można zauważyć, że zmiany udziału importu w poszczególnych latach miały zdecydowanie różne oddziaływanie na zmiany emisji CO₂. Należy to wiązać ze zmianami struktury przedmiotowej importu na co wskazują dość nietypowe, bo odwrotne, niż w pozostałych latach, związki pomiędzy zmianami w udziale importu a produkcją globalną w latach 2001-2005. W następnych latach, pomimo tego, że import pozostawał na zbliżonym poziomie, obserwowano redukcję emisji powodowaną importem. Potwierdza to wcześniej wysunięty wniosek o możliwym narastającym zastępowaniu względnie wysokotechnologicznych produktów krajowych produktami pochodzącymi z importu. Dzięki temu efekt redukcyjny jednej jednostki pochodzącej z importu jest wysoki. Niestety zjawisko to ma także swoje niekorzystne konsekwencje ekonomiczne, wyrażające się w dużych

spadkach produkcji globalnej. Rysunek 43. ma także inną interesującą cechę polegającą na stopniowym rozchodzeniu się zagregowanych zmian emisji i zmian produkcji globalnej przy zachowanej bardzo silnej korelacji. Można to wyjaśnić stopniową poprawą parametrów emisyjnych produkcji.

III.3.6. Nakłady na środki trwałe brutto

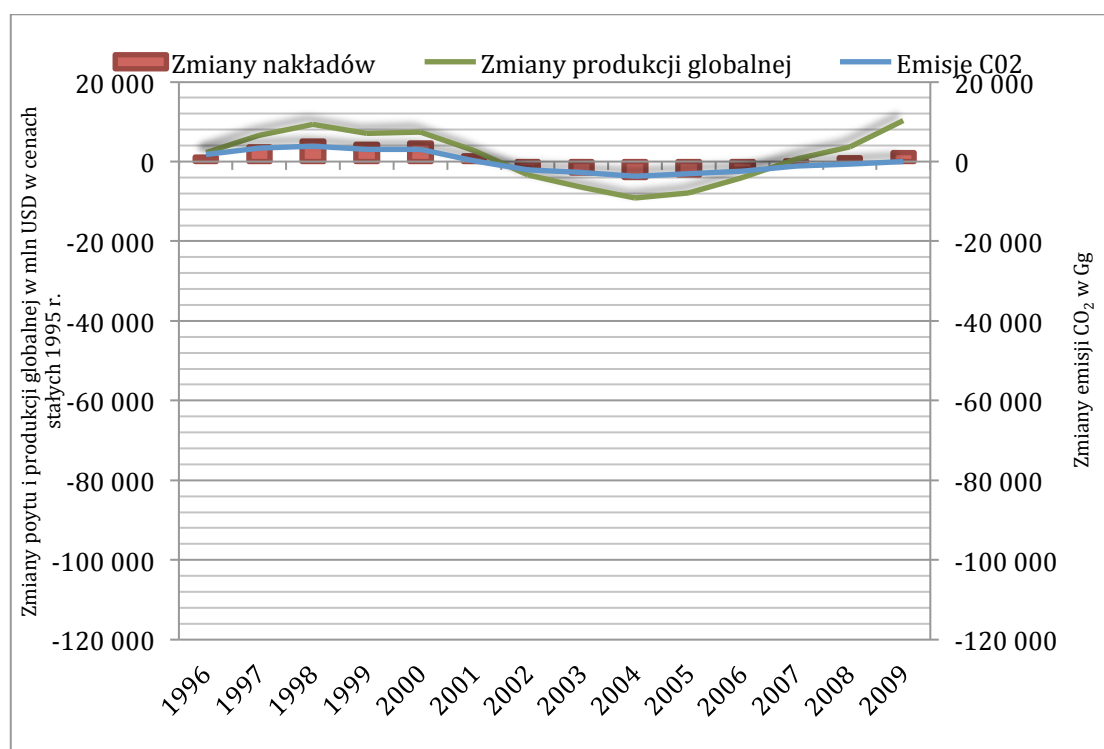
Zmiany nakładów brutto na krajowe środki trwałe spowodowały w Polsce spadek emisji CO₂ w latach 1995-2009 o niespełna 2 mln ton, co stanowi zaledwie 0,7% ubytek w stosunku do poziomu z 1995 roku. Ta niewielka zmiana była spowodowana dużą zmiennością tempa przyrostu nakładów w analizowanym okresie, co powodowało cykliczne kompensowanie się corocznych wzrostów i spadków emisji. Zaobserwowane regularności w kształtowaniu się zmian emisji na skutek działania omawianego czynnika wskazują na ich dużą zbieżność z przebiegiem wahań koniunkturalnych w tym samym okresie (Rysunek 44.).



Rysunek 44. Coroczne zmiany emisji CO₂ spowodowane zmianami tempa nakładów brutto na krajowe środki trwałe w Polsce w latach 1995-2009

Źródło: opracowanie własne

Kształtowanie się zmian emisji CO₂ oraz zmian nakładów na środki trwałe przebiegało zawsze jednokierunkowo. Jest to wynikiem względnie stałej struktury przedmiotowej tych nakładów, co wiąże się ze specyfiką wydatków inwestycyjnych, które na ogół utożsamia się z wydatkami na środki trwałe. Środki trwałe zgodnie z definicją GUS stanowią: „nakłady zwiększające wartość majątku trwałego (w tym także przyrost inwentarza żywego - stada podstawowego) oraz nakłady ponoszone na remonty środków trwałych i przyrost wartości niematerialnych i prawnych. Nie obejmują nakładów będących pierwszym wyposażeniem inwestycji oraz odsetek od kredytów i pożyczek inwestycyjnych za okres realizacji inwestycji” [GUS]. Stąd popyt bezpośredni na produkty sektora wytwarzana energii elektrycznej i ciepłej, odgrywający kluczową rolę w kształtowaniu emisji przez pozostałe czynniki strukturalne, jest w tym przypadku mało istotny. Jak wskazują wyniki za większą część emisji spowodowanych przez ten sektor odpowiada popyt pośredni.

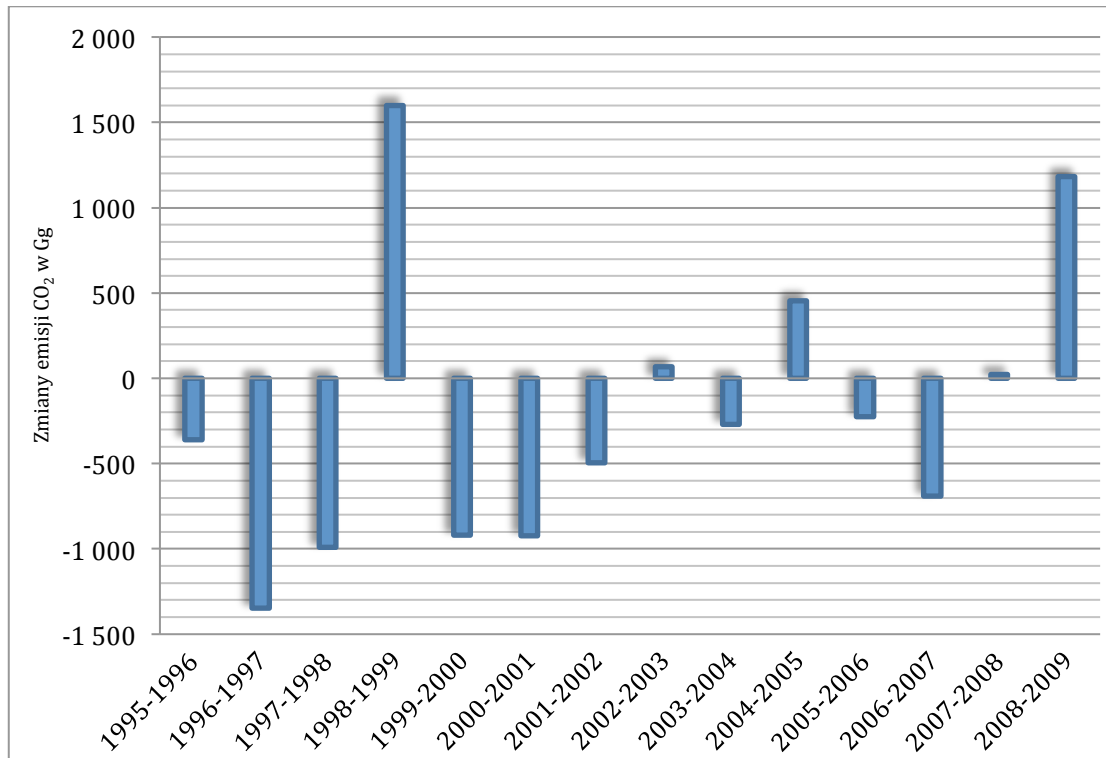


Rysunek 45. Skumulowane zmiany tempa nakładów brutto na krajowe środki trwałe oraz spowodowane nimi skumulowane zmiany produkcji globalnej i emisji CO₂ w Polsce w latach 1995-2009

Źródło: opracowanie własne

Na Rysunku 45. można dostrzec, że wrażliwość produkcji globalnej na zmiany nakładów jest dużo większa, niż w przypadku emisji. Wynika to prawdopodobnie ze

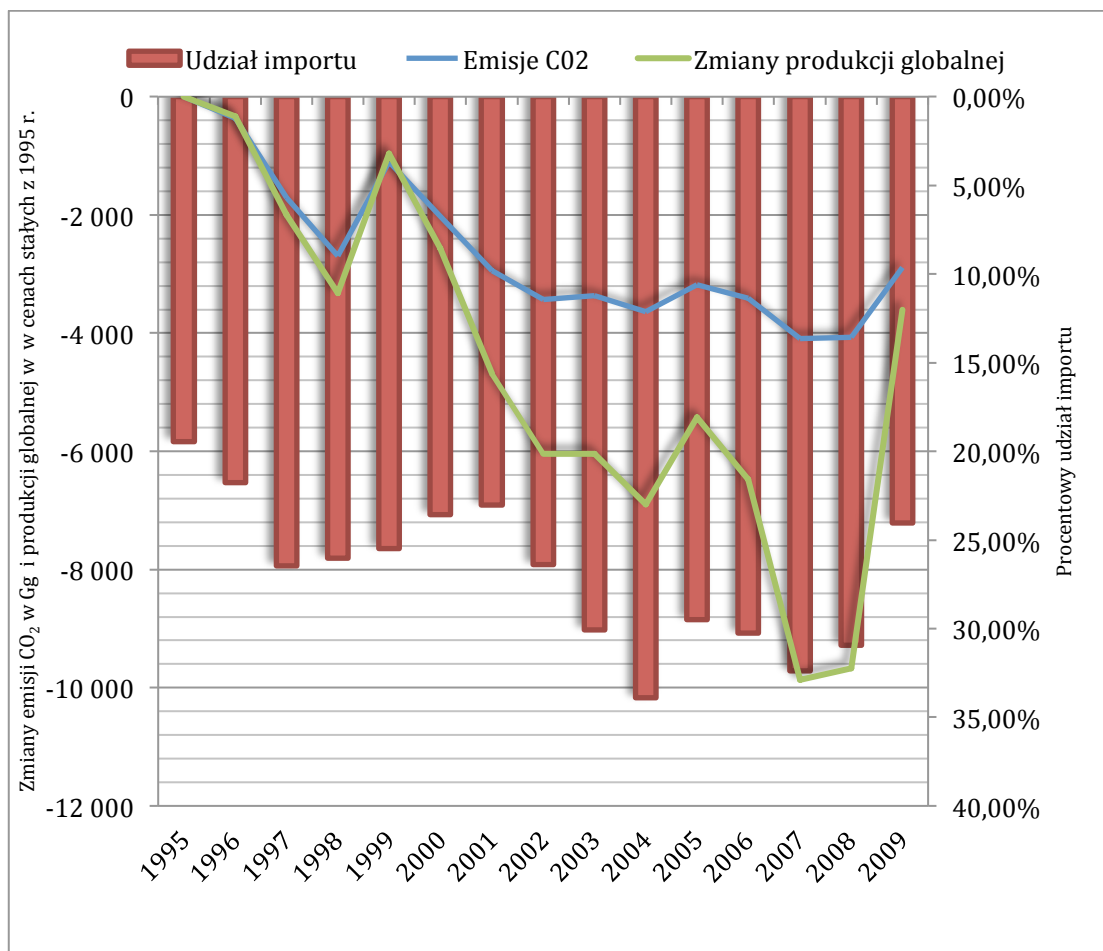
względnie małej całkowitej emisyjności sektorów, których produkty są nabywane jako dobra inwestycyjne. Z kolei Rysunek 46. przedstawia coroczne zmiany emisji wywołane zmianami w udziale importu w nakładach brutto na środki trwałe w latach 1995-2009 w Polsce. W okresie gwałtownych przemian związanych z transformacją ustrojową w latach 1995-2002 następowały znaczące redukcje emisji, za wyjątkiem lat 1998-1999, kiedy to miał miejsce wyraźny spadek importu energii elektrycznej. W późniejszych latach zmiany emisji były nieregularne.



Rysunek 46. Coroczne zmiany emisji CO₂ spowodowane zmianami udziału produktów importowanych w nakładach brutto na środki trwałe w Polsce w latach 1995-2009

Źródło: opracowanie własne

Udziału importu w nakładach na środki trwałe w latach 1995-2009 oscylował między 20% a 35%. Najniższy import środków trwałych zanotowano w roku 1995 i stanowił 20% całkowitych nakładów na środki trwałe brutto. Natomiast na koniec analizowanego zakresu czasowego, tj. w 2009 roku wzrósł on do 25%. W rezultacie tych zmian emisje spadły o niecałe 3 mln ton CO₂, czyli o 1%.



Rysunek 47. Zmiany udziału importu w nakładach brutto na środki trwałe oraz spowodowane nimi skumulowane zmiany produkcji globalnej i emisji CO₂ w Polsce w latach 1995-2009

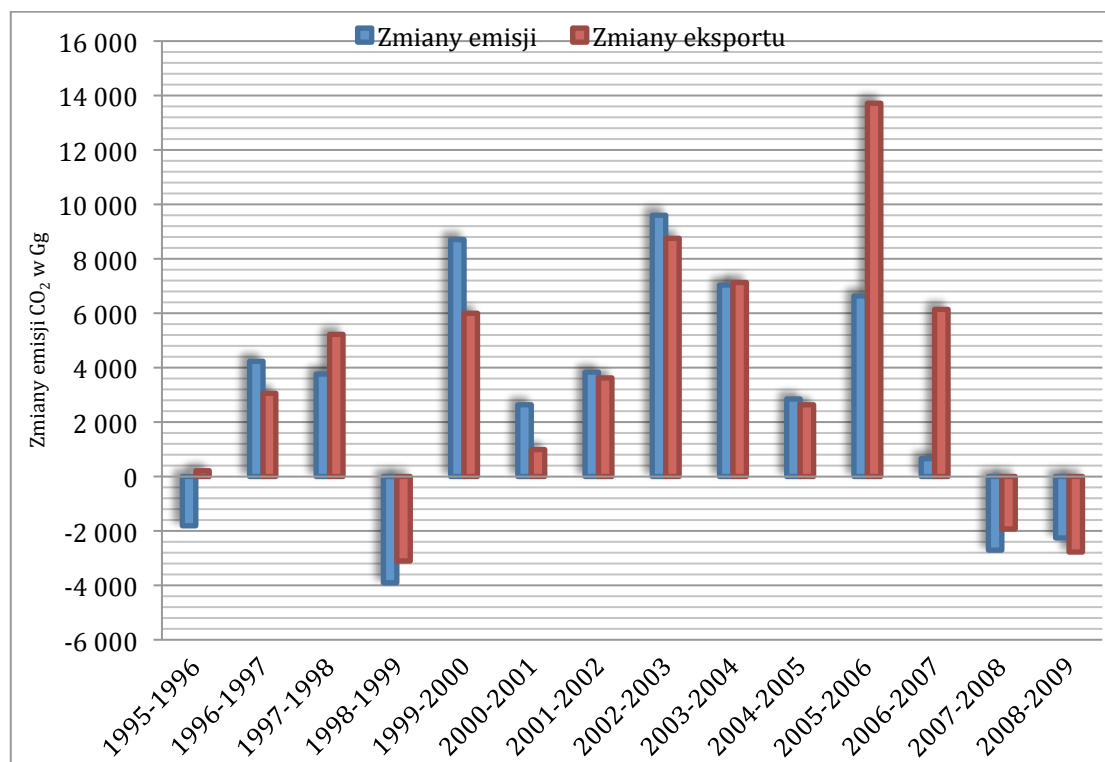
Źródło: opracowanie własne

Rysunek 47. wskazuje na brak stałych zależności pomiędzy udziałem importu w wydatkach na środki trwałe ogółem a produkcją globalną. Łączyć to należy ze zmianami struktury produktowej importu, która w różnym stopniu oddziaływała na przepływy międzygałęziowe w całej gospodarce. Pojawiające się coraz gwałtowniejsze reakcje na import produktów inwestycyjnych produkcji globalnej ogółem pozwalają przypuszczać, że wraz z przemianami gospodarczymi w Polsce rośnie zapotrzebowanie na środki trwałe o coraz większym stopniu zaawansowania technologicznego, przejawiającym się wysoką produktywnością ich produkcji. Jednocześnie, emisyjność produkcji tychże nakładów w Polsce regularnie spadała. Może to prowadzić do wniosku, że import nakładów brutto na środki trwałe przynosi

raczej nieznaczne korzyści dla emisji w Polsce, podczas gdy istotne straty ponoszone są w obszarze ekonomicznym.

III.3.7. Eksport

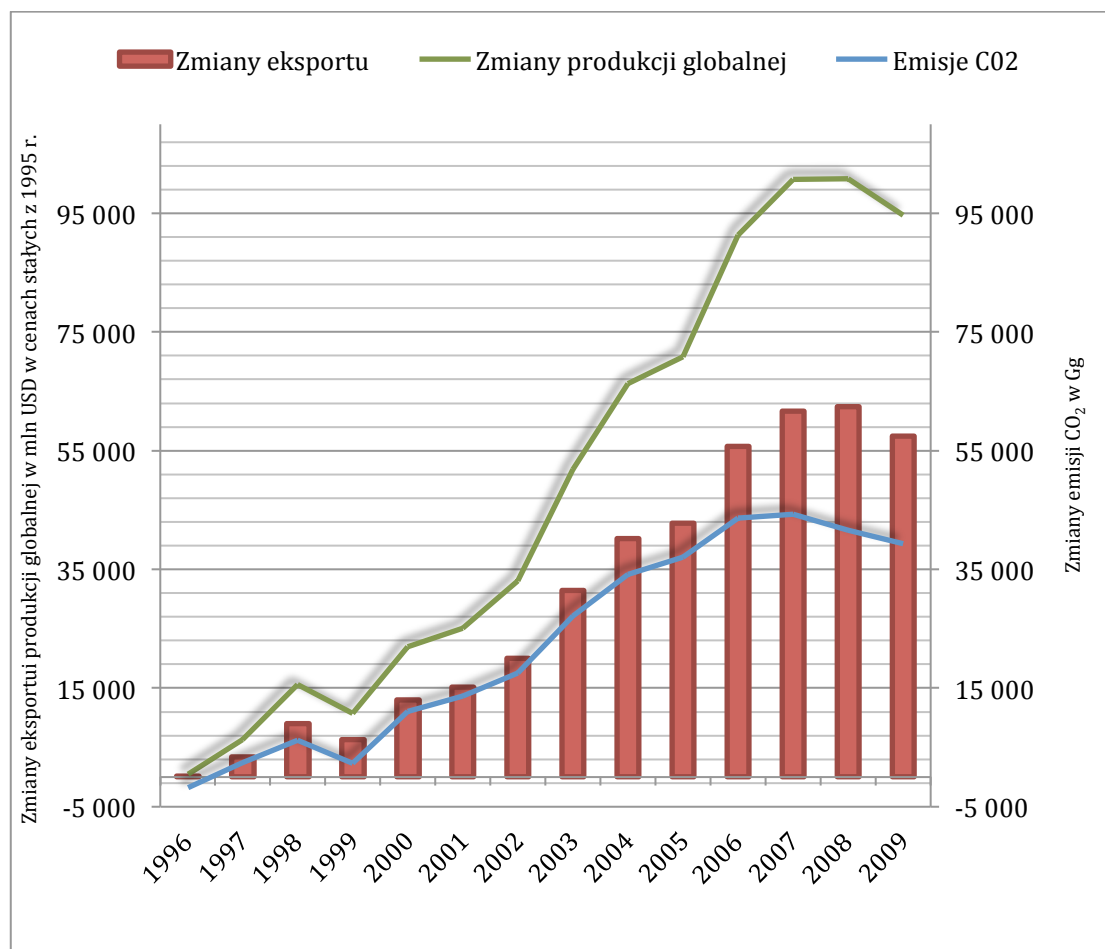
Zmiany w tempie i strukturze przedmiotowej eksportu, jako jedyne spośród czynników strukturalnych, przyczyniły się do wzrostu emisji CO₂ w Polsce w latach 1995-2009 o 39 mln ton CO₂, czyli o 14%. Zmiany emisji CO₂ przebiegały w różnych kierunkach. W większości lat odnotowano wzrost emisji z tytułu zmian strukturalnych w Polsce związanych z eksportem, a obserwowane w niektórych latach spadki były raczej niewielkie (Rysunek 48.). Wielkości zmian emisji były na ogół proporcjonalne do zmian wielkości eksportu (mierzonych względem wzrostu produkcji globalnej w kraju). Natomiast te ostatnie kształtowane były głównie przez koniunkturę gospodarczą u partnerów handlowych Polski, co potwierdza korelacja zmian w eksporcie ze zmianami PKB UE-27.



Rysunek 48. Coroczne zmiany tempa eksportu i wywołane nimi zmiany emisji CO₂ w Polsce w latach 1995-2009

Źródło: opracowanie własne

Na Rysunku 49. można zaobserwować jak wzrost produkcji globalnej w Polsce spowodowany eksportem odbywa się przy coraz mniejszej szkodzie dla jakości środowiskowej reprezentowanej przez emisje CO₂.



Rysunek 49. Skumulowane zmiany eksportu oraz spowodowane nimi skumulowane zmiany produkcji globalnej i emisji CO₂ w Polsce w latach 1995-2009

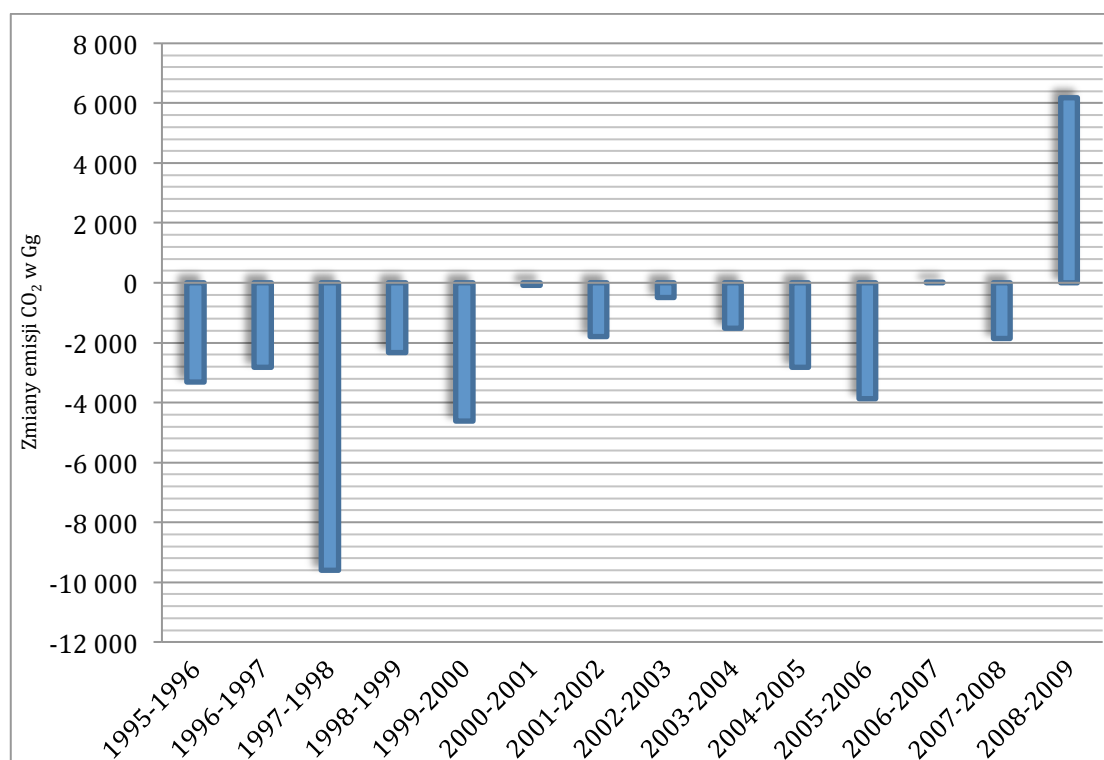
Źródło: opracowanie własne

Eksport, od momentu wejścia Polski do UE, stawał się coraz mniej emisyjny w przeliczeniu na jedną jednostkę, a krańcowa emisja powodowana eksportem malała. W latach 2005-2007 udało się osiągnąć w Polsce bardzo korzystny wzorzec eksportu z punktu widzenia łączenia celów środowiskowych i ekonomicznych. Zmiany w eksporcie, które dokonały się w tym okresie, pociągnęły za sobą istotny wzrost produkcji globalnej. Prawdopodobnie stało się tak na skutek dokonującego się rozwoju gospodarczego, który charakteryzuje się większą kooperacją między gałęziami. Dotyczy to szczególnie mocnych ekonomicznie przedsiębiorstw gotowych

sprostać konkurencji na zagranicznych rynkach. Jednocześnie skumulowany wzrost emisji w tym czasie był znikomy, co daje podstawy do przypuszczeń, że procesy wzrostu w mocno konkurencyjnych branżach mogą stanowić stosunkowo mniejsze obciążenie dla środowiska w porównaniu z branżami mniej konkurencyjnymi.

III.3.8. Popyt pośredni na produkty importowane

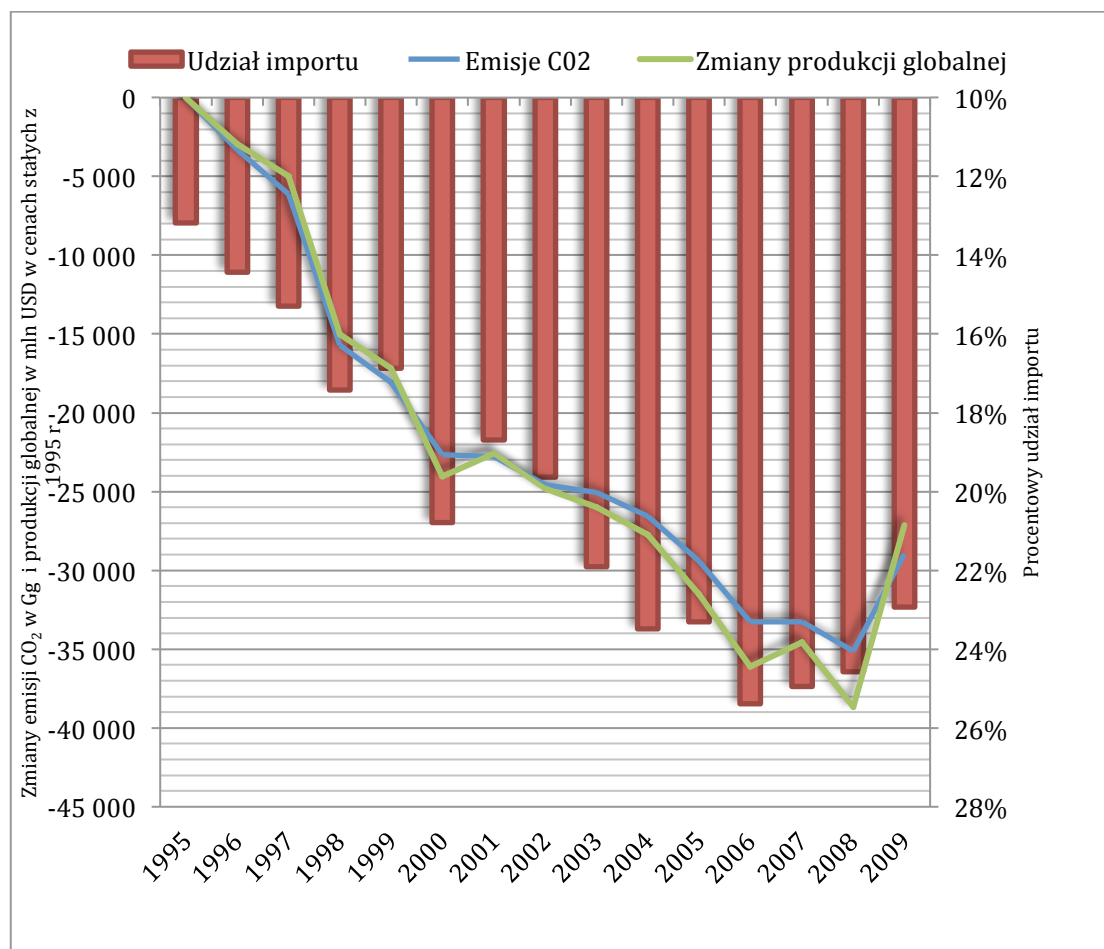
Zmiany udziału importu w popycie pośrednim jednoznacznie przyczyniały się do redukcji emisji w Polsce. W analizowanym okresie tylko w 2009 roku zmiany te spowodowały wzrost emisji, co należy wiązać ze spadkiem udziału importu w popycie pośrednim na skutek gwałtownego spowolnienia gospodarczego. W przeciągu całego okresu udział importu w zapotrzebowaniu sektorów na produkty pośrednie spowodował redukcję emisji CO₂ o 29 mln ton CO₂, co stanowiło 10% spadek wielkości emisji względem 1995 roku. Redukcje, które miały miejsce do roku 2000 były bardziej znaczące od tych w latach kolejnych (Rysunek 50.). Wynika to z większych przyrostów importu, które dokonywały się w tych latach.



Rysunek 50. Coroczne zmiany emisji CO₂ spowodowane zmianami udziału produktów importowanych w popycie w Polsce w latach 1995-2009

Źródło: opracowanie własne

Zależności pomiędzy importem, produkcją globalną a emisją CO₂ przedstawiała się dość stabilnie (Rysunek 51.). Oznacza to, że nie zachodziły istotne dla wielkości emisji różnice w zmianach struktury produktowej importu.



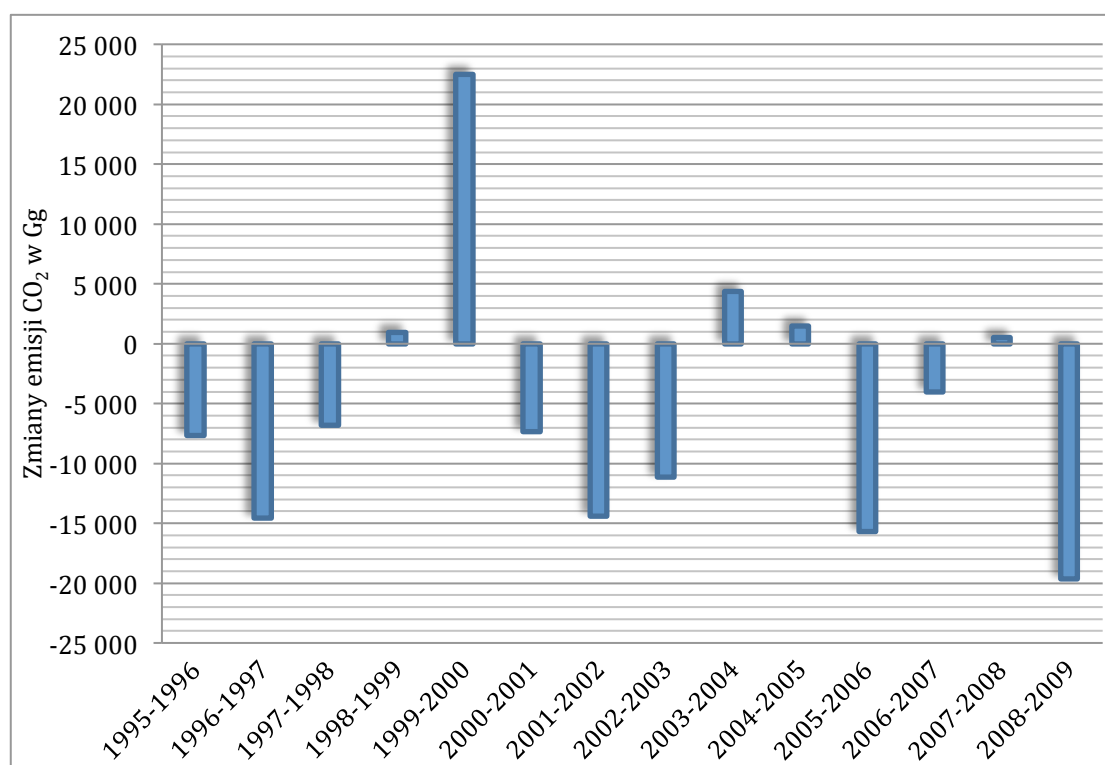
Rysunek 51. Zmiany udziału importu w popycie pośrednim oraz spowodowane nimi skumulowane zmiany produkcji globalnej i emisji CO₂ w Polsce w latach 1995-2009

Źródło: opracowanie własne

Jednakże, poczynając od roku 2002, można zauważyć pewne załamanie się wcześniejszej ustalonej zależności między prezentowanymi zmiennymi. Przede wszystkim, obserwuje się stopniowe spowolnienie przyrostu importu. Mimo tego, utrzymuje się dynamika spadku produkcji globalnej, co prawdopodobnie i w tym przypadku wiąże się z zacieśnieniem zależności międzysektorowych. Równoległe przyrosty emisji stają się coraz łagodniejsze co można łączyć z poprawą parametrów emisyjnych polskiej produkcji.

III.3.9. Popyt pośredni na produkty ogółem

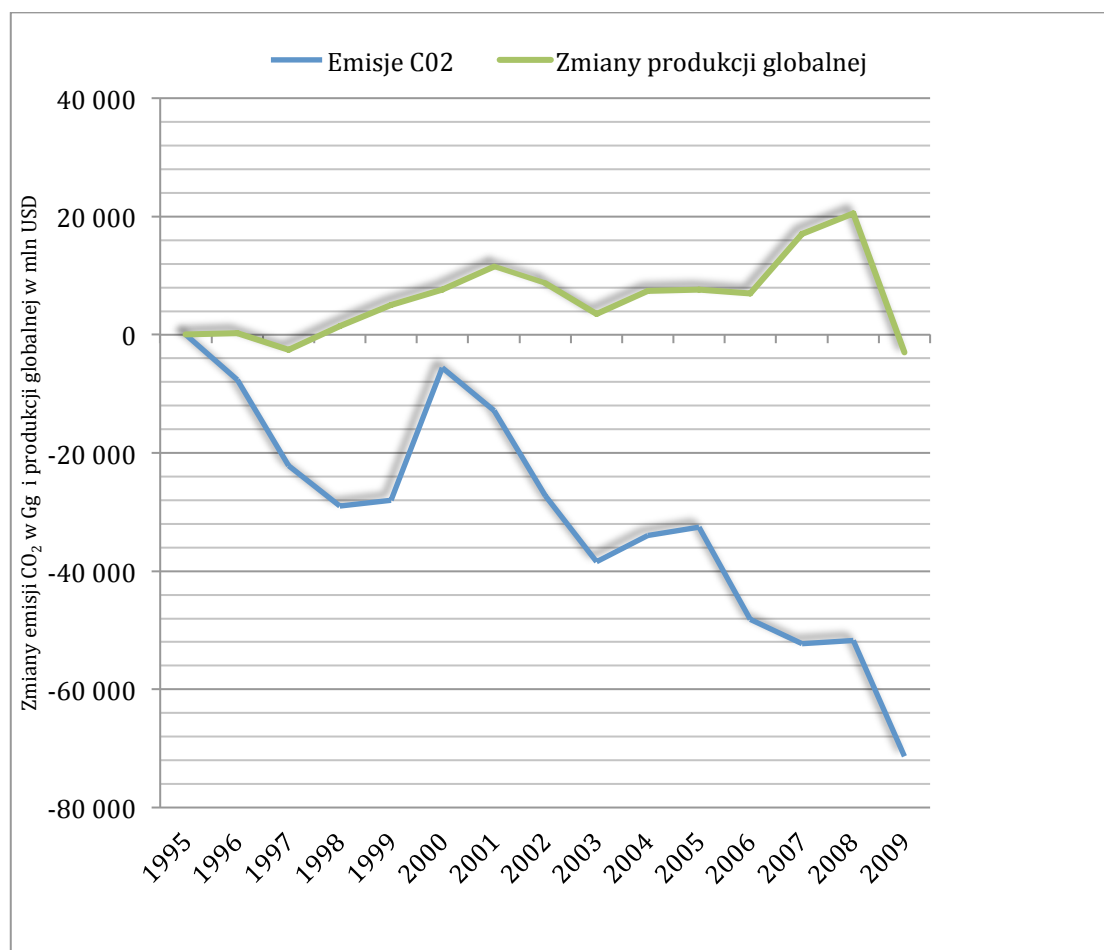
Zmiany technologii pomiędzy 1995 a 2009 rokiem doprowadziły w Polsce do redukcji emisji o 71 mln ton CO₂ w analizowanym okresie, co stanowi spadek o 25%. Efekt emisyjny postępu technologicznego w Polsce nie przebiegał zawsze jednokierunkowo w tym czasie. W niektórych latach nastąpiło cofnięcie się korzystnych dla jakości środowiska zmian w gospodarce. Taka sytuacja miała miejsce np. w roku 2000, w którym to miał miejsce znaczny wzrost emisji z tytułu zmian technologicznych (Rysunek 52.). Na skutek zmian technologicznych nastąpił wtedy wzrost popytu na energię elektryczną w sektorach spożywczym i usługowych, co było bezpośrednią przyczyną wzrostu emisji. Pewność tego wyniku może budzić pewne wątpliwości, gdyż podobna sytuacja miała miejsce w tym samym czasie w przypadku popytu rządowego, dlatego do jego interpretacji należy podejść ostrożnie. Ewentualnie jedną z przyczyn mógł być kryzys końca lat 90. w Polsce.



Rysunek 52. Coroczne zmiany emisji CO₂ spowodowane zmianami technologii w Polsce w latach 1995-2009

Źródło: opracowanie własne

Na Rysunku 52. można zauważyć pewną prawidłowość związaną ze wzrostem efektywności środowiskowej polskiej gospodarki (mierzonej emisją CO₂ przypadającą na stałą wielkość popytu finalnego) i chronologią zdarzeń politycznych dotyczących Polski. Początkowa poprawa tej efektywności miała miejsce w pierwszych trzech latach okresu analizy. Wiązać to należy z transformacją ustrojową w kraju, dzięki której nastąpiła racjonalizacja zużycia zasobów w gospodarce. Następny trzyletni cykl poprawy efektywności środowiskowej w gospodarce przypada na lata 2000-2003. W tym okresie miało miejsce wdrażanie programów mających przygotować Polskę do wejścia do Unii Europejskiej. Dość nieregularne zmiany nastąpiły w okresie poakcesyjnym, kiedy to technologia stosowana w Polsce przystosowywała się do wymogów i potrzeb rynku wewnętrznego UE.



Rysunek 53. Skumulowane zmiany produkcji globalnej i emisji CO₂ spowodowane zmianami technologii w Polsce w latach 1995-2009

Źródło: opracowanie własne

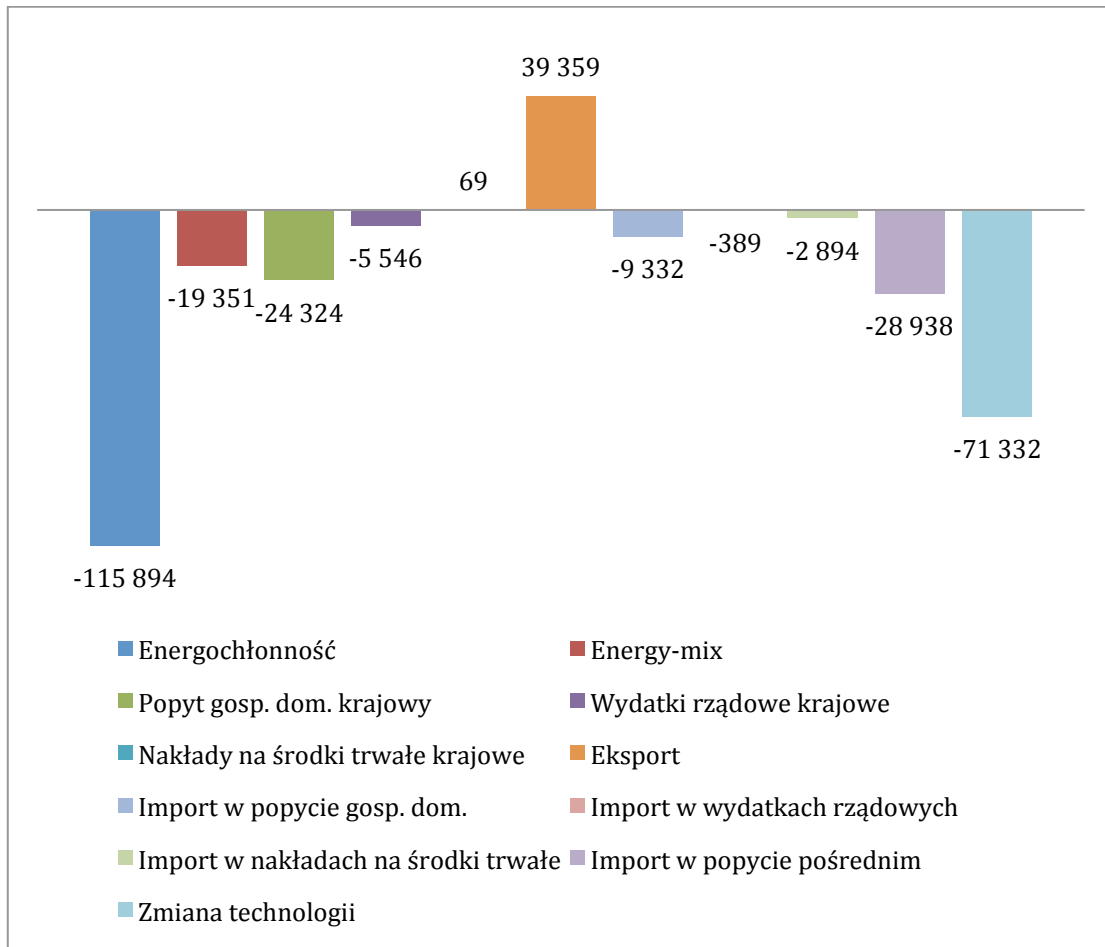
Rysunek 53. pokazuje kształtowanie się skumulowanych zmian emisji i produkcji globalnej związanych ze zmianami technologicznymi. W tym ujęciu można łatwo dostrzec narastające efekty przemian technologicznych, skutkujące rozdzieleniem procesów wzrostu gospodarczego od presji na środowisko. Różnica pomiędzy skumulowaną wartością zmian produkcji globalnej a skumulowaną wielkością zmian emisji CO₂ wskazuje na poprawę parametrów emisyjnych technologii stosowanych w całej gospodarce. Im różnica ta jest większa, tym globalna produkcja wytworzona jest przy mniejszej emisji CO₂ do atmosfery. Z punktu widzenia łączenia celów gospodarczych i środowiskowych pożądane są takie zmiany technologiczne, które powodują wzrost produkcji globalnej oraz równoległą redukcję emisji. Taki typ wzrostu zaobserwowano w latach 1997-1998, 2000-2001 oraz 2006-2007. Okresy te można łączyć z największymi skokami technologicznymi polskiej gospodarki, które dokonały się w analizowanym zakresie czasowym.

III.3.10. Podsumowanie otrzymanych wyników empirycznych

Zmiany strukturalne były decydującym czynnikiem redukującym emisje CO₂ w latach 1995-2009. Efekt zmian strukturalnych netto spowodował, że w roku 2009 odnotowano obniżenie się emisji CO₂ o ponad 32 mln względem roku 1995. Spadek ten dokonał się pomimo wysokiego wzrostu gospodarczego. Średnia roczna stopa wzrostu produkcji globalnej w całym analizowanym okresie wynosiła 5%.

Wśród wyodrębnionych 12 czynników strukturalnych, największe znaczenie miały zmiany energochłonności, które przyczyniły się do redukcji w wysokości 116 mln ton CO₂ w 2009 roku względem roku 1995 (Rysunek 54.).

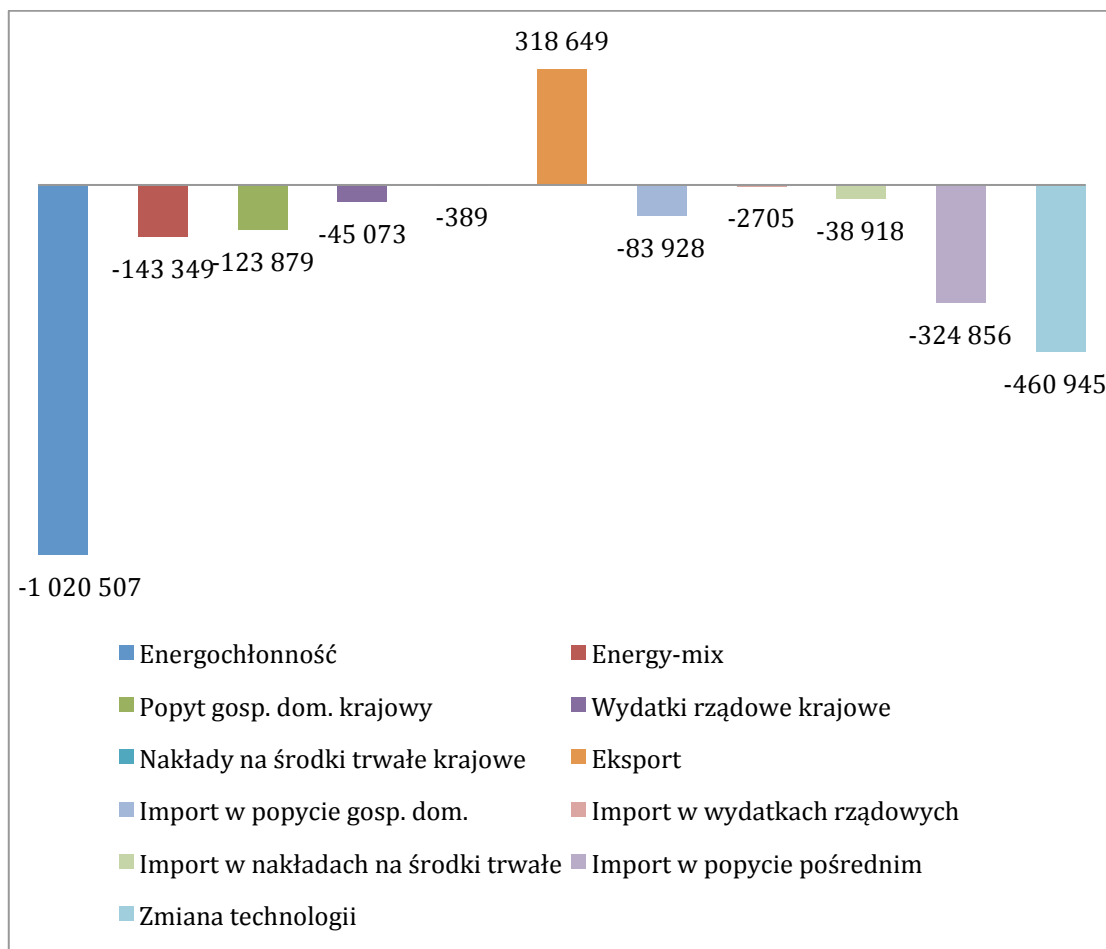
Do czynników strukturalnych silnie oddziałujących na ograniczenie emisji CO₂ należy zaliczyć także zmiany technologii oraz zmiany popytu końcowego na produkty krajowe. Pozostałe czynniki popytowe, w tym te związane z importem miały raczej marginalne znaczenie dla redukcji. Czynnikiem strukturalnym, który przyczynił się do wzrostu emisji na koniec analizowanego okresu był eksport. Zmiany w eksporcie spowodowały wzrost w wysokości niemal 40 mln ton CO₂. Drugim czynnikiem działającym na rzecz wzrostu CO₂ według stanu na rok 2009 były zmiany nakładów brutto na środki trwałe, ale oddziaływanie tego czynnika było marginalne.



Rysunek 54. Zmiany emisji CO₂ w tys. ton wywołane oddziaływaniem czynników strukturalnych w Polsce w latach 1995-2009

Źródło: opracowanie własne

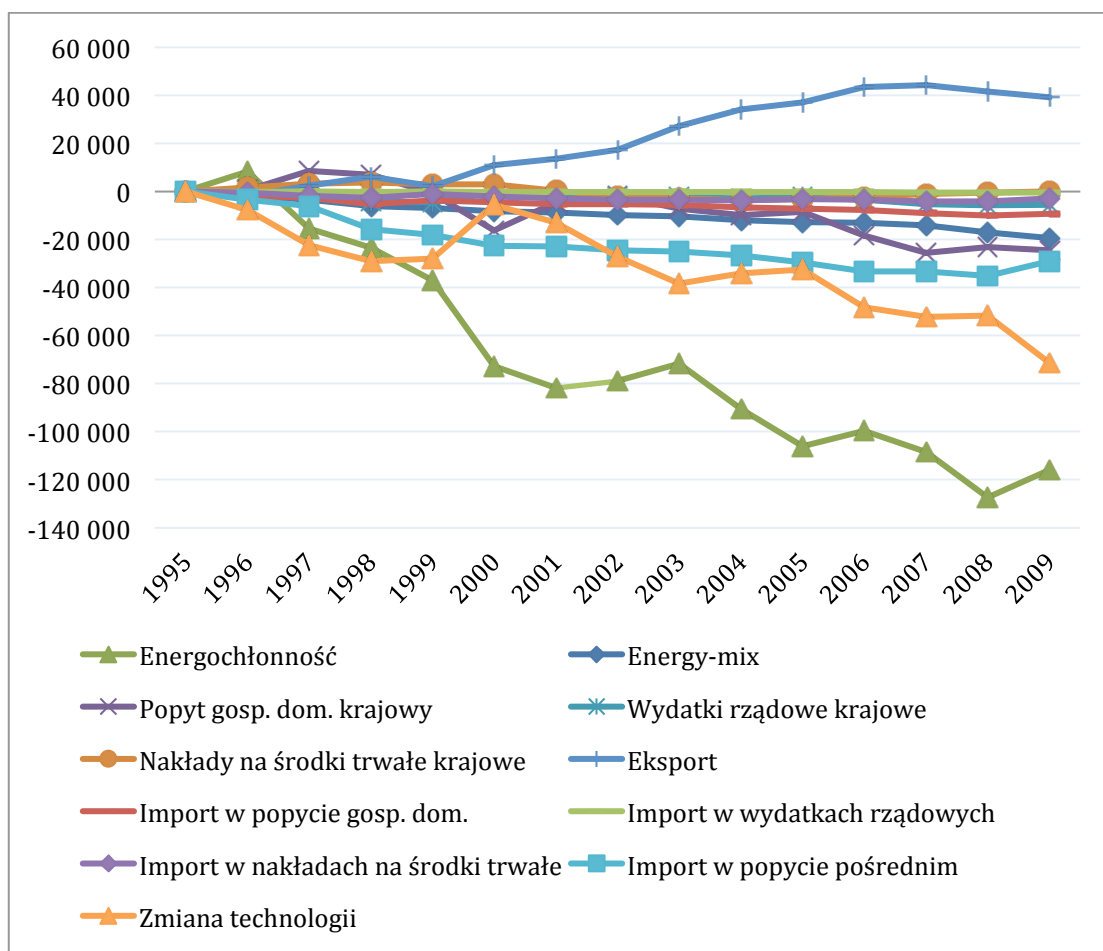
Oddziaływanie zmian strukturalnych na emisję CO₂ można również zestawić pod względem ich skumulowanego efektu w ciągu analizowanego okresu (Rysunek 55.). Zestawienie czynników w ten sposób prowadzi do takich samych konkluzji, jeśli chodzi o ich rolę w kształtowaniu zmian emisji. Zauważalną różnicą pomiędzy tym a poprzednim ujęciem jest wzrost znaczenia energochłonności na tle pozostałych czynników. Ponadto, skumulowane nakłady na środki trwałe brutto są czynnikiem wpływającym na nieznaczną redukcję emisji CO₂.



Rysunek 55. Skumulowane zmiany emisji CO₂ w tys. ton wywołane oddziaływaniem czynników strukturalnych w Polsce w latach 1995-2009

Źródło: opracowanie własne

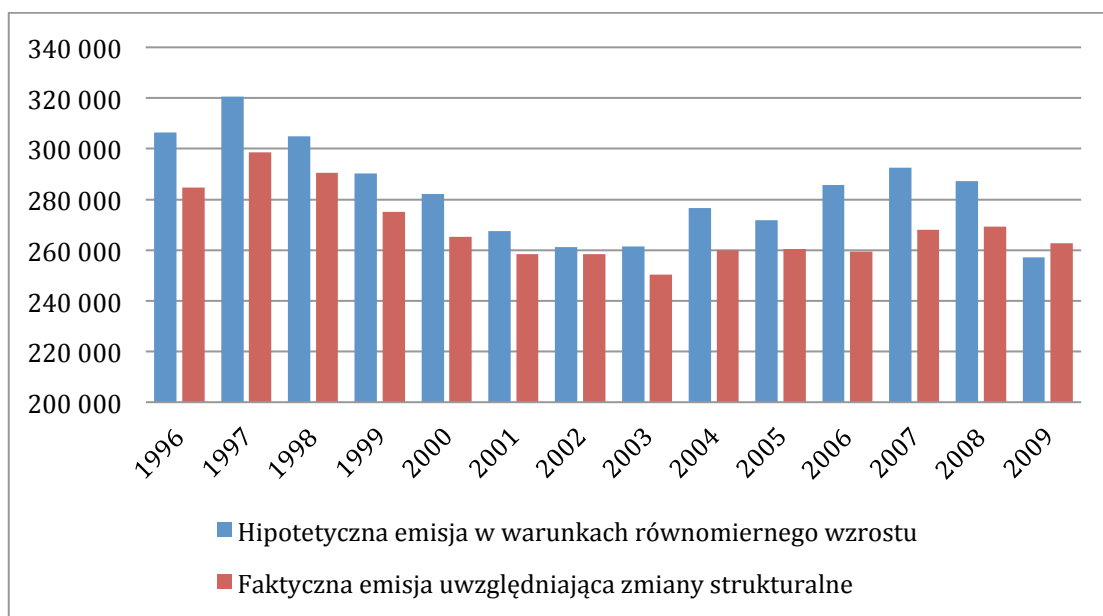
Rysunek 56. przedstawia coroczne kształtowanie się skumulowanych zmian wszystkich czynników strukturalnych w badanym okresie. Wykres ten wydaje się wskazywać na brak generalnej koincydencji w kształtowaniu się poszczególnych czynników w czasie. Jedyne związki dające się zaobserwować pomiędzy poszczególnymi czynnikami występują pomiędzy zmianami technologicznymi i zmianami energochłonności. Trudno natomiast wyjaśnić przyczynę takiej, być może pozornej zależności.



Rysunek 56. Kształtowanie się skumulowanych zmian emisji CO₂ w tys. ton wywołanych oddziaływaniem czynników strukturalnych w Polsce w latach 1995-2009

Źródło: opracowanie własne

U podstaw zastosowanej metodologii szacowania efektów zmian strukturalnych leży założenie o możliwości rozdzielenia efektów zmian strukturalnych od pozostałych procesów wzrostu gospodarczego. Wobec tego istotną częścią analizy było porównanie corocznych emisji powstałych w warunkach wzrostu gospodarczego bez zachodzących zmian w strukturze z szacowaną emisją faktyczną. Różnica uzyskanych w ten sposób wielkości stanowi wymierny efekt zmian strukturalnych.



Rysunek 57. Oszacowane wielkości emisji CO₂ w tys. ton przy założeniu wzrostu bez zmian strukturalnych i wzrostu z występującymi zmianami strukturalnymi w Polsce w latach 1996-2009

Źródło: opracowanie własne

Na Rysunku 57. przedstawiono obok siebie wielkości emisji CO₂ uzyskane w obu scenariuszach. Z wyjątkiem ostatniego roku analizy, hipotetyczny równomierny wzrost bez zmian strukturalnych powodował wyższe emisje, niż wzrost wraz ze zmianami strukturalnymi. Wyjątek ten można wyjaśnić ujemnym wzrostem produkcji globalnej w latach 2008-2009, co spowodowało liniowy spadek emisji w scenariuszu równomiernego wzrostu. W pozostałych latach największe różnice w uzyskanych wielkościach przy dwóch różnych założeniach dotyczących przebiegu wzrostu gospodarczego występują dla lat 1997-2000 oraz 2004-2008. Oznacza to, że w tych okresach zmiany struktury gospodarczej oddziaływały na emisje najsilniej. Wyjaśnić to można przypadającą na te okresy szczególną dynamiką przemian gospodarczych związanych z rosnącą konkurencyjnością polskiej gospodarki. Pierwszy interwał to czas silnych przemian związanych z nasileniem procesów wolnorynkowych na skutek trwającej transformacji gospodarczej. Drugi to natomiast efekt nasilonej integracji Polski z Unią Europejską tuż po akcesji Polski w roku 2004.

III.4. Przewidywania dotyczące zmian strukturalnych, emisji CO₂ i jakości środowiska w Polsce w warunkach polityki klimatycznej UE

Prowadzona polityka wobec zmian klimatu na terenie Polski opiera się przede wszystkim na wdrożonych działaniach, o których wspólnie zdecydowały kraje Unii Europejskiej. Dlatego polityka klimatyczna UE głównie determinuje wielkość emisji gazów cieplarnianych w polskiej gospodarce. Z tego powodu, to jej należy się szczególna uwaga jako narzędzia mającego powodować w Polsce zmiany strukturalne w celu przejścia do tak zwanej gospodarki niskoemisyjnej. W tej części zostaną przedstawione główne założenia polityki klimatycznej UE. Następnie polityka ta zostanie przeanalizowana w celu dokonania oceny jej przewidywanego wpływu na zmiany strukturalne i towarzyszące im długotrwałe zmiany w emisji CO₂ jako czynnika determinującego jakość środowiska.

Aktualna wewnętrzna polityka klimatyczna Unii Europejskiej opiera się na tzw. pakiecie klimatyczno-energetycznym. Pakiet został ostatecznie przyjęty 23 kwietnia 2009 roku i składają się na niego następujące dokumenty legislacyjne:

- *Dyrektywa zmieniająca dyrektywę 2003/87/WE w celu usprawnienia i rozszerzenia wspólnotowego systemu handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych* (tzw. "dyrektywa EU ETS" - z ang. European Union Emission Trading Scheme),
- *Decyzja w sprawie wysiłków podjętych przez państwa członkowskie, zmierzających do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych w celu realizacji do roku 2020 zobowiązań Wspólnoty dotyczących redukcji emisji gazów cieplarnianych* (tzw. "decyzja non-ETS"),
- *Dyrektywa w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE* (tzw. "dyrektywa OZE").

Ponadto razem z pakietem Komisja Europejska ogłosiła nowy komunikat dotyczący wytycznych w sprawie pomocy państwa w zakresie ochrony środowiska naturalnego, które mają ułatwić realizację zapisów dyrektyw.

Podstawowe cele pakietu klimatycznego kryją się pod pojęciem „3 x 20”. Skrót ten odnosi się do ambitnych zamierzeń UE na rok 2020, tj.:

- 20% redukcja emisji gazów cieplarnianych;
- 20% udział odnawialnych źródeł energii w *energy-mix*;
- 20% wzrost efektywności energetycznej.

Cele te, za wyjątkiem celu dotyczącego efektywności energetycznej, zostały rozdzielone pomiędzy kraje członkowskie w oparciu o zasadę „*effort sharing*”, czyli podziału wysiłków wynikających ze wspólnych zobowiązań UE. Polska musi w tym zakresie do końca 2020 roku osiągnąć:

- 15% udział energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto [DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY 2009/28/WE];
- najwyżej 14% pułap wzrostu emisji względem 2005 roku w sektorach nieobjętych dyrektywą EU ETS [DECYZJA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY NR 2009/406/WE].

Powyższe cele krajowe nie stanowią tak dużego wyzwania dla polskiej gospodarki jak nowa architektura systemu handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych (ETS). System ten jest instrumentem rynkowym polityki ochrony środowiska, który w przeciwieństwie do pozostałych regulacji pakietu bezpośrednio określa wielkość emisji w UE, stąd warto skupić na nim szczególną uwagę. Zasada jego działania polega na przyznaniu ograniczonej liczby uprawnień do emisji przedsiębiorstwom emitującym istotne ilości gazów cieplarnianych. W konsekwencji przedsiębiorstwa te mogą emitować tylko tyle na ile pozwala im ilość posiadanych uprawnień, gdyż przekroczenie tej ilości jest karane. Możliwy jest przy tym handel uprawnieniami między przedsiębiorstwami, co stanowi istotę działania systemu i gwarantuje najbardziej efektywne kosztowo działania redukcyjne. Główną zaletą tego instrumentu jest jego z góry ustalony efekt środowiskowy – ilość gazów cieplarnianych wyemitowanych przez przedsiębiorstwa objęte ETS jest ograniczona sumą przyznanych uprawnień. Jednakże istotnym jego mankamentem jest duża niepewność co do kosztów dla gospodarek związanych z funkcjonowaniem tego mechanizmu. Pośrednio wpływa na to fakt, że uprawnienia mogą być traktowane jako papiery wartościowe, co czyni je podatnymi na spekulacje. Tym samym możliwe jest podnoszenie kosztów polityki klimatycznej przez operacje sektora finansowego.

Obecne rozwiązania systemu handlu uprawnieniami do emisji, wprowadzone wraz z pakietem, istotnie rozszerzyły dotychczasowy zakres systemu. Tzw. trzecia

faza ETS przewidziana na lata 2013-2020, obejmuje już niemal połowę emisji gazów cieplarnianych uwalnianych w całej UE, uwzględniając także takie gazy cieplarniane jak: CO₂, N₂O, perfluorowęglowodory - PFC). Przed dokonaną zmianą, uprawnienia do emisji w Polsce były bezpłatnie rozdzielane pomiędzy podmiotami na podstawie decyzji administracyjnej. Jednak ta praktyka okazała się nieefektywna. Teoretycznie zakładano, że wszystkie przedsiębiorstwa będą miały pewien niedobór uprawnień, co zmuszałoby je do działań redukcyjnych. Jednakże w praktyce, niektóre przedsiębiorstwa miały ich niedobór, a inne nadwyżkę. Dzięki temu te ostatnie uzyskiwały nieuzasadnione zyski (z ang. *windfall profits*) sprzedając niewykorzystane uprawnienia.

Znowelizowana dyrektywa EU ETS częściowo urynkowała sposób alokacji uprawnień wprowadzając konieczność nabywania ich w drodze aukcji. Z uwagi na obawy związane z utrzymaniem międzynarodowej konkurencyjności gospodarki UE oraz na duże dysproporcje pomiędzy krajami członkowskimi, ustalono, że dochodzenie do całkowitej alokacji uprawnień w drodze aukcji będzie stopniowe, rozpoczynając od ilości przekraczającej niewiele ponad 40% całkowitej podaży uprawnień w roku 2013. Natomiast konieczność nabywania 70% uprawnień w drodze aukcji będzie obowiązywać od 2020 roku, tak aby w roku 2027 osiągnąć poziom 100% dla wszystkich instalacji. Wyjątek stanowią przedsiębiorstwa energetyczne, które nie otrzymują bezpłatnie żadnych uprawnień od 2013 roku. Polska oraz pozostałe tzw. nowe kraje członkowskie UE wynegocjowały w tym zakresie derogację do roku 2020, co ma pomóc w przyspieszeniu modernizacji i transformacji tego sektora w tych krajach.

Przydzielanie bezpłatnych uprawnień dla sektorów przemysłowych odbywa się na podstawie wskaźników emisyjności produkcji, zwanych z ang. *benchmarkami*. Zostały one wyznaczone na podstawie 10% najbardziej efektywnych instalacji w UE w latach 2007-2008. Zasada tego rozwiązania polega na tym, że bardziej efektywne, pod względem emisji gazów cieplarnianych, instalacje otrzymują więcej bezpłatnych uprawnień. Ilość uprawnień przewidzianych do bezpłatnej dystrybucji jest także zależna od stopnia narażenia na ryzyko „ucieczki emisji” w sektorze, w którym działa

dana instalacja⁶. Im bardziej dany sektor narażony jest na wystąpienie „ucieczki emisji”, tym więcej bezpłatnych uprawnień może otrzymać.

Kilka miesięcy po wejściu w życie nowych zasad dotyczących systemu handlu uprawnieniami w roku 2013 Komisja Europejska doszła do wniosku, że przez światowe spowolnienie gospodarcze rynek uprawnień do emisji w UE działa nieprawidłowo. Objawia się to tym, że na początku III fazy ETS stwierdzono nadwyżkę uprawnień w wysokości dwóch miliardów. W związku z tym cena uprawnień przez kilka miesięcy utrzymywała się na średnim poziomie poniżej 3 EUR/EUA, co mocno odbiegało od przewidywanej przez KE ceny powyżej 20 EUR/EUA. Niska cena uprawnień nie stanowi impulsu inwestycyjnego dla przedsiębiorstw w celu ograniczania ich emisji. Brak podejmowania odpowiednich działań w obecnym czasie stanowi, zdaniem KE, niebezpieczeństwo, że kolejne planowane redukcje przez UE po roku 2020 nie będą mogły zostać osiągnięte. W związku z tym KE zaproponowała wycofanie znacznej ilości uprawnień (900 mln) z aukcji w latach 2013-2015 i przeniesienie ich na lata 2019-2020, kiedy to można spodziewać się dużego ich niedoboru na rynku. Procedura legislacyjna przyjęcia tej propozycji jest już zaawansowana, pomimo silnego sprzeciwu kilku krajów, zwłaszcza Polski.

Na podstawie zgromadzonych informacji oraz wyników analiz empirycznych, można przypuszczać, że system handlu emisjami będzie powodował silne pogłębianie się zmian strukturalnych prowadzących do stopniowego i trwałego ograniczania emisji CO₂ w Polsce. Ocena ta wynika z tego, że do tej pory mechanizmy rynkowe, dużo bardziej, niż impulsy instytucjonalne, wymuszały na polskich przedsiębiorstwach konieczność racjonalizacji gospodarowania energią i innymi surowcami. To z kolei spowodowało zmiany strukturalne przejawiające się poprawą efektywności energetycznej, co było najważniejszym czynnikiem redukcji CO₂ w Polsce w latach 1995-2009. Należy zwrócić uwagę, że impuls kosztowy zawarty w cenach energii był w tym czasie stosunkowo niewielki. Nowe regulacje natomiast spowodują trwały wzrost kosztów pozyskiwania energii ze spalania paliw, na który składa się nie tylko cena nośników energetycznych, ale także cena uprawnienia do

⁶ Efekt „ucieczki emisji” polega na wzroście emisji gazów cieplarnianych w krajach nieobjętych zobowiązaniami redukcyjnymi, na skutek prowadzenia polityki ograniczania tych emisji w innych krajach.

emisji. Ponadto wzrosną także koszty pozyskiwania energii wtórnej takich jak energia elektryczna lub produkty przerobu ropy naftowej. Tym samym użytkowanie energii będzie stanowiło coraz bardziej istotną grupę kosztów dla przedsiębiorców w ogólnym ich zestawieniu.

Wzrost kosztów wykorzystania energii powinien w pierwszej kolejności przyczynić się do poprawy efektywności energetycznej gospodarki. Pomimo dużych usprawnień w tym zakresie, które dokonały się w latach 1995-2009, wartości wskaźników efektywności energetycznej w Polsce odbiegają od tych dla krajów Europy Zachodniej. Toteż można uznać, że w Polsce istnieje wciąż duży potencjał dla poprawy sposobu gospodarowania energią. Uzyskane wyniki empiryczne pokazują, że zmiany w tym obszarze przekładały się bardzo istotnie na zmniejszenie emisji CO₂. Stąd, należy sądzić, że dalsza poprawa efektywności energetycznej w tym kierunku odbędzie się z trwałą korzyścią dla środowiska globalnego, poprzez zmniejszenie presji ze strony koncentrujących się w atmosferze gazów. Korzyści środowiskowe z poprawy efektywności energetycznej w Polsce mogą być także obserwowane lokalnie. Przejawiać się mogą mniejszą emisją zanieczyszczeń determinujących jakość powietrza jak: tlenki siarki (SO_x), tlenki azotu (NO_x), tlenek węgla (CO), pyły, węglowodory (C_nH_m). Coraz częściej mówi się także o innych, niż środowiskowych argumentach na rzecz poprawy efektywności energetycznej. Międzynarodowa Agencja Energii podaje 14 dodatkowych korzyści wynikających z oszczędnego gospodarowania energią. Niektóre z nich to powstawanie nowych miejsc pracy, poprawa bezpieczeństwa energetycznego, poprawa produktywności, poprawa gospodarowania surowcami naturalnymi [IEA 2013a]. Stąd, prawdopodobnie i te wtórne efekty związane z podejmowaniem działań na rzecz wzrostu efektywności energetycznej będą mogły być obserwowane w Polsce na skutek wzrostu kosztów energii.

Wzrost kosztów energii może być także przyczyną istotnych konsekwencji dla konkurencyjności polskiej gospodarki, a tym samym przemian strukturalnych w zakresie handlu zagranicznego. Procesy te mogą się dokonywać stopniowo i skutkować zmniejszeniem udziału niektórych gałęzi przemysłów energochłonnych, jak np. przemysł chemiczny i stalowy, w produkcji globalnej kraju. Jest to związane z zagrożeniem polegającym na tym, że nowe regulacje pakietu klimatycznego mogą wywołać spadek pozycji konkurencyjnej przemysłu UE na rzecz gospodarek tych krajów, które nie zobowiążą się do podjęcia podobnych wysiłków na rzecz redukcji

emisji gazów cieplarnianych. Energochłonne przedsiębiorstwa przemysłowe zlokalizowane w UE będą zmuszone do ponoszenia relatywnie większych kosztów związanych z zakupem uprawnień do emisji względem swych konkurentów z innych części świata. Ponadto, z uwagi na konieczność nabywania uprawnień w przemyśle energetycznym oraz odnowienia zamortyzowanej infrastruktury energetycznej w UE, w szczególności w Polsce oczekuje się znacznego i trwałego wzrostu cen elektryczności w wyniku przenoszenia tych kosztów na odbiorców końcowych. Zakłada się, że przyszły wzrost cen elektryczności będzie dodatkowym pośrednim obciążeniem dla sektorów przemysłowych UE, które mogą w związku z tym przenosić część produkcji do innych krajów, bądź tracić swoje udziały na dotychczasowych rynkach zbytu. Obniżenie konkurencyjności może odbywać się w szczególności w odniesieniu do przedsiębiorstw przemysłowych krajów spoza UE (np. Chiny i Indie, Ukraina, Rosja), wówczas to zjawisko można łączyć z „ucieczką emisji”. Należy wspomnieć, że to zjawisko ma negatywne konsekwencje środowiskowe w ujęciu globalnym. Wynika to z tego, że emisje CO₂ zamiast być zredukowane za pomocą wdrażania nowych technologii o lepszych parametrach środowiskowych, zostają „przeniesione” i emitowane w innych częściach świata, gdzie produkcja jest prowadzona za pomocą tradycyjnych metod. Występują przy tym często dodatkowe emisje gazów cieplarnianych związane z koniecznością dalekiego transportu wytworzonej produkcji (z Azji do UE). Poza tym relokacja produkcji do krajów o mniej rygorystycznych regulacjach z zakresu ochrony środowiska może być przyczyną wielu innych skutków dla środowiska związanych z oddziaływaniem procesów przemysłowych w tych krajach.

Należy podkreślić, że ze wszystkich krajów UE, osłabienie roli przemysłu w krajowej gospodarce na rzecz gospodarek spoza UE, w sposób szczególny zagraża Polsce. Przyczyną jest stosunkowo duża rola gałęzi energochłonnych w polskiej gospodarce, a także ich wysoka emisyjność CO₂, co w warunkach polityki klimatycznej UE spowoduje większy, niż w innych krajach, wzrost kosztów produkcji. Równolegle istnieją inne przesłanki mówiące o tym, że polska gospodarka może stracić więcej na nowych rozwiązaniach, niż gospodarki innych krajów członkowskich UE. Obecne regulacje ETS sprzyjają przedsiębiorstwom z zasady bardziej konkurencyjnym, które korzystając z dobrej sytuacji finansowej mogą inwestować w nowsze, przyjazne środowisku technologie. Takie przedsiębiorstwa, po pierwsze, są bardziej wydajne i potrzebują stosunkowo mniej uprawnień na jednostkę

produkcji. Po drugie, otrzymują dodatkową premię w postaci większego przydziału darmowych uprawnień do emisji. Natomiast charakterystyczne dla Polski przedsiębiorstwa mniejsze i słabiej dokapitalizowane, które mają zwykle słabsze parametry emisyjne, zmuszone są do nabywania relatywnie większych ilości uprawnień do emisji. Ponadto, przy określaniu tychże parametrów bierze się pod uwagę nie tylko emisje bezpośrednie, ale i pośrednie, które wynikają z określonej struktury energetycznej danego kraju. Komisja Europejska informuje, że w metodologii obliczania wspomnianych parametrów: „...nie dokonano jakiegokolwiek rozróżnienia na podstawie lokalizacji geograficznej lub stosowanych technologii, surowców lub paliw, aby nie zakłócić przewagi komparatywnej w odniesieniu do niskoemisyjności w całej gospodarce UE (...)” [DECYZJA KOMISJI z dnia 27 kwietnia 2011 r. nr 2011/278/UE]. Oznacza to, że polskie przedsiębiorstwa będą obciążone koniecznością ponoszenia większych kosztów związanych z zakupem uprawnień do emisji, niż przedsiębiorstwa o lepszej kondycji ekonomicznej i technologicznej, tradycyjnie działające w krajach Europy Zachodniej. Ponadto przedsiębiorstwa w tych krajach, w przeciwieństwie do przedsiębiorstw działających na terenie Polski, mogą czerpać korzyści z bezpiecznego dostępu do niskoemisyjnych źródeł energii jak np. gaz ziemny lub taniej energii jądrowej. Stąd, można wysunąć wniosek, że w niektórych sferach polityki klimatycznej UE obowiązuje zasada „zwycięzca bierze wszystko”.

Biorąc pod uwagę powyższe, Polska znalazła się w trudnej sytuacji także w relacji do innych krajów UE. Koszty produkcji ponoszone w krajach Europy Zachodniej, będą ulegać relatywnemu zmniejszeniu względem kosztów produkcji w Polsce. Tym samym inne kraje UE będą w stanie skorzystać z tej okazji, powiększając przewagę konkurencyjną swoich przedsiębiorstw na rynkach, o które konkurują razem z przedsiębiorstwami z Polski. Takie ryzyko będzie rosło wraz ze wzrostem wynagrodzeń w polskiej gospodarce, które wraz z tanią energią były jak dotąd główną przyczyną jej przewagi komparatywnej w niektórych sektorach. Niemniej, wspomniana trudna sytuacja Polski w tym względzie może okazać się korzystna dla środowiska. Będzie tak nie tylko kiedy polepszone zostaną wskaźniki emisyjne polskiej gospodarki, ale także w przypadku utraty rynków zbytu polskich produktów na rzecz produkcji innych krajów o lepszych parametrach środowiskowych. W tej sytuacji nie można mówić o efekcie „ucieczki emisji”, ponieważ emisje, które wraz z produkcją zostaną przeniesione do innego kraju UE,

pozostaną pod jednakową kontrolą reżimu polityki klimatycznej UE. Utrata produkcji krajowej na rzecz innego kraju UE w takim procesie jest wówczas pożądana środowiskowo. Te przypuszczenia potwierdzają analizy dotyczące handlu produktami przemysłowymi pomiędzy Polską a Niemcami w roku 2008 [Mizgajski 2013]. Wynika z nich, że istnieją przesłanki, aby twierdzić, że substytucja polskich towarów przemysłowych niemieckimi może wpływać na absolutną redukcję emisji CO₂. Powinno to budzić obawy polskich przedsiębiorców, w szczególności eksporterów oraz ich dostawców, ale także decydentów odpowiedzialnych za realizację polityki gospodarczej i środowiskowej w Polsce. W przypadku, gdy parametry polskiej produkcji się nie poprawią należy spodziewać się pogorszenia bilansu handlowego Polski na rzecz krajów UE o mniej emisyjnej produkcji. Wydaje się, że takie zagrożenie jest o wiele poważniejsze, niż ryzyko „ucieczki emisji”. Jest tak dlatego, że „ucieczka emisji” postrzegana jest negatywnie przez wszystkie kraje UE i łatwiej będzie w przyszłości zapobiegać temu zjawisku przez wdrażanie dodatkowych rozwiązań politycznych. Natomiast, argument utraty konkurencyjności na rzecz innych krajów UE z powodu wysokoemisyjnej gospodarki nie znajdzie poparcia na forum UE.

Mając na uwadze powyższe „czarne” scenariusze należy sądzić, że gospodarka Polski zareaguje niedługo na te zagrożenia zmianą struktury zapotrzebowania na nośniki energii. Przyczyną tego będzie nie tylko wola polityczna, ale także decyzje podejmowane przez poszczególne przedsiębiorstwa oraz konieczność wdrażania wymogów dyrektywy OZE. Proces zmian w polskim *energy-mix* prawdopodobnie odbędzie się w kierunku relatywnego zwiększania energii pozyskiwanej ze źródeł mniej emisyjnych np. gazu ziemnego i odnawialnych źródeł energii. Bardzo wysoki udział węgla w strukturze spalanych paliw w Polsce powoduje, że istnienie bardzo duży potencjał w zakresie ograniczania emisji przez stopniową rezygnację z tego surowca. Jednakże zmiany *energy-mix*, oprócz wymiaru czysto ekonomicznego, stanowią bardzo wrażliwą kwestię dla bezpieczeństwa energetycznego. Dzisiejsze bezpieczeństwo energetyczne Polski opiera się na krajowych zasobach węgla, który stanowi główny nośnik energii w całkowitym krajowym bilansie energetycznym. Rola węgla jest szczególnie istotna w elektroenergetyce, ponieważ służy obecnie do wytwarzania 88% elektryczności [IEA 2013b]. Uwarunkowania geopolityczne związane z kierunkami ewentualnego importu innych, mniej emisyjnych źródeł energii np. gazu ziemnego, powodują, że szybka rezygnacja z węgla na rzecz gazu

ziemnego jest obecnie niemożliwa. Mimo to, można się spodziewać stopniowego odchodzenia od wykorzystywania węgla jako głównego nośnika energii w Polsce. Sprzyjać temu będzie otwarcie terminalu skroplonego gazu ziemnego (LNG) w Świnoujściu, które według harmonogramu ma nastąpić w 2014 roku. Dzięki terminalowi LNG Polska będzie w stanie zapewnić sobie bezpieczne dostawy gazu ziemnego, co przyczyni się do wzrostu udziału tego surowca w *energy-mix* Polski. Szansę na wzrost bezpieczeństwa energetycznego oraz na obniżenie emisji CO₂ w gospodarce daje także spodziewane uruchomienie po roku 2023 pierwszej w Polsce elektrowni jądrowej. Projekt ten jest jednak wciąż niepewny, ze względu na jego niską opłacalność ekonomiczną. Obecnie brane są pod uwagę jej dwie możliwe lokalizacje: Żarnowiec i Choczewo na Pomorzu. Przewiduje się, że uruchomienie elektrowni atomowej w Polsce przyczyniłoby się do rozwoju sektora usług związanych z jej funkcjonowaniem.

Innym czynnikiem mogącym istotnie wpłynąć na przeobrażenia w krajowej strukturze wykorzystania nośników energii jest rozpoczęcie przemysłowej eksploatacji gazu z łupków w Polsce. Politycy w Polsce z wielką nadzieją przyglądają się poszukiwaniom jego złóż w Polsce. Niewątpliwie komercyjnym wydobyciem tego gazu na dużą skalę wzmocniłoby bezpieczeństwo energetyczne kraju oraz zagwarantowałoby nowe dochody do budżetu państwa. Ponadto większa dostępność tego surowca oraz wzrost konkurencji na rynku gazu przyczyniłoby się do obniżenia jego cen w Polsce. To z kolei wpłynęłoby na obniżanie cen także innych surowców energetycznych, które są substytutami gazu ziemnego. Taką sytuację można obserwować w USA, gdzie rynek surowców energetycznych został zrewolucjonizowany po tym jak rozpoczęto tam wydobywać gaz z łupków na szeroką skalę. Jednakże, na co zwracają uwagę eksperci, znaczne obniżenie cen gazu ziemnego ma także swoje negatywne konsekwencje dla niektórych działań w zakresie realizacji polityki klimatycznej. Przede wszystkim niskie ceny gazu ograniczają opłacalność inwestycji w odnawialne źródła energii i efektywność energetyczną. Po drugie, wydobycie gazu niekonwencjonalnego pociąga za sobą nie do końca zbadane konsekwencje środowiskowe. Wątpliwości budzi bezpieczeństwo środowiskowe szczelinowania hydraulicznego (*frackingu*). Inna wątpliwość, często niedoceniana, choć ważna w świetle prawidłowej oceny korzyści z eksploatacji gazu łupkowego dla ochrony klimatu, to kwestia lotnych emisji z systemów ujęć i transportu tego surowca. Szacuje się, że metan, który jest głównym składnikiem gazu ziemnego,

może mieć nawet 30 krotnie większy potencjał cieplarniany niż CO₂ [Heath 2013]. Biorąc to pod uwagę, substytucja węgla gazem ziemnym znajduje swoje środowiskowe uzasadnienie dopiero przy dużych poziomach hermetyczności całego systemu pozyskiwania, transportu i dystrybucji gazu łupkowego, czego dziś praktycznie się nie monitoruje. Niektórzy eksperci są zdania, że zamiana paliwa węglowego na gaz ziemny w elektrowniach może przynieść korzyści dla klimatu w krótkim okresie tylko przy założeniu szczelności całego systemu produkcji energii elektrycznej z gazu ziemnego powyżej 96,5% [Brownstein 2013].

Obok przewidywanego wzrostu udziału gazu ziemnego w *energy-mix* Polski, należy spodziewać się silnego rozwoju energii pozyskiwanej ze źródeł odnawialnych. Powodem tego jest konieczność spełnienia celu dyrektywy OZE dotyczącego 15% udziału tej energii w końcowym zużyciu energii brutto. W celu wsparcia wytwarzania energii z OZE stosuje się w Polsce gwarancje zakupu każdej ilości tej energii do sieci spółek dystrybucyjnych oraz system zielonych certyfikatów. System zielonych certyfikatów polega na przyznawaniu wytwórcom energii ze źródeł odnawialnych zbywalnego certyfikatu za każdą jednostkę wytworzonej energii. Wytwórca uzyskuje przychody zarówno z fizycznej sprzedaży energii, jak i z handlu certyfikatami. Ceny energii i certyfikatów ustalane są na rynku energii elektrycznej. Rząd określa cele ilościowe udziału OZE dla wytwórców lub sprzedawców energii do odbiorców końcowych, a obowiązek wypełnienia tych celów następuje poprzez zakup odpowiedniej ilości zielonych certyfikatów. W przypadku braku wykonania obowiązku stosuje się opłaty zastępcze, stanowiące dochody budżetowe [Gnatowska 2010]. Obecnie trwają prace nad wprowadzeniem nowego wsparcia dla OZE, z uwagi na niską efektywność oraz wysokie koszty systemu certyfikatów. 12 listopada 2013 roku rząd przedstawił do konsultacji społecznych kolejny projekt ustawy o OZE. Pierwsze założenia zakładają jego pełne wdrożenie od dnia 1 stycznia 2015 roku. Nowy system wsparcia ma się opierać na aukcjach o cechach przetargu, których przedmiotem będzie kontrakt ze stroną rządową na dostawy energii ze źródeł odnawialnych. Firmy które zgłoszą najniższą cenę będą przez 15 lat otrzymywać ustaloną kwotę wsparcia [MG 2013]. Wprowadzenie określonej ilości energii jaka ma zostać dofinansowana w systemie wsparcia ma jednocześnie zapobiegać nadpodaży energii z OZE, która stała się przyczyną obecnego załamania rynku zielonych certyfikatów w Polsce. Nowy system wsparcia może przyczynić się do dalszych

inwestycji w te źródła. Tym samym zmiany w strukturze zużycia poszczególnych nośników energii mogą i raczej będą się pogłębiać.

Najnowszy raport udostępniony przez Komisję Europejską w marcu 2013 roku, pokazuje, że Polska jest na dobrej drodze do osiągnięcia wyznaczonego jej celu 15% udziału odnawialnych źródeł energii w końcowym zużyciu energii brutto [KE 2013]. Oficjalne dane wskazują, że do roku 2010 w Polsce udało się osiągnąć 9,5% udział energii z OZE wobec 8,8% celu ustalonego w na ten czas. Komisja Europejska podkreśla jednak, że dla wypełnienia celów na rok 2020 niezbędne będzie podjęcie dalszych działań, szczególnie w zakresie zapewnienia stabilnych warunków działania dla inwestorów, redukcji formalności administracyjnych oraz zwiększenia przejrzystości planowania. W tym zakresie uważa się, że Polska mogła do tej pory nie wywiązać się w pełni z obowiązku wdrożenia dyrektywy OZE do polskiego prawodawstwa. W marcu 2013 roku Komisja Europejska skierowała skargę przeciwko Polsce w związku z „niedopełnieniem obowiązku transpozycji” dyrektywy OZE. Wiąże się ona przede wszystkim z tym, że obecnie obowiązujący stan prawny nie tylko nie gwarantuje priorytetowego dostępu do sieci nowym źródłom OZE, ale ogranicza także zwykły (niepriorytetowy) dostęp do sieci poprzez wskazanie wymagań w postaci „technicznych i ekonomicznych warunków przyłączenia do sieci i dostarczania energii”, których dyrektywa OZE nie przewiduje [Rybski i Stoczkiewicz 2013]. Pomimo tych trudności dotychczas pręźnie zwiększały się zainstalowane moce tzw. farm wiatrowych. Już dziś maksymalna moc wytwarzanej energii elektrycznej w Polsce z wiatru przewyższa możliwości Holandii, często kojarzonej z farmami wiatrowymi [Wilkes i Moccia 2013]. Jednakże, aby w pełni skorzystać z rozwoju OZE wymagane jest uelastycznienie całego systemu elektroenergetycznego Polski tak, aby efektywnie zarządzać wahaniami mocy, powodowanymi przez zmiany siły wiatrów. Zasoby dostępnej energii odnawialnej zależą od pory roku, dnia, a nawet godziny (energia z wiatru i słońca), dlatego nie zawsze można z nich generować energię elektryczną wtedy, gdy jest to potrzebne. Tymczasem elektrownie węglowe, które stanowią trzon polskiego systemu energii elektrycznej są bardzo nieelastyczne jeśli chodzi o zmianę wytwarzanej w nich mocy, są także znacznie mniej efektywne, gdy działają niepełnej mocy. Brak elastyczności tych elektrowni ogranicza ilość zmiennej generacji elektryczności ze źródeł odnawialnych, którą sieć elektryczna może wchłonąć. Stąd, dla polskiego systemu elektroenergetycznego pomocne byłoby wykorzystywanie niewielkich nowoczesnych

turbin gazowo-parowych. Bloki gazowo-parowe umożliwiają efektywne zarządzanie systemem poprzez szybkie korygowanie spadków i wzrostów mocy w sieci. Ponadto ich budowa jest mniej kapitałochłonna od dużych bloków opalanych węglem. Elastyczność w zarządzaniu sieciami elektroenergetycznymi dla potrzeb rozwoju OZE w Polsce oraz w innych krajach UE może być także zagwarantowana poprzez większą integrację sieci w UE. To rozwiązanie jest szczególnie wspierane przez Komisję Europejską. Jego słabą stroną są dość jednorodne uwarunkowania wiatrowe Europy jako regionu geograficznego. Wiejące z porównywalną siłą w tym samym czasie wiatry na większości obszaru kontynentu mogą powodować trudność we wzajemnym kompensowaniu się mocy uzyskiwanej z wiatru na terenie poszczególnych państw członkowskich. Rozwój europejskiej sieci energetycznej będzie także ekonomicznym wyzwaniem dla polskiej energetyki. Wiąże się to ze zwiększonym dostępem zagranicznej konkurencji do krajowego rynku elektryczności. Tańsza elektryczność pochodząca z importu, wytworzona przy użyciu mniej emisyjnych paliw, może stanowić zagrożenie dla utrzymania rentowności polskiego sektora elektroenergetycznego. Taki scenariusz jest prawdopodobny po roku 2020. Wówczas skończy się okres derogacji przepisów dyrektywy EU ETS dla Polski oraz może zostać rozbudowana międzynarodowa infrastruktura przesyłowa.

Od pewnego czasu dużą nadzieję w Polsce pokłada się tzw. czystych technologiach węglowych, do których należą technologie podziemnej gazyfikacji węgla. W porównaniu z tradycyjną technologią opartą na spalaniu, zastosowanie procesu zgazowania węgla jako pośredniego etapu konwersji węgla do energii elektrycznej gwarantuje zarówno wyższą sprawność tej przemiany jak i niższą emisję CO₂ do atmosfery. Umożliwia także eksploatację węgla z trudno dostępnych i dotychczas nieopłacalnych ekonomicznie złóż. Trwające obecnie prace na rozwoju tej technologii w Polsce oraz w innych częściach świata cieszą się zainteresowaniem przemysłu i polityków. Możliwość komercjalizacji takiej technologii stałaby się niewątpliwie szansą dla Polski, posiadającej znaczące złoża tego surowca. Dzięki rozwojowi czystych technologii spalania węgla Polska mogłaby sobie zagwarantować bezpieczeństwo energetyczne i jednocześnie ograniczać emisje CO₂ na swoim terytorium. Oprócz technologii gazyfikacji węgla na świecie promuje się technologie wychwytywania i magazynowania CO₂ w tworach geologicznych (tzw. technologia CCS – z ang. *carbon capture and storage*). Przestrzeń dla rozwoju tej technologii zagwarantowały zapisy pakietu klimatyczno-energetyczny. Po pierwsze, część z

dochodów ze sprzedaży uprawnień jest przeznaczanych na projekty demonstracyjne CCS w UE, z których jeden odbywa się w Bełchatowie. Po drugie, nowi operatorzy dużych elektrowni muszą zagwarantować techniczną możliwość przyszłego wychwytywania i sprężania CO₂ w swoich instalacjach. Mimo tych wysiłków technologia CCS pozostaje w sferze rozwoju i nie widać oznak szybkiego przełomu. Dotychczas nie uruchomiono na świecie instalacji, w której odbywałoby się komercyjne, podziemne składowanie CO₂. Najbliżej osiągnięcia tego celu była Norwegia, która jednak we wrześniu 2013 roku ogłosiła rezygnację z tego projektu. Niskie zainteresowanie CCS nie jest korzystne dla Polski, ponieważ może się okazać, że jest to jedyny sposób na dalsze wykorzystywanie węgla jako paliwa, w szczególności w energetyce. Część wiodących naukowców z dziedziny energii i zmian klimatu jednoznacznie stwierdziła, że wysokowydajne technologie węglowe nie są rozwiązaniem dla ochrony klimatu. We wspólnym oświadczeniu ogłosili, że spalanie węgla bez technologii wychwytywania i składowania ditlenku węgla, oznaczałoby znaczne przekroczenie uzgodnionego przez ONZ możliwego limitu globalnego ocieplenia o 2°C. Stwierdzenie to było bezpośrednią odpowiedzią na kontrowersyjną konferencję przemysłu węglowego dotyczącą czystych technologii węglowych odbywającą się podczas negocjacji klimatycznych ONZ w Warszawie w listopadzie 2013 roku [*New unabated coal is not compatible with keeping global warming below 2°C* 2013]. To stanowisko potwierdza silny opór społeczności międzynarodowej dotyczący kontynuacji dotychczasowego sposobu wykorzystywania węgla. Dlatego wszelkie przełomowe zmiany technologiczne w dziedzinie technologii wykorzystywania węgla jako źródła energii okażą się szansą dla Polski na utrzymanie obecnego *status quo* jeśli chodzi o wykorzystanie tego surowca. Stąd można stwierdzić, że komercjalizacja czystych technologii węglowych oraz ich powszechne wykorzystanie stałoby się czynnikiem hamującym zmiany strukturalne w Polsce w zakresie przemian koszyka energetycznego kraju. Jednocześnie brak dostępu do tych technologii będzie silnie osłabiać sektor wydobywczy w Polsce oraz przyczyni się do szybszego wzrostu zapotrzebowania na inne nośniki energii.

Reasumując, oddziaływanie polityki klimatycznej UE na emisje CO₂ w Polsce może odbywać się bezpośrednio i pośrednio. Oddziaływanie bezpośrednie odbywa się poprzez instrumenty prawne, regulujące ilość uwalnianych emisji na terenie Polski. Natomiast oddziaływanie pośrednie na emisje CO₂, należy wiązać ze zmianami

gospodarczymi o charakterze strukturalnym, które dokonują się w reakcji na ilościowe ograniczenia emisji, a także wdrażanie instrumentów wspierających wdrażanie nowych technologii niskoemisyjnych. Kombinacja oddziaływania bezpośredniego i pośredniego polityki klimatycznej może być przyczyną trwałych zmian w gospodarce wyrażających się obniżeniem emisji CO₂. Oceniając oddziaływanie polityki klimatycznej UE na emisje gazów cieplarnianych w Polsce należy oczekiwać jej wysokiej skuteczności, mierzonej redukcją emisji CO₂ na terenie Polski, jak i całego obszaru UE. Przyczyną tej skuteczności jest właściwość systemu handlu pozwoleniami na emisje polegającą na ustanawianiu wspólnego dla UE pułapu emisyjnego, który pozwala na skuteczną kontrolę emisji. Mimo, że Polsce przysługuje możliwość wzrostu emisji w sektorach nie objętych dyrektywą EU ETS, nie należy spodziewać się przekroczenia tego limitu ze względu na niespełnione założenia KE dotyczące wzrostu gospodarczego. Ponadto, można sądzić, że powodowane polityką klimatyczną UE zmiany strukturalne w Polsce będą przyczyniać się do trwałych ograniczeń emisji na terenie kraju. Będą temu sprzyjać przede wszystkim zmiany w zakresie struktury wykorzystywanych źródeł energii w Polsce. Także realna możliwość utraty międzynarodowej konkurencyjności przemysłu ciężkiego i energochłonnego odbędzie się ze skutkiem ograniczania emisji CO₂ w polskiej gospodarce. Mimo tego, całościowe skutki redukcji emisji CO₂ w Polsce na globalną jakość środowiska mogą być negatywne. Stanie się tak, gdy działania te doprowadzą do wzrostu produkcji wytworzonej przy wykorzystaniu niskich standardów ochrony środowiska w krajach rozwijających się. Wówczas, ewentualny wzrost globalnej emisji gazów cieplarnianych netto, na skutek przejęcia przez te kraje utraconej produkcji w Polsce, spowoduje w długim okresie nasilenie się globalnego efektu zmian klimatu. Nasilenie zmian klimatu odbije się natomiast na środowisku poprzez dalsze obniżanie jego jakości.

Mimo przedstawionych wyżej przewidywań, polityka klimatyczna UE nie wykorzystuje w pełni możliwości oddziaływania na emisje poprzez wpływ na czynniki strukturalne gospodarek. Tym samym, marnotrawiony jest pewien potencjał redukcyjny, który można wykorzystać poprzez większe zaangażowanie czynników strukturalnych dla ograniczania emisji CO₂ w niektórych krajach. W Polsce niewystarczająco stymulowane są przez nową politykę klimatyczną UE zmiany technologiczne, które mogłyby stać się przyczyną korzystnych zmian w zakresie handlu międzynarodowego Polski. Najkorzystniejszym źródłem tych zmian mogłoby

się stać wdrożenia eko-innowacji i technologii przyjaznych środowisku, które obok ułatwiania osiągnięcia celów środowiskowych tj. zmniejszenia emisji zanieczyszczeń, ograniczenia efektu cieplarnianego oraz promocji nowych wzorców produkcji i konsumpcji, mogą sprzyjać rozwojowi działalności gospodarczej [Foltynowicz 2009]. Wzrost tzw. eko-innowacyjności, która przejawiałaby się uruchamianiem nowych procesów produkcyjnych, ukierunkowanych na mniejszą produktochłonność i kreowanie nowych wyrobów o niewielkim wpływie na środowisko, wymaga czasu oraz odpowiedniego wsparcia w różnych obszarach życia społecznego i gospodarczego. Tego wsparcia polityka klimatyczna nie gwarantuje, a ponadto jej obecne regulacje o silnie rynkowym charakterze nastawione są na wywołanie szybkich zmian w gospodarce. Podołać temu wyzwaniu będą mogły tylko silne gospodarki o dużym potencjale innowacyjnym, do których Polska obecnie nie należy.

Wnioski i rekomendacje

W pracy rozpatrywano strukturalne czynniki zmian wielkości emisji CO₂ w Polsce jako istotny wyznacznik jakości środowiska w kontekście obserwowanych zmian klimatu. Badania prowadzono dla lat 1995-2009, w czasie których występowały istotne przekształcenia struktury gospodarczej związane z przebiegającą transformacją ustrojową gospodarki polskiej oraz jej przystąpieniem do Unii Europejskiej.

Źródłem danych empirycznych była baza World Input-Output Database, z której wykorzystano tablice pieniężnych przepływów międzygałęziowych a także dane o sektorowym zużyciu energii dla Polski w latach 1995-2009.

Na podstawie studiów literatury przedmiotu zastosowano metodę strukturalnej analizy dekompozycyjnej (SDA) wpisującą się w rodzinę podejścia input-output. Pozwala ona na szczegółową analizę zmian gospodarczych poprzez zbiór komparatywnych zmian kluczowych parametrów tabeli input-output. Dzięki skojarzeniu danych o przepływach pieniężnych z danymi o zużyciu paliw możliwe stało się wyróżnienie i oszacowanie strukturalnych czynników corocznych zmian emisji CO₂.

Uzyskane wyniki pozwoliły na wysunięcie następujących wniosków:

1. Pojęcie struktury gospodarczej w naukach ekonomicznych jest dość mgliste. Mimo to, w literaturze można wyróżnić pewne cechy wspólne dla tego pojęcia. Struktura gospodarcza jest przede wszystkim interpretowana jako zbiór relacji zachodzących w gospodarce pomiędzy jej elementami, których najważniejszą cechą jest ich fundamentalność. Do pozostałych cech relacji ekonomicznych tworzących strukturę gospodarczą zaliczyć należy złożoność, współzależność, ogólność i kompletność.
2. W badaniach wpływu zmian struktury gospodarczej na emisje CO₂ rozumienie struktury powinno być mocno zorientowane na aspekt technologiczny. Z tego powodu w centrum rozważań muszą znaleźć się procesy produkcyjne, w których najważniejszą rolę odgrywa spalanie paliw. Tym samym produkcja w analizach powinna być przede wszystkim scharakteryzowana za pomocą nakładów energetycznych o określonych właściwościach emisyjnych.

3. Wykorzystanie danego typu wskaźnika do badań problemów jakości środowiska jest uzależnione od specyfiki relacji, będącej w centrum zainteresowania. Oddziaływanie gospodarki na jakość środowiska przez emisje CO₂ wiąże się przede wszystkim z presją tego gazu na stan atmosfery. Dlatego do analizy tego oddziaływania zasadne jest posługiwanie się wskaźnikami opisowymi, takimi jak wielkość emisji CO₂ ze spalania paliw, które pozwalają na określenie stopnia tej presji.
4. Od lat 60. do początku 90. ubiegłego stulecia występowała silna korelacja między wzrostem gospodarczym a przyrostem zużycia energii. Zależność ta wynikała z silnie energochłonnej struktury gospodarki polskiej, dlatego przyrost produkcji mógł odbyć się jedynie kosztem zwiększenia konsumpcji energii. Sytuacja ta mogła świadczyć o zacofaniu technologicznym gospodarki centralnie sterowanej, ponieważ ani dokonujący się wtedy postęp techniczny, ani efekty skali nie były w stanie ograniczyć siły tej współzależności.
5. W okresie gwałtownej transformacji gospodarczej Polski we wczesnych latach 90. można zauważyć wyraźne rozdzielenie wzrostu gospodarczego od konsumpcji energii. Stoi za tym prawdopodobnie m.in. urealnienie cen większości towarów, racjonalizacja zużycia energii, a także obniżenie znaczenia energochłonnych gałęzi gospodarki. Duże znaczenie ma z pewnością napływ, wraz z kapitałem zagranicznym, nowych technologii produkcji.
6. Wpływ człowieka na klimat w największym stopniu odbywa się poprzez emisję gazów cieplarnianych. Przewiduje się, że jeśli trendy dotyczące przyrostu emisji gazów cieplarnianych zostaną utrzymane na stałym lub wyższym poziomie, to w ciągu XXI wieku odporność wielu ekosystemów zostanie przekroczona przez występowanie powodzi, suszy, pożarów lasów, rozrostu populacji insektów, zakwaszenie oceanów, czego skutkiem mogą być konflikty zbrojne, głód i niepokoje społeczne.
7. Polska gospodarka przez lata kontrybuowała we wzroście koncentracji gazów cieplarnianych w atmosferze. W 2011 roku Polska pod względem emisji CO₂ ze spalania paliw zajmowała 19. miejsce na świecie, będąc producentem 1% globalnych emisji. Zgodnie z zasadą odpowiedzialności za dobra wspólne, nie można tego udziału ignorować, w szczególności, że pod względem wskaźnika emisji CO₂ na osobę Polska cechuje się dużo gorszymi wskaźnikami niż kraje

takie jak Chiny, Brazylia, Indie, Meksyk i Indonezja, będące jednymi z głównych emitentów tych gazów.

8. Zużycie energii odpowiadało w Polsce za 82% wszystkich emisji gazów cieplarnianych. 98% gazów cieplarnianych uwalnianych w trakcie spalania paliw to CO₂, który stanowi 77% całkowitych emisji gazów cieplarnianych w Polsce. Wymienione liczby jednoznacznie wskazują na dominującą rolę CO₂ w procesie powstawania gazów cieplarnianych na terytorium Polski.
9. W czasie analiz empirycznych ustalono, że zmiany strukturalne miały decydujący wpływ na zmiany wielkości emisji CO₂ w badanym okresie w Polsce. Przyczyniły się one do znaczącej redukcji emisji w Polsce i skompensowały dodatni efekt emisyjny wzrostu gospodarczego.
10. Najsilniejszym czynnikiem strukturalnym powodującym zmiany emisji CO₂ były zmiany energochłonności gospodarki. Ponieważ oddziaływanie zużycia energii na jakość środowiska nie ogranicza się do emisji CO₂, ale ma znacznie szerszy wymiar, znaczenie tego czynnika jest kluczowe w relacji gospodarka-środowisko w Polsce.
11. Pomimo istotnej redukcji emisji CO₂ na skutek spadku energochłonności polskiej gospodarki, czynnik ten ma wciąż duży potencjał dla dalszego ograniczania presji na środowisko. Jednakże, co zaobserwowano w toku analiz, całkowity spadek energochłonności gospodarki *ceteris paribus* nie zawsze musi się wiązać ze spadkiem emisji CO₂.
12. Zmiany technologiczne to drugi pod względem siły czynnik strukturalny powodujący zmiany emisji CO₂ w Polsce. Były one przyczyną istotnych redukcji emisji, a utrzymująca się dynamika tych zmian, świadczy o dalszych możliwościach ograniczania presji na środowisko przez ten czynnik.
13. Zmiany w eksporcie, które dokonały się w analizowanym okresie miały znaczny wpływ na poziom emisji CO₂ uwalnianych w Polsce. Był to jednocześnie jedyny czynnik strukturalny, który spowodował skumulowany wzrost emisji CO₂.
14. Czynniki związane z wewnętrznym popytem końcowym miały umiarkowanie małe znaczenie dla emisji CO₂. Z największą siłą na ograniczenie emisji CO₂ oddziaływał popyt końcowy zgłaszany przez gospodarstwa domowe na produkty krajowe.

15. Występujący trend spadkowy emisji powodowanych zmianami w spożyciu gospodarstw domowych produkcji krajowej skłania do wniosku, że zmniejsza się rola tego czynnika w kształtowaniu jakości środowiska w Polsce. Jednocześnie może to powodować ograniczanie skuteczności działania instrumentów polityki ekologicznej państwa, które służą zmianie wzorców indywidualnej konsumpcji w Polsce.
16. W Polsce rośnie zapotrzebowanie na środki trwałe o coraz większym stopniu zaawansowania technologicznego, przejawiającym się wysoką produktywnością ich produkcji. Jednocześnie, emisyjność produkcji tychże nakładów w Polsce regularnie spadała. Może to prowadzić do wniosku, że import środków trwałych przynosi nieznaczne ograniczenie emisji CO₂ w Polsce, podczas gdy ponoszone są istotne straty gospodarcze z powodu utraconej produkcji krajowej.
17. Zmiany struktury w zakresie handlu międzynarodowego w Polsce spowodowały ograniczenie emisji CO₂ netto. Nie oznacza to jednak, że zmiany te były korzystne dla globalnego stanu środowiska. Substytucja rodzimej produkcji zagraniczną prowadziła do emisji zanieczyszczeń w krajach trzecich. W zależności parametrów środowiskowych produkcji w krajach eksportujących do Polski wynik tzw. środowiskowego *terms of trade* może być dodatni lub negatywny.
18. Występujące w Polsce zjawisko *decouplingu* było w decydującej mierze powodowane czynnikami energetycznymi. Pomimo braku zasadniczych przeobrażeń w strukturze zużycia nośników energii w Polsce, czynnik ten był umiarkowanie istotny dla osiągniętej redukcji emisji. Można zatem wnioskować, że pogłębienie zmian polegających na zastępowaniu energii pochodzącej ze spalania paliw kopalnych na rzecz większego zaangażowania odnawialnych źródeł energii będzie skutkować istotnymi redukcjami.
19. Oddziaływanie polityki klimatycznej UE na emisje CO₂ w Polsce jest decydujące i może odbywać się bezpośrednio i pośrednio. Oddziaływanie bezpośrednie odbywa się poprzez instrumenty prawne, regulujące ilość uwalnianych emisji na terenie Polski. Natomiast oddziaływanie pośrednie na emisje CO₂, należy wiązać ze zmianami gospodarczymi o charakterze strukturalnym, które dokonują się w reakcji na ilościowe ograniczenia emisji, a także działania wspierające wdrażanie nowych technologii niskoemisyjnych.

20. Należy oczekiwać wysokiej skuteczności polityki klimatycznej UE, mierzonej redukcją emisji CO₂ na terenie Polski, jak i całego obszaru UE. Przyczyną tej skuteczności jest właściwość systemu handlu pozwoleniami na emisje polegająca na ustanawianiu wspólnego dla UE pułapu emisyjnego, który pozwala na skuteczną kontrolę emisji w systemie.
21. Aktualna polityka klimatyczna UE może stosunkowo silnie wpływać na zmiany czynników strukturalnych takie jak konsumpcja energii w sektorach produkcji oraz zmiany w strukturze produktowej konsumpcji, co z pewnością przyczyni się do wzrostu efektywności energetycznej w gospodarce polskiej. Będzie również silnie determinować strukturę zapotrzebowania na nośniki energii w Polsce. Zmiany w tym zakresie przyczynią się także do zmiany popytu pośredniego przedsiębiorstw zarówno na produkty krajowe jak i importowane.
22. Równoległe polityka klimatyczna UE będzie stosunkowo słabo wpływać na pozostałe czynniki strukturalne w polskiej gospodarce. Tym samym, marnowany jest pewien potencjał redukcyjny, który można by wykorzystać poprzez większe zaangażowanie czynników strukturalnych na rzecz redukcji emisji.

Na podstawie przedstawionych wyżej wniosków można sformułować podstawowe rekomendacje dotyczące realizacji polityki ekologicznej i gospodarczej w Polsce, służącej redukcji emisji CO₂ z uwzględnieniem potrzeb rozwojowych kraju.

1. Najtańszym i najskuteczniejszym sposobem ograniczania emisji CO₂ jest wzrost efektywności energetycznej. Jest ona często nazywana ukrytym paliwem, do którego dostęp uzależniony jest od determinacji użytkowników energii. Najprostszym stymulatorem do poszukiwań oszczędności energii jest impuls kosztowy, dlatego ceny energii dla odbiorców indywidualnych powinny zostać jak najszybciej uwolnione.
2. Efektywność energetyczną można promować podczas przyznawania dotacji z funduszy UE w ramach nowej perspektywy finansowej 2014-2020. Przewidywania dotyczące wzrostu efektywności energetycznej w przedsiębiorstwach powinny stać się z jednym z ważniejszych kryteriów oceny wniosków o środki z programów pomocowych UE, przeznaczonych zarówno dla przemysłu jak i małych i średnich przedsiębiorstw.

3. W celu zwiększenia konkurencyjność polskiej gospodarki i ograniczenia emisji CO₂ w Polsce należy podjąć szybkie działania mające na celu przyspieszenie zmiany polskiego *energy-mix*. Zaleca się w szczególności ograniczenie wykorzystywania węgla na rzecz zwiększenia pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych. Odnawialne źródła energii, w przeciwieństwie np. do energii nuklearnej, przyczyniają się do bardziej równomiernej redystrybucji dochodów w gospodarce i są bardziej przyjazne dla środowiska.
4. W Polsce wskazane są reformy przyspieszające przemiany technologiczne w obszarze całej gospodarki. Reformy te powinny skutkować obniżeniem oddziaływania gospodarki na środowisko poprzez jednoczesny wzrost jej konkurencyjności. W tym celu powinno się określić i wspierać te sektory, których rozwój implikowałby przemiany w kierunku gospodarki niskoemisyjnej, uwzględniającej potrzeby społeczno-ekonomiczne kraju.
5. Formułowanie polityk kontrolujących wpływ sektorów i ich produktów na gospodarkę i środowisko powinno odbywać się z uwzględnieniem złożonych powiązań międzysektorowych. Sprzyjają temu metody oparte na analizie całego cyklu produkcyjnego, np. stosowana w odniesieniu do sektorów analiza input-output, bądź skoncentrowana na oddziaływaniu poszczególnych produktów środowiskowa analiza cyklu życia (LCA).

Przeprowadzone analizy pozostawiają istotny, niezagospodarowany obszar dla dalszych badań w dziedzinie wpływu zmian struktury gospodarczej na jakość środowiska w Polsce. Poniżej wskazano najważniejsze kierunki dla rozwoju analiz w tym obszarze.

1. Wskazane jest przeprowadzenie analiz empirycznych przedstawiających rolę poszczególnych sektorów w zmianach struktury gospodarczej oddziaływujących na jakość środowiska poprzez emisje CO₂. Dotyczy to w szczególności identyfikacji przepływów pieniężnych oraz emisji CO₂ na poszczególnych etapach produkcji. Wynikiem takich analiz mogłoby być określenie pośredniego i bezpośredniego wpływu sektorów na gospodarkę i emisje CO₂ oraz zmian sytuacji w czasie.
2. Proponuje się przeprowadzenie podobnych symulacji dla zmian struktury gospodarczej, rozszerzonych o ocenę oddziaływania na generowanie innych

zanieczyszczeń, np. tlenków siarki (SO_x), tlenków azotu (NO_x), tlenku węgla (CO) i pyłów. Dodatkowo możliwe jest zastosowanie tego podejścia do analiz zużycia wody i produkcji odpadów, czy wykorzystania gruntów. Sporządzenie takich kalkulacji dostarczyłoby pełniejszej informacji na temat wpływu przemian strukturalnych na jakość środowiska w Polsce.

Bibliografia

Akbostancı, E., Tunç, G.İ., Türüt-Aşık, S., 2011, *CO2 emissions of Turkish manufacturing industry: A decomposition analysis*, Applied Energy, vol. 88, iss. 6, s. 2273-2278.

Albiniak, B., Brodowska, M., Chełstowska, A., Czajka, J., Fornal, B., Furgał, R., Gruszecki, P., Jóźwik, Z., Kasprowicz, H., Lenartowicz, M., Marciniewicz-Mykieta, M., Ostasiewicz, M., Palma, E., Radziwiłł, D., Toczko, B., Zrałek, E., 2010, *Raport o Stanie Środowiska w Polsce w 2008*, Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Warszawa.

Ang, B.W., Huang, H.C., Mu, A.R., 2009, *Properties and linkages of some index decomposition analysis methods*, Energy Policy, vol. 37, iss. 11, s. 4624-4632.

Ang, B.W., Lee, P.W., 1996, *Decomposition of industrial energy consumption: The energy coefficient approach*, Energy Economics, vol. 18, iss. 1-2, s. 129-143.

Ang, B.W., Zhang, F.Q., 2000, *A survey of index decomposition analysis in energy and environmental studies*, Energy, vol. 25, iss. 12, s. 1149-1176.

Arrow, K., Bolin, B., Costanza, R., Dasgupta, P., Folke, C., Holling, C.S., Jansson, B.-O., Levin, S., Mäler, K.-G., Perrings, C., Pimentel, D., 1995, *Economic Growth, Carrying Capacity, and the Environment*, Science, vol. 268, iss. 5210, s. 520-521.

Ayres, R.U., Turton, H., Casten, T., 2007, *Energy efficiency, sustainability and economic growth*, Energy, vol. 32, iss. 5, s. 634-648.

Azeez, A., Reitze, E., Gaaitzen de Vries, G., de Vries, K., Timmer, M.P., 2012, *Sources for National Supply and Use Table Input files*, http://www.wiod.org/publications/source_docs/SUT_Input_Sources.pdf [dostęp 30.09.2012].

Baranzini, M., Scazzieri, R., 1990a, *Introduction*, w: Baranzini, M., Scazzieri, R. (red.), *The economic theory of structure and change*, Cambridge University Press, Cambridge, New York, Melbourne.

Baranzini, M., Scazzieri, R., 1990b, *Economic structure: analytical perspectives*, w: Baranzini, M., Scazzieri, R. (red.), *The economic theory of structure and change*, Cambridge University Press, Cambridge, Nowy Jork, Melbourne, Port Chester, Sydney.

Baranzini, M., Scazzieri, R. (red.), 1990c, *The economic theory of structure and change*, Cambridge University Press, Cambridge, New York, Melbourne.

Barczyk, R., Lubiński, M., 2009, *Dylemanty stabilizowania koniunktury*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Poznań.

Bernaciak, A., 2009, *Ograniczanie antropogenicznych obciążeń środowiska jako czynnik trwałego i zrównoważonego rozwoju*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, Poznań.

Boehringer, C., Loeschel, A., 2006, *Computable general equilibrium models for sustainability impact assessment: Status quo and prospects*, *Ecological Economics*, vol. 60, iss. 1, s. 49-64.

Boyd, G.A., Hanson, D.A., Sterner, T., 1988, *Decomposition of changes in energy intensity : A comparison of the Divisia index and other methods*, *Energy Economics*, vol. 10, iss. 4, s. 309-312.

Branch, E.R., 1993, *Short Run Income Elasticity of Demand for Residential Electricity Using Consumer Expenditure Survey Data*, *The Energy Journal*, vol. 14, iss. 4, s. 111-121.

Brodowska, M., Czajka, J., Dygas-Ciołkowska, L., Fornal, B., Gruszecki, P., Jaworski, R., Kasprówicz, H., Krajewski, Z., Kuroczko, B., Miłoszewski, A., Szatkowska-Konon, H., Rudlicka, A., Wolnicki, Z., Wróblewska, D., Żrałek, E., 2003, *Raport Stan Środowiska w Polsce w latach 1996–2001*, Inspekcja Ochrony Środowiska, Warszawa.

Brownstein, M., 2013, *Unconventional Natural Gas: The Key Issues*, Prezentacja wygłoszona 23 października 2013 w siedzibie Międzynarodowej Agencji Energii (IEA) w Paryżu.

Bukowski, M., Kowal, P., 2010, *Large scale, multi-sector DSGE model as a climate policy assessment tool*, Instytut Badań Strukturalnych, http://ibs.org.pl/site/upload/publikacje/working_papers/DSGE_Climate_Assessment_IBS_WP.pdf [dostęp 27.03.2013].

Byłok, F., 2005, *Konsumpcja w Polsce i jej przemiany w okresie transformacji*, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa.

Chen, Y.-Y., Wu, J.-H., 2008, *Simple Keynesian input–output structural decomposition analysis using weighted Shapley value resolution*, *The Annals of Regional Science*, vol. 42, iss. 4, s. 879-892.

Chenery, H., Robinson, S., Syrquin, M., 1986, *Industrialization and growth, A Comparative Study*, Oxford University Press, Oxford.

Chiang, A.C., 1994, *Podstawy ekonomii matematycznej*, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.

Choi, K.-H., Ang, B.W., *Attribution of changes in Divisia real energy intensity index -- An extension to index decomposition analysis*, Energy Economics, vol. 34, iss. 1, s. 171–176.

Choi, K.-H., Ang, B.W., 1997, *Decomposition of aggregate energy and gas emission intensities for industry: A refined Divisia index method*, Fuel and Energy Abstracts, vol. 18, iss. 3, s. 57-73.

Ciechanowicz, W., 1995, *Energia, środowisko i ekonomia*, Instytut Badań Systemowych PAN, Warszawa.

Coondoo, D., Dinda, S., 2002, *Causality between income and emission: a country group-specific econometric analysis*, Ecological Economics, vol. 40, iss. 3, s. 351-367.

DECYZJA KOMISJI z dnia 27 kwietnia 2011 r. w sprawie ustanowienia przejściowych zasad dotyczących zharmonizowanego przydziału bezpłatnych uprawnień do emisji w całej Unii na mocy art. 10a dyrektywy 2003/87/WE Parlamentu Europejskiego i Rady.

DECYZJA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY NR 2009/406/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie wysiłków podjętych przez państwa członkowskie, zmierzających do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych w celu realizacji do roku 2020 zobowiązań Wspólnoty dotyczących redukcji emisji gazów cieplarnianych.

Dietzenbacher, E., Los, B., 2000, *Structural Decomposition Analyses with Dependent Determinants*, Economic Systems Research, vol. 12, iss. 4, s. 497-514.

Dinda, S., 2004, *Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey*, Ecological Economics, vol. 49, iss. 4, s. 431-455.

Doran, P.T., Zimmerman, M.K., 2009, *Examining the Scientific Consensus on Climate Change*, Eos, Transactions American Geophysical Union, vol. 90, iss. 3, s. 22-23.

Dorfman, R., 1954, *The Nature and Significance of Input-Output*, The Review of Economics and Statistics, vol. 36, iss. 2, s. 121-133.

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.

DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. zmieniająca dyrektywę 2003/87/WE w celu usprawnienia i rozszerzenia wspólnotowego systemu handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych.

EEA, 2013, *Air pollutant emissions data viewer (database)*, Copenhagen, <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/emissions-nec-directive-viewer> [dostęp 10.04.2013].

Farla, J., Cuelenaere, R., Blok, K., 1998, *Energy efficiency and structural change in the Netherlands, 1980-1990*, Energy Economics, vol. 20, iss. 1, s. 1-28.

Feng, T., Sun, L., Zhang, Y., 2009, *The relationship between energy consumption structure, economic structure and energy intensity in China*, Energy Policy, vol. 37, iss. 12, s. 5475-5483.

Fernandez, E., Fernandez, P., 2008, *An extension to Sun's decomposition methodology: The Path Based approach*, Energy Economics, vol. 30, iss. 3, s. 1020-1036.

Foltynowicz, Z., 2009, *Ekoinnowacje szansą na rozwój*, Ecomanager, vol. 1, iss. 1.

Gnatowska, R., 2010, *Charakterystyka polskiego systemu certyfikacji pochodzenia energii elektrycznej*, Polityka Energetyczna, vol. 2, iss. 13, s. 145-155.

Goldsmith, R.W., 1959, *Exploratory Report*, w: Goldsmith, R.W. (red.), *The Comparative Study Of Economic Growth And Structure*, National Bureau of Economic Research, Inc, Cambridge.

Golove, W.H., Schipper, L.J., 1996, *Long-term trends in U.S. manufacturing energy consumption and carbon dioxide emissions*, Energy, vol. 21, iss. 7-8, s. 683-692.

Graczyk, A., 2007, *Zrównoważony rozwój odnawialnych źródeł energii*, w: Graczyk, A. (red.), *Zrównoważony rozwój w teorii ekonomii i w praktyce*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego, Wrocław.

Graczyk, A., Graczyk, A.M., 2011, *Wprowadzanie mechanizmów rynkowych w ochronie środowiska*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.

Greening, L.A., Davis, W.B., Schipper, L., Khrushch, M., 1997, *Comparison of six decomposition methods: application to aggregate energy intensity for manufacturing in 10 OECD countries*, Energy Economics, vol. 19, iss. 3, s. 375-390.

Grossman, G., M., Krueger, A.B., 1991, *Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement*, National Bureau of Economic Research, Inc, Cambridge.

Grzega, U., 2005, *Wydatki i konsumpcja gospodarstw domowych w Polsce i ocena ich racjonalności*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Karola Adamieckiego w Katowicach, Katowice.

GUS, http://www.stat.gov.pl/gus/definicje_PLK_HTML.htm?id=POJ-898.htm [dostęp: 02.04.2013].

GUS, 2007, *Efektywność wykorzystania energii w latach 1995-2005*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.

Halicioglu, F., 2009, *An econometric study of CO2 emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey*, Energy Policy, vol. 37, iss. 3, s. 1156-1164.

Hatzigeorgiou, E., Polatidis, H., Haralambopoulos, D., 2011, *CO2 emissions, GDP and energy intensity: A multivariate cointegration and causality analysis for Greece, 1977-2007*, Applied Energy, vol. 88, iss. 4, s. 1377-1385.

Heath, G., 2013, *US Natural Gas System Methane Emissions: State of Knowledge and Implications for Coal Fuel Switching*, Prezentacja wygłoszona 2 października 2013 w Międzynarodowej Agencji Energii (IEA) w Paryżu.

Hicks, J.R., 1978, *Kapitał i wzrost*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.

Hoekstra, R., van den Bergh, J.C.J.M., 2002, *Structural Decomposition Analysis of Physical Flows in the Economy*, Environmental and Resource Economics, vol. 23, iss. 3, s. 357-378.

Hoekstra, R., van den Bergh, J.C.J.M., 2003, *Comparing structural decomposition analysis and index*, Energy Economics, vol. 25, iss. 1, s. 39-64.

<http://www.climate.org/publications/ClimateAlerts/sept2012/oil-gas-arctic.html>, [dostęp: 25.03.2013].

IEA, 2005, *Energy statistic manual*, OECD/IEA, Paryż.

IEA, 2008, *World Energy Outlook 2008*, OECD/IEA, Paryż.

IEA, 2011a, *Energy Policies of IEA Countries: Poland 2011*, OECD/IEA, Paryż.

IEA, 2011b, *CO2 Emissions from Fuel Combustion 2011*, OECD/IEA, Paryż.

IEA, 2013a, *Energy Efficiency Market Report*, OECD/IEA, Paryż.

IEA, 2013b, *Electricity Information 2013*, OECD/IEA, Paryż.

IEA, 2013c, *Extended world energy balances (database)*, OECD/IEA, Paryż, <http://dx.doi.org/10.1787/data-00513-en> [dostęp 02.03.2012].

IISD, UNDP, 2000, *Environment and Trade: A Handbook*, International Institute for Sustainable Development, Winnipeg.

IPCC, 1996, *Climate Change 1995 - The Science of Climate Change Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, New York, Melbourne.

IPCC, 2006, *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Institute for Global Environmental Strategies, Hayama.

IPCC, 2007a, *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge.

IPCC, 2007b, *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC, Geneva.

IPCC, 2007c, *Climate Change 2007 - The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC*, Cambridge University Press, Cambridge, New York.

IPCC, 2013, *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the IPCC 5th Assessment Report - Summary for Policymakers*, IPCC, Geneva.

Johnson, D.L., Ambrose, S.H., Bassett, T.J., Bowen, M.L., Crummey, D.E., Isaacson, J.S., Johnson, D.N., Lamb, P., Saul, M., Winter-Nelson, A.E., 1997, *Meanings of Environmental Terms*, J. Environ. Qual., vol. 26, iss. 3, s. 581-589.

Kander, A., 2002, *Economic growth, energy consumption and CO2 emissions in Sweden 1800-2000*, praca doktorska, Lund University, Lund, <http://lup.lub.lu.se/record/20746> [dostęp 05.04.2011].

KE, 2013, *Sprawozdanie na temat postępów w dziedzinie energii odnawialnej COM(2013)175*, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2013:0175:FIN:PL:PDF> [dostęp: 08.10.2012].

KOBIZE, 2011, *Wartości opałowe (WO) i wskaźniki emisji CO2 (WE) w roku 2009 do raportowania w ramach Wspólnotowego Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2012*, http://www.kobize.pl/materialy/download/WO_WE_rok_2009.pdf [dostęp: 08.10.2012].

Konar, S., Cohen, M.A., 1997, *Information as regulation: The effect of community right to know laws on toxic emissions*, Journal of Environmental Economics and Management, vol. 32, iss. 1, s. 109-124.

Konidari, P., Mavrakis, D., 2007, *A multi-criteria evaluation method for climate change mitigation policy instruments*, Energy Policy, vol. 35, iss. 12, s. 6235-6257.

Kraft, J., Kraft, A., 1978, *Relationship between energy and GNP*, Journal of Energy and Development, vol. 3, iss. 2.

Kramer, J., 1997, *Konsumpcja w gospodarce rynkowej*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.

Kubo, Y., Robinson, S., Syrquin, M., 1986, *The Methodology of Multisector Comparative Analysis*, w: Chenery, H., Robinson, S., Syrquin, M. (red.), *Industrialization and growth*, Oxford University Press, New York.

Kuemmel, R., Henn, J., Lindenberger, D., 2002, *Capital, labor, energy and creativity: modeling innovation diffusion*, Structural Change and Economic Dynamics, vol. 13, iss. 4, s. 415-433.

Kukła-Gryz, A., 2009, *Economic growth, international trade and air pollution: A decomposition analysis*, Ecological Economics, vol. 68, iss. 5, s. 1329-1339.

Kukła-Gryz, A., 2007, *Wzrost gospodarczy a środowisko. Weryfikacja hipotezy o Środowiskowej Krzywej Kuznetsa*, praca doktorska, Uniwersytet Warszawski, Warszawa.

Kuznets, S., 1976, *Wzrost gospodarczy narodów: produkt i struktura produkcji* Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.

Kuznets, S. (red.), 1959, *Supplementary Memoranda - On Comparative Study of Economic Structure and Growth of Nations, The Comparative Study Of Economic Growth And Structure*, National Bureau of Economic Research, Inc, Cambridge.

Landesmann, M.A., Scazzieri, R., 1990, *Specification of structure and economics dynamics*, w: Baranzini, M., Scazzieri, R. (red.), *The economic theory of structure and change*, Cambridge University Press, Cambridge, New York, Melbourne.

Lange, O., 1965, *Wstęp do cybernetyki ekonomicznej*, PWN, Warszawa.

Lenzen, M., 2006, *Decomposition analysis and the mean-rate-of-change index*, Applied Energy, vol. 83, iss. 3, s. 185-198.

Leontief, W., 1941, *The structure of American economy, 1919-1929: an empirical application of equilibrium analysis*, Harvard University Press, Cambridge.

Leontief, W., Chenery, H., Duesenberry, J., Grosse, R., Holzman, M., Isard, W., Kistin, H., 1963, *Studia nad Strukturą Gospodarki Amerykańskiej*, Polskie Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.

Lewandowska, A., Foltynowicz, Z., 2004, *Środowiskowa ocena cyklu życia (LCA)*, Problemy Ekologii, vol. 45, iss. 3, s. 115-117.

Liddle, B., 2001, *Free trade and the environment-development system*, Ecological Economics, vol. 39, iss. 1, s. 21-36.

Lim, H.-J., Yoo, S.-H., Kwak, S.-J., 2009, *Industrial CO2 emissions from energy use in Korea: A structural decomposition analysis*, Energy Policy, vol. 37, iss. 2, s. 686-698.

Llop, M., 2007, *Economic structure and pollution intensity within the environmental input-output framework*, Energy Policy, vol. 35, iss. 6, s. 3410-3417.

Löfgren, K.-G., 1996, *Rynek a efekty zewnętrzne*, w: Folmer, H., Gabel, L., Opschoor, H. (red.), *Ekonomia środowiska i zasobów naturalnych*, Krupski i S-ka, Warszawa.

Lunghini, G., 1967, *The concept of structure in economic analysis*, Quality and Quantity, vol. 1, iss. 1, s. 192-205.

Machlup, F., 1958, *Structure and structural change: Weaselwords and jargon*, Journal of Economics, vol. 18, iss. 3, s. 280-298.

Magnan de Bornier, J., 1990, *Vertical integration, growth and sequential change*, w: Baranzini, M., Scazzieri, R. (red.), *The economic theory of structure and change*, Cambridge University Press, Cambridge, New York, Melbourne.

Mantzou, L., 2009, *Quantification of the effects on greenhouse gas emissions of policies and measures*, http://ec.europa.eu/clima/studies/g-gas/docs/ghgpam_report_primes_121209_en.pdf [dostęp 10.12.2011].

MG, 2011, *Bezpośrednie inwestycje zagraniczne w latach 2001-2010 – ogólne tendencje*, http://www.mg.gov.pl/files/upload/15189/Bezpo-234rednie_inwestycje_zagraniczne_w_latach_2001-2010.pdf [dostęp 20.01.2013].

MG, 2013, *Projekt ustawy o Odnawialnych Źródłach Energii z dnia 12.11.2013, Wersja 4.0*, <http://legislacja.rcl.gov.pl/lista/2/projekt/19349> [dostęp 20.11.2013].

Miller, R., Blair, P., 2009, *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions.*, 2nd, Cambridge University Press, New York.

Mizgajski, J., 2011, *CO2 Embodied in Trade between Poland and Selected Countries*, w: Marjanović, P. (red.), *1st Climate change, Economic Development, Environment and People Conference Proceedings*, Educons University, Novy Sad.

Mizgajski, J., 2013, *Wpływ polsko-niemieckiego handlu produktami sektorów przemysłowych na emisję CO2 w tych krajach*, *Ekonomia i środowisko*, vol. 3, iss. 46, s. 100-116.

MSP, 2003, *Program prywatyzacji majątku Skarbu Państwa do roku 2006*, http://bip.msp.gov.pl/portal/bip/22/Programy_i_strategie.html [dostęp 30.01.2013].

Nayak, P., Mishra, S.K., 2009, *Structural Change in Meghalaya- Theory and Evidence*, North-Eastern Hill University, Shillong, <http://mpira.uni-muenchen.de/15728/> [dostęp 22.07.2012].

New unabated coal is not compatible with keeping global warming below 2°C, 2013, <http://www.europeanclimate.org/documents/nocoal2c.pdf> [dostęp: 30.11.2013].

OECD, 2006, *The OECD Input-Output Database: 2006 Edition - STI WORKING PAPER 2006/8*, <http://www.oecd.org/sti/37585924.pdf> [dostęp 27.10.2012].

OTA, 1990, *Energy Use and the U.S. Economy*, Washington, DC, <http://www.fas.org/ota/reports/9016.pdf> [dostęp 19.04.2012].

Ozturk, I., 2010, *A literature survey on energy-growth nexus*, *Energy Policy*, vol. 38, iss. 1, s. 340-349.

Panayotou, T., 1997, *Demystifying the environmental Kuznets curve: turning a black box into a policy tool*, *Environment and Development Economics*, vol. 2, iss. 04, s. 465-484.

Parikh, J., Panda, M., Ganesh-Kumar, A., Singh, V., 2009, *CO2 emissions structure of Indian economy*, *Energy*, vol. 34, iss. 8, s. 1024-1031.

Park, S.-H., 1992, *Decomposition of industrial energy consumption : An alternative method*, *Energy Economics*, vol. 14, iss. 4, s. 265-270.

Pasinetti, L., 1993, *Structural Economic Dynamics*, Cambridge University Press, New York.

Plich, M., 2002, *Budowa i zastosowanie wielosektorowych modeli ekonomiczno-ekologicznych*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.

Przybyliński, M., 2012, *Metody i tablice przepływów międzygałęziowych w analizach handlu zagranicznego Polski*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.

Quesnay, F., 1928, *Pisma wybrane*, Nakład Gebethnera i Wolffa, Kraków, <http://zasoby.kangur.uek.krakow.pl/djvu/index.php?kat=1000170458&col=ksiazki> [dostęp 20.02.2011].

RCSS, 2004, *Zaopatrzenie kraju w surowce energetyczne i energię w perspektywie długookresowej*, <http://www.msap.pl/npr/prognozy/zaopatrzenie.pdf> [dostęp 02.02.2013].

Rhee, H.-C., Chung, H.-S., 2006, *Change in CO₂ emission and its transmissions between Korea and Japan using international input-output analysis*, *Ecological Economics*, vol. 58, iss. 4, s. 788-800.

Rose, A., Casler, S., 1996, *Input-Output Structural Decomposition Analysis: A Critical Appraisal*, *Economic Systems Research*, vol. 8, iss. 1, s. 33-62.

Rose, A., Chen, C.Y., 1991, *Sources of change in energy use in the U.S. economy, 1972-1982: A structural decomposition analysis*, *Resources and Energy*, vol. 13, iss. 1, s. 1-21.

RUE, 2009, *Konkluzje prezydencji z posiedzenia Rady Europejskiej w Brukseli 29–30 października 2009 r.*

Ruiz, Á.L., Pellet, P.F., *Economic Interdependence and Input-Output Theory*, [http://kalathos.metro.inter.edu/Num_10/ECONOMIC INTERDEPENDENCE MM.pdf](http://kalathos.metro.inter.edu/Num_10/ECONOMIC_INTERDEPENDENCE_MM.pdf) [dostęp 27.12.2011].

Rybski, R., Stoczkiewicz, M., 2013, *“Mały Trójkąt” a dyrektywa 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych*, *Client Earth*, <http://www.clientearth.org/reports/robert-rybski-trojpak-analiza-ozefinal25062013.pdf> [dostęp 15.11.2013].

Schiliro, D., 2009, *Structural Models and Structural Change: Analytical Principles and Methodological Issues*, http://mpira.ub.uni-muenchen.de/24480/1/Schilir_BStructuralChange2009.pdf [dostęp 23.11.2010].

Schipper, L., Ting, M., Khrushch, M., Golove, W., 1997, *The evolution of carbon dioxide emissions from energy use in industrialized countries: an end-use analysis*, *Energy Policy*, vol. 25, iss. 7-9, s. 651-672.

Selden, T.M., Song, D., 1994, *Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions?*, *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 27, iss. 2, s. 147-162.

Silva, E.G., Teixeira, A.A.C., 2008, *Surveying structural change: Seminal contributions and a bibliometric account*, *Structural Change and Economic Dynamics*, vol. 19, iss. 4, s. 273-300.

Śleszyński, J., 1999, *Privatization and environmental policy: environmental liability in transition period; the experience of Poland and former GDR*, Olympus, Warszawa.

Śleszyński, J., 2008, *Rola Wskaźników Realizacji Trwałego Rozwoju*, w: Graczyk, A. (red.), *Zrównoważony Rozwój w Teorii Ekonomii i w Praktyce*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego we Wrocławiu, Wrocław.

Smeets, E., Weterings, R., 1999, *Environmental indicators: Typology and overview*, European Environment Agency, Copenhagen.

Smith, A., 2007, *Badania nad naturą i przyczynami bogactwa narodów*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

Smith, H.M., 1951, *Uses of Leontief's Open Input-Output Models*, by Harlan M. Smith, w: Koopmans, T.C. (red.), *Activity Analysis of Production and Allocation Proceedings of a Conference*, John Wiley & Sons, Inc., Chapman & Hall Limited, New York, London.

Sraffa, P., 1979, *Production of commodities by means of commodities: prelude to a critique of economic theory*, University Press, Cambridge.

Stern, D.I., 2002, *Explaining changes in global sulfur emissions: an econometric decomposition approach*, *Ecological Economics*, vol. 42, iss. 1-2, s. 201-220.

Stern, D.I., 2003, *Energy and Economic Growth*, New York, <http://www.sterndavid.com/Publications/Growth.pdf> [dostęp 23.07.2012].

Stern, D.I., 2004, *Environmental Kuznets Curve*, w: Cutler, J.C. (red.), *Encyclopedia of Energy*, Elsevier, New York.

Sun, J.W., 1998, *Changes in energy consumption and energy intensity: A complete decomposition model*, *Energy Economics*, vol. 20, iss. 1, s. 85-100.

Suwala, W., Iskrzycki, K., Kaszyński, P., 2011, *Dekompozycja redukcji emisji dwutlenku siarki w polskich elektrowniach, 1995–2008*, *Polityka Energetyczna*, vol. 14, iss. 2, s. 107-125.

Syrquin, M., 2007, *Kuznets and Pasinetti on the Study of Structural Transformation: Never the Twain Shall Meet?*, *Structural Change and Economic Dynamics*, vol. 21, iss. 4, s. 248-257.

Temurshoev, U., Timmer, M.P., 2011, *Joint estimation of supply and use tables*, *Papers in Regional Science*, vol. 90, iss. 4, s. 863-882.

Timmer, M., 2012, *The World Input - Output Database (WIOD): Contents, Sources and Methods - WIOD Working Paper Number 10*,

http://www.wiod.org/publications/source_docs/WIOD_sources.pdf [dostęp 03.12.2012].

Tomaszewicz, Ł., 1994, *Metody analizy input-output*, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.

UNFCCC, 2010, *Report of the individual review of the annual submission of Poland submitted in 2010*, Office, U.N., Geneva.

UNFCCC, 2011, *Greenhouse Gas Inventory Data - Detailed data by Party*, UNFCCC, Bonn, <http://unfccc.int/di/DetailedByParty.do> [dostęp 20.05.2011].

Wier, M., 1998, *Sources of Changes in Emissions from Energy: A Structural Decomposition Analysis*, Economic Systems Research, vol. 10, iss. 2, s. 99-112.

Wilkes, J., Moccia, J., 2013, *Wind in power 2012 European statistics*, The European Wind Energy Association, Brussels.

Wing, I.S., 2004, *Computable General Equilibrium Models and Their Use in Economy-Wide Policy Analysis. Technical Note No. 6.*, MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, http://web.mit.edu/globalchange/www/MITJPSPGC_TechNote6.pdf [dostęp 13.10.2012].

Xiangzhao, F., Ji, Z., 2008, *Economic Analysis of CO2 Emission Trends in China*, China Population, Resources and Environment, vol. 18, iss. 3, s. 43-47.

Xiao-jing, G., 2012, *The Influence of Low-carbon Economy on Global Trade Pattern*, Physics Procedia, vol. 25, s. 1676-1681.

Yang, H.-Y., 2001, *Trade liberalization and pollution: a general equilibrium analysis of carbon dioxide emissions in Taiwan*, Economic Modelling, vol. 18, iss. 3, s. 435-454.

Zhang, F.Q., Ang, B.W., 2001, *Methodological issues in cross-country/region decomposition of energy and environment indicators*, Energy Economics, vol. 23, iss. 2, s. 179-190.

Zhang, X.-P., Cheng, X.-M., 2009, *Energy consumption, carbon emissions, and economic growth in China*, Ecological Economics, vol. 68, iss. 10, s. 2706-2712.

Żylicz, T., 1996, *Cele, zasady i ograniczenia polityki ochrony środowiska*, w: Folmer, H., Gabel, L., Opschoor, H. (red.), *Ekonomia środowiska i zasobów naturalnych*, Krupski i S-ka, Warszawa.

Żylicz, T., 2004, *Ekonomia środowiska i zasobów naturalnych*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.

Spis tabel

TABELA 1. SYSTEMATYKA WYRÓŻNIONYCH W MODELU CZYNNIKÓW WPŁYWAJĄCYCH NA ZMIANY EMISJI CO ₂ ...	109
TABELA 2. ZASTOSOWANE W ANALIZIE EMPIRYCZNEJ WSKAŹNIKI EFEKTYWNEJ EMISYJNOŚCI CO ₂	125
TABELA 3. PROCENTOWY UDZIAŁ SEKTORÓW W PRODUKCJI GLOBALNEJ W POLSCE W LATACH 1995-2009.....	129
TABELA 4. PROCENTOWY UDZIAŁ SEKTORÓW W CAŁKOWITYM IMPORCIE POLSKI W LATACH 1995-2009.....	130
TABELA 5. PROCENTOWY UDZIAŁ SEKTORÓW W EKSPORCIE POLSKI W LATACH 1995-2009.....	132
TABELA 6. PROCENTOWY UDZIAŁ SEKTORÓW W POPYCIE POŚREDNIM NA PRODUKTY KRAJOWE W POLSCE w LATACH 1995-2009.....	133
TABELA 7. PROCENTOWY UDZIAŁ SEKTORÓW W POPYCIE POŚREDNIM NA PRODUKTY IMPORTOWANE W POLSCE w LATACH 1995-2009.....	135
TABELA 8. PROCENTOWY UDZIAŁ SEKTORÓW W SPOŻYCIU KOŃCOWYM PRODUKCJI KRAJOWEJ W POLSCE w LATACH 1995-2009.....	137
TABELA 9. PROCENTOWY UDZIAŁ SEKTORÓW W SPOŻYCIU KOŃCOWYM PRODUKCJI IMPORTOWANEJ W POLSCE w LATACH 1995-2009.....	139

Spis rysunków

RYSUNEK 1. SCHEMAT PRZYCZYNOWO-SKUTKOWY ODDZIAŁYWANIA CZŁOWIEKA NA ŚRODOWISKO	36
RYSUNEK 2. ŚRODOWISKOWA KRZYWA KUZNETS'A.....	41
RYSUNEK 3. EMISJE CO ₂ NETTO WYWOŁANE BILATERALNĄ WYMIANĄ HANDLOWĄ POLSKI Z WYBRANYMI KRAJAMI W 2004 ROKU W Gg.....	47
RYSUNEK 4. CAŁKOWITA PODAŻ ENERGII PIERWOTNEJ I PKB W POLSCE W LATACH 1960-2009.....	52
RYSUNEK 5. UDZIAŁ GŁÓWNYCH NOŚNIKÓW ENERGII W CAŁKOWITYM ZAOPATRZENIU W ENERGIĘ PIERWOTNĄ W POLSCE W LATACH 1960-2010	53
RYSUNEK 6. ZUŻYCIE ENERGII FINALNEJ W POSZCZEGÓLNYCH SEKTORACH GOSPODARKI W POLSCE W LATACH 1960-2009.....	54
RYSUNEK 7. ETAPY CYKLU ŻYCIA PALIW NA PRZYKŁADZIE BENZYN SAMOCHODOWYCH	56
RYSUNEK 8. EMISJA NMVOC, NO _x , SO _x W POLSCE W LATACH 1990-2010.....	58
RYSUNEK 9. SCHEMAT WZAJEMNEGO ODDZIAŁYWANIA CZŁOWIEKA I ŚRODOWISKA	60
RYSUNEK 10. UDZIAŁ POSZCZEGÓLNYCH ANTROPOGENICZNYCH GAZÓW CIEPLARNIANYCH W GLOBALNEJ EMISJI W ROKU 2004 W EKWIWALENCIE CO ₂	61
RYSUNEK 11. UDZIAŁ POSZCZEGÓLNYCH KATEGORII ŹRÓDŁOWYCH W CAŁKOWITYCH EMISJACH ORAZ UDZIAŁ POSZCZEGÓLNYCH GAZÓW W EMISJACH SEKTORA ENERGII W EKWIWALENCIE CO ₂ W POLSCE W ROKU 2009	62
RYSUNEK 12. WSKAŹNIKI EMISYJNOŚCI PKB I EMISYJNOŚCI ENERGII W GOSPODARCE POLSKIEJ W LATACH 1960- 2009	63
RYSUNEK 13. EMISJE CO ₂ ZE SPALANIA PALIW W POLSCE W LATACH 1960-2009 W PODZIALE NA KATEGORIE ŹRÓDŁOWE IPCC (w Mt).....	65
RYSUNEK 14. METODA MIERZENIA WPŁYWU ZMIAN STRUKTURY GOSPODARCZEJ NA EMISJE ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA WYKORZYSTANA PRZEZ M. PLICHA	72
RYSUNEK 15. SCHEMAT MODELU CGE Z MODUŁEM ENERGETYCZNYM.....	79
RYSUNEK 16. SCENARIUSZ REFERENCYJNY DLA KSZTAŁTOWANIA SIĘ EMISJI GAZÓW CIEPLARNIANYCH W POLSCE.....	81
RYSUNEK 17. SCHEMAT TABLICY PRZEPŁYWÓW MIĘDZYGAŁĘZIOWYCH	84
RYSUNEK 18. KLASYCZNA FUNKCJA PRODUKCJI	85
RYSUNEK 19. FUNKCJA PRODUKCJI LEONTIEF'A	86
RYSUNEK 20. MIERZENIE ZMIAN STRUKTURALNYCH W WARUNKACH WZROSTU.....	96
RYSUNEK 21. MIERZENIE WPŁYWU ZMIAN STRUKTURY GOSPODARCZEJ NA EMISJE CO ₂	111
RYSUNEK 22. SCHEMAT TABLICY PRZEPŁYWÓW MIĘDZYGAŁĘZIOWYCH WIOD	122
RYSUNEK 23. PROCENTOWY UDZIAŁ SEKTORÓW W PRODUKCJI GLOBALNEJ W POLSCE W LATACH 1995-2009.....	128
RYSUNEK 24. PROCENTOWY UDZIAŁ SEKTORÓW W CAŁKOWITYM IMPORCIE POLSKI W LATACH 1995-2009 ..	130
RYSUNEK 25. PROCENTOWY UDZIAŁ SEKTORÓW W EKSPORCIE POLSKI W LATACH 1995-2009	131

RYSUNEK 26. PROCENTOWY UDZIAŁ SEKTORÓW W POPYCIU POŚREDNIM NA PRODUKTY KRAJOWE W POLSCE W LATACH 1995-2009.....	133
RYSUNEK 27. PROCENTOWY UDZIAŁ SEKTORÓW W POPYCIU POŚREDNIM NA PRODUKTY IMPORTOWANE W POLSCE W LATACH 1995-2009	135
RYSUNEK 28. PROCENTOWY UDZIAŁ SEKTORÓW W SPOŻYCIU KOŃCOWYM PRODUKCJI KRAJOWEJ W POLSCE W LATACH 1995-2009.....	137
RYSUNEK 29. PROCENTOWY UDZIAŁ SEKTORÓW W SPOŻYCIU KOŃCOWYM PRODUKCJI IMPORTOWANEJ W POLSCE W LATACH 1995-2009	138
RYSUNEK 30. COROCZNE ZMIANY EMISJI CO ₂ I PRODUKCJI GLOBALNEJ WYWOŁANE RÓWNOMIERNYM WZROSTEM W POLSCE W LATACH 1995-2009.....	141
RYSUNEK 31. SKUMULOWANE ZMIANY PRODUKCJI GLOBALNEJ I WYWOŁANE NIMI EMISJE CO ₂ W POLSCE W LATACH 1995-2009.....	142
RYSUNEK 32. COROCZNE ZMIANY EMISJI CO ₂ SPOWODOWANE ZMIANAMI ENERGOCHŁONNOŚCI W POLSCE W LATACH 1995-2009.....	144
RYSUNEK 33. SKUMULOWANE ZMIANY ENERGOCHŁONNOŚCI I WYWOŁANE NIMI SKUMULOWANE ZMIANY EMISJI CO ₂ W POLSCE W LATACH 1995-2009	145
RYSUNEK 34. COROCZNE ZMIANY EMISJI CO ₂ WYWOŁANE ZMIANAMI STRUKTURY ZAPATRZENIA W NOŚNIKI ENERGII W POLSCE W LATACH 1995-2009.....	147
RYSUNEK 35. SKUMULOWANE ZMIANY EMISJI CO ₂ NA TLE KSZTAŁTUJĄCYCH JE ZMIAN STRUKTURY ZUŻYCIA NOŚNIKÓW ENERGII FINALNEJ W POLSCE W LATACH 1995-2009.....	148
RYSUNEK 36. COROCZNE ZMIANY TEMPA POPYTU GOSPODARSTW DOMOWYCH NA PRODUKTY KRAJOWE WZGLĘDEM WZROSTU GOSPODARCZEGO I WYWOŁANE NIMI ZMIANY EMISJI CO ₂ W POLSCE W LATACH 1995-2009.....	150
RYSUNEK 37. SKUMULOWANE ZMIANY POPYTU GOSPODARSTW DOMOWYCH NA PRODUKTY KRAJOWE ORAZ SPOWODOWANE NIMI SKUMULOWANE ZMIANY PRODUKCJI GLOBALNEJ I EMISJI CO ₂ W POLSCE W LATACH 1995-2009.....	151
RYSUNEK 38. COROCZNE ZMIANY EMISJI CO ₂ SPOWODOWANE ZMIANAMI UDZIAŁU PRODUKTÓW IMPORTOWANYCH W POPYCIU GOSPODARSTW DOMOWYCH W POLSCE W LATACH 1995-2009	152
RYSUNEK 39. ZMIANY UDZIAŁU IMPORTU W POPYCIU GOSPODARSTW DOMOWYCH ORAZ SPOWODOWANE NIMI SKUMULOWANE ZMIANY PRODUKCJI GLOBALNEJ I EMISJI CO ₂ W POLSCE W LATACH 1995-2009	153
RYSUNEK 40. COROCZNE ZMIANY TEMPA SPOŻYCIA RZĄDOWEGO PRODUKTÓW KRAJOWYCH I WYWOŁANE NIMI ZMIANY EMISJI CO ₂ W POLSCE W LATACH 1995-2009.....	155
RYSUNEK 41. SKUMULOWANE ZMIANY TEMPA SPOŻYCIA RZĄDOWEGO PRODUKTÓW KRAJOWYCH ORAZ SPOWODOWANE NIMI SKUMULOWANE ZMIANY PRODUKCJI GLOBALNEJ I EMISJI CO ₂ W POLSCE W LATACH 1995-2009	156
RYSUNEK 42. COROCZNE ZMIANY EMISJI CO ₂ SPOWODOWANE ZMIANAMI UDZIAŁU PRODUKTÓW IMPORTOWANYCH W SPOŻYCIU RZĄDOWYM W POLSCE W LATACH 1995-2009.....	157
RYSUNEK 43. ZMIANY UDZIAŁU IMPORTU W SPOŻYCIU RZĄDOWYM ORAZ SPOWODOWANE NIMI SKUMULOWANE ZMIANY PRODUKCJI GLOBALNEJ I EMISJI CO ₂ W POLSCE W LATACH 1995-2009.....	158

RYSUNEK 44. COROCZNE ZMIANY EMISJI CO ₂ SPOWODOWANE ZMIANAMI TEMPA NAKŁADÓW BRUTTO NA KRAJOWE ŚRODKI TRWAŁE W POLSCE W LATACH 1995-2009	159
RYSUNEK 45. SKUMULOWANE ZMIANY TEMPA NAKŁADÓW BRUTTO NA KRAJOWE ŚRODKI TRWAŁE ORAZ SPOWODOWANE NIMI SKUMULOWANE ZMIANY PRODUKCJI GLOBALNEJ I EMISJI CO ₂ W POLSCE W LATACH 1995-2009	160
RYSUNEK 46. COROCZNE ZMIANY EMISJI CO ₂ SPOWODOWANE ZMIANAMI UDZIAŁU PRODUKTÓW IMPORTOWANYCH W NAKŁADACH BRUTTO NA ŚRODKI TRWAŁE W POLSCE W LATACH 1995-2009 ..	161
RYSUNEK 47. ZMIANY UDZIAŁU IMPORTU W NAKŁADACH BRUTTO NA ŚRODKI TRWAŁE ORAZ SPOWODOWANE NIMI SKUMULOWANE ZMIANY PRODUKCJI GLOBALNEJ I EMISJI CO ₂ W POLSCE W LATACH 1995-2009	162
RYSUNEK 48. COROCZNE ZMIANY TEMPA EKSPORTU I WYWOŁANE NIMI ZMIANY EMISJI CO ₂ W POLSCE W LATACH 1995-2009	163
RYSUNEK 49. SKUMULOWANE ZMIANY EKSPORTU ORAZ SPOWODOWANE NIMI SKUMULOWANE ZMIANY PRODUKCJI GLOBALNEJ I EMISJI CO ₂ W POLSCE W LATACH 1995-2009	164
RYSUNEK 50. COROCZNE ZMIANY EMISJI CO ₂ SPOWODOWANE ZMIANAMI UDZIAŁU PRODUKTÓW IMPORTOWANYCH W POPYCIE W POLSCE W LATACH 1995-2009.....	165
RYSUNEK 51. ZMIANY UDZIAŁU IMPORTU W POPYCIE POŚREDNIM ORAZ SPOWODOWANE NIMI SKUMULOWANE ZMIANY PRODUKCJI GLOBALNEJ I EMISJI CO ₂ W POLSCE W LATACH 1995-2009.....	166
RYSUNEK 52. COROCZNE ZMIANY EMISJI CO ₂ SPOWODOWANE ZMIANAMI TECHNOLOGII W POLSCE W LATACH 1995-2009.....	167
RYSUNEK 53. SKUMULOWANE ZMIANY PRODUKCJI GLOBALNEJ I EMISJI CO ₂ SPOWODOWANE ZMIANAMI TECHNOLOGII W POLSCE W LATACH 1995-2009	168
RYSUNEK 54. ZMIANY EMISJI CO ₂ W TYS. TON WYWOŁANE ODDZIAŁYWANIEM CZYNNIKÓW STRUKTURALNYCH W POLSCE W LATACH 1995-2009	170
RYSUNEK 55. SKUMULOWANE ZMIANY EMISJI CO ₂ W TYS. TON WYWOŁANE ODDZIAŁYWANIEM CZYNNIKÓW STRUKTURALNYCH W POLSCE W LATACH 1995-2009	171
RYSUNEK 56. KSZTAŁTOWANIE SIĘ SKUMULOWANYCH ZMIAN EMISJI CO ₂ W TYS. TON WYWOŁANYCH ODDZIAŁYWANIEM CZYNNIKÓW STRUKTURALNYCH W POLSCE W LATACH 1995-2009	172
RYSUNEK 57. OSZACOWANE WIELKOŚCI EMISJI CO ₂ W TYS. TON PRZY ZAŁOŻENIU WZROSTU BEZ ZMIAN STRUKTURALNYCH I WZROSTU Z WYSTĘPUJĄCYMI ZMIANAMI STRUKTURALNYMI W POLSCE W LATACH 1996-2009.....	173

Aneks statystyczny – płyta CD