

269/2009

**Raport Badawczy**  
**Research Report**

**RB/70/2009**

**Trójsektorowy model wzrostu  
do analizy wpływu  
ograniczenia emisji GHG  
na zmianę technologii**

**J. Gadomski**

**Instytut Badań Systemowych**  
**Polska Akademia Nauk**

**Systems Research Institute**  
**Polish Academy of Sciences**



# **POLSKA AKADEMIA NAUK**

## **Instytut Badań Systemowych**

ul. Newelska 6

01-447 Warszawa

tel.: (+48) (22) 3810100

fax: (+48) (22) 3810105

Kierownik Pracowni zgłaszający pracę:  
Dr inż. Lech Krus

Warszawa 2009

Jan Gadomski

INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH PAN

## TRÓJSEKTOROWY MODEL WZROSTU DO ANALIZY WPŁYWU OGRANICZENIA EMISJI GHG NA ZMIANĘ TECHNOLOGII

### Streszczenie

W pracy zbadano procesy przejścia gospodarki od wzrostu zrównoważonego przy użyciu kapitału o wysokiej emisyjności do wzrostu zrównoważonego wykorzystującego kapitał charakteryzujący się niższą emisyjnością zanieczyszczeń. W analizie średniookresowej zbadano przejście do gospodarki, która w stanie równowagi osiąga limit emisji i rozwija się z zerową stopą wzrostu. Wyprowadzono zależności określające strukturę produkcji w warunkach wzrostu zrównoważonego i stanu ustalonego, jak również bezwzględne wielkości produkcji poszczególnych sektorów po osiągnięciu stanu równowagi. W analizie długookresowej zbadano wpływ postępu technicznego na wielkość i strukturę produkcji przy niezmiennym limicie emisji zanieczyszczeń. Przeprowadzono obliczenia pokazujące proces przekształcenia struktury produkcji w okresie wymiany technologii.

### 1. Wstęp

Prezentowany model służy do analizy gospodarki dokonującej konwersji technologii wytwarzania pod wpływem dostosowania do limitów emisji zanieczyszczeń. Opracowanie to prezentuje wyniki badań przeprowadzonych w 2009 r. będących kontynuacją wcześniejszych prac, Gadomski (2008), Gadomski, Nahorski (2007a, 2007b, 2007c, 2008). Celem analiz jest odpowiedź na pytanie o skutki dostosowania wymuszonego przez wprowadzenie limitów emisji dla wzrostu gospodarczego oraz sektorowej i technologicznej struktury produkcji.

Prezentowany model jest wykorzystywany w analizach średniookresowych i długookresowych procesów wzrostu. Analiza średniookresowa opiera się na założeniu, że liczba dostępnych technologii wytwarzania jest ograniczona, oraz że parametry opisujące te technologie nie ulegają zmianom (wpływ postępu technicznego jest pomijalny). W ramach analizy średniookresowej badane są warunki wzrostu zrównoważonego (z dopuszczeniem niepełnego wykorzystania zdolności produkcyjnych), odpowiadającego – w kategoriach teorii cyklu koniunkturalnego – długookresowej ścieżce wzrostu. Wzrost zrównoważony jest

określany jako wzrost zachowujący równowagę sektorową produkcji, czyli taki, przy którym sektorowe podaż i popyt równoważą się (zdolności produkcyjne nie są pełni wykorzystane). Czynnikiem zmian są inwestycje w kapitał reprezentujący poszczególne technologie. Zasoby siły roboczej nie stanowią aktywnego ograniczenia wzrostu. Nie jest rozważany i uwzględniany wpływ emisji zanieczyszczeń na produktywność czynników produkcji.

W analizie długookresowej badany jest wzrost z uwzględnieniem oddziaływania zmian technologicznych (postępu technicznego). Różnica, w odniesieniu do analizy średniookresowej, polega na tym, że zmianom ulegają nie tylko wielkości produkcji oraz jej struktura technologiczna, lecz również dostępne technologie podlegają ewolucji wyrażającej się zmianami parametrów.

Analiza przeprowadzona jest w dwóch etapach. W etapie pierwszym rozważania są prowadzone w ramach analizy średniookresowej. W etapie drugim, tj. w analizie długookresowej, badany jest wzrost zrównoważony uwzględniający postęp techniczny oraz rozważane są alternatywne scenariusze postępu technicznego (ewolucji parametrów dostępnych technologii). Podział na dwa etapy pozwala na oddzielenie zagadnienia wymiany technologii, jako problemu wyboru wariantu inwestycyjnego (problem średniookresowy), od trudnych do prognozowania procesów postępu technicznego (problem długookresowy).

Skonstruowany dla celów analizy trójsektorowy model makroekonomiczny jest modelem optymalizacyjnym, w którym funkcją celu jest maksymalizacja zdyskontowanej konsumpcji w badanym okresie. Uzasadnienie dla takiego wyboru narzędzia analizy jest następujące. Ograniczenie analizy do badania funkcjonowania gospodarki w średnim i długim okresie pozwala na oderwanie się od cyklu koniunkturalnego i przedstawienie jej rozwoju za pomocą tendencji średnio- i długookresowej nieuwzględniającej wahań krótkookresowych. Ponadto, podejście to umożliwia przyjęcie dobrze uzasadnionego przesłankami założenia, że tendencję długookresową charakteryzuje niepełne wykorzystanie zdolności produkcyjnych w sektorach. Na rzecz zdyskontowanej wielkości konsumpcji jako kryterium działania pomiotów gospodarczych jest fakt, że w gospodarce rynkowej bezpośrednim celem przedsiębiorstw (przynajmniej nominalnym) jest maksymalizacja zysku, prowadząca do maksymalizacji konsumpcji przy danych ograniczeniach jako celu ostatecznego.

Jeśli chodzi o odniesienie założonego zachowania optymalnego do rzeczywistości gospodarczej, to wyniki uzyskane przy pomocy modelu umożliwią określenie pewnego, niedającego się zrealizować w gospodarce rynkowej (ale również, jak wiadomo z doświadczenia, w gospodarce nakazowej) wzorca mówiącego: jak kształtowałyby się wzrost, gdyby gospodarka rozwijała się optymalnie.

Podstawowymi pytaniami, na które wyniki uzyskane z modelu pozwalają odpowiedzieć są następujące:

- jak ograniczenie emisji zanieczyszczeń wpływa na wielkość i strukturę produkcji
- jak przebiega proces konwersji technologicznej wymuszony przez wprowadzenie ograniczenia emisji.

W budowie modelu wcześniejsze doświadczenia zdobyte przy budowie modelu makroekonomicznego gospodarki polskiej, Gadomski, Woroniecka et al. (1998), Gadomski (2008), oraz rodziny modeli jednosektorowych służących do analizy wpływu ograniczenia emisji na konwersję technologiczną, Gadomski, Nahorski (2007a, 2007b, 2007c, 2008).

W modelu gospodarka składa się z trzech sektorów produkcyjnych:  $M$  – wytwarzającego dobra pośrednie,  $C$  – wytwarzające dobra konsumpcyjne oraz  $I$  wytwarzającego dobra inwestycyjne/ środki trwałe. Niektóre z przyjętych rozwiązań modelowych stanowią rozszerzenie do trzech sektorów dwusektorowego modelu reprodukcji Marksa (według O. Langego (1961): *Wstęp do ekonometrii*, wyd. drugie rozszerzone, PWN, Warszawa), zastosowane w pracy Gadomski, Woroniecka et al. (1998).

Produkty sektora  $M$  są wykorzystywane we wszystkich trzech sektorach jako nakłady pośrednie. Produkty sektora  $C$  są dobrami konsumpcyjnymi nabywanymi przez dochody uzyskiwane w sektorach  $M$ ,  $C$  i  $I$ , odpowiednio:  $C_M$ ,  $C_C$ ,  $C_I$ . Sektor  $I$  wytwarza dobra inwestycyjne tworzące środki trwałe we wszystkich trzech sektorach i technologiach produkcji. W modelu nie uwzględniono wymiany zagranicznej i sektora rządowego.

## 2. Opis modelu

### Technologia produkcji

W każdym z sektorów produkcja może być uzyskiwana przy stosowaniu jednej lub większej liczby technologii. Nośnikiem technologii są środki trwałe (zasoby kapitału) a  $j$  – ta technologia stosowana w  $i$  – tym sektorze jest reprezentowana przez wektor współczynników  $T_i^{(j)}$ :

$$T_i^{(j)} = (\gamma_i^{(j)}, \alpha_i^{(j)}, \beta_i^{(j)}, \delta_i^{(j)}, \varepsilon_i^{(j)}), i = M, C, I; j = 1, \dots, N_i; \quad (1)$$

gdzie:

- $i$  – numer/ symbol sektora,  $i = M, C, I$ ;
- $j$  – numer technologii dostępnej dla  $i$  - tego sektora,  $j = 1, \dots, N_i$ ;
- $N_i$  – liczba dostępnych technologii w sektorze  $i$ ,  $i = M, C, I$ ,
- $\gamma_i^{(j)}$  – współczynnik zużycia własnego w  $i$  – tym sektorze i  $j$  – tej technologii,

- $\alpha_i^{(j)}$  – produktywność kapitału w  $i$ -tym sektorze i  $j$ -tej technologii,
- $\beta_i^{(j)}$  – przeciętna wydajność pracy w  $i$ -tym sektorze i  $j$ -tej technologii,
- $\delta_i^{(j)}$  – współczynnik deprecjacji kapitału w  $i$ -tym sektorze i  $j$ -tej technologii
- $\varepsilon_i^{(j)}$  – emisyjność jednostkowa produkcji wytworzonej przy użyciu  $j$ -tej technologii w  $i$ -tym sektorze.

O powyżej zdefiniowanych współczynnikach zakłada się, że w analizie średnioterminowej mają ustalone wartości, podczas gdy w dłuższym okresie ich wartości podlegają ewolucji.

W każdym okresie  $t$  sektor  $i$ ,  $i = M, C, I$ , dysponuje zasobem kapitału służącym do produkcji za pomocą  $N_i$  dostępnych w danym sektorze technologii. O wykorzystywanych w sektorze  $i$  technologiach w liczbie  $N_i$  będziemy zakładać, że pozwalają na wytworzenie jakościowo identycznych, dla nabywców nierozróżnialnych produktów. Ilość kapitału na początku roku  $t$  wykorzystywanego w produkcji posługującej się (związaną, skojarzoną z)  $j$ -tą technologią będzie oznaczana przez  $K_{it}^{(j)}$ .

W dalszym ciągu zasoby kapitału oraz strumienie produkcji i zużycia określane będą w jednostkach pieniężnych w cenach stałych.

### Produkcja

W opisie modelu pod pojęciem produkcji rozumiana jest produkcja globalna zarówno poszczególnych sektorów jak i całej gospodarki. Celem tego ujęcia jest wyodrębnienie sektora wytwarzającego produkty, takie jak materiały, surowce, usługi produkcyjne i in., będące nakładami pośrednimi w pozostałych sektorach. Sektor ten jest źródłem większości emisji tzw. gazów cieplarnianych.

Produkcja potencjalna  $P_{it}^{(j)}$  (zdolność produkcyjna)  $j$ -tej technologii w  $i$ -tym sektorze w okresie  $t$  jest definiowana jako produkcja globalna możliwa do uzyskania przy użyciu kapitału/środków trwałych reprezentujących  $j$ -tą technologię oraz nakładów siły roboczej:

$$P_{it}^{(j)} = \min [\alpha_i^{(j)} K_{it}^{(j)}, \beta_i^{(j)} L_{it}^{(j)}], \quad i = M, C, I; \quad j = 1, \dots, N_i \quad (2)$$

gdzie przez  $K_{it}^{(j)}$  oznaczony został zasób środków trwałych stosowanych w  $j$ -tej technologii w  $i$ -tym sektorze na początku okresu  $t$  a przez  $L_{it}^{(j)}$  nakład siły roboczej.

Przedstawiona zależność (2) produkcji od nakładów czynników produkcji jest zgodna z jednosektorowym modelem Harroda-Domara, za: Allen, R. G. D.: *Teoria makroekonomiczna, ujęcie matematyczne*, PWN, Warszawa 1975. Przy założeniu, że siła robocza występuje w dostatecznej obfitości długookresowa zdolność produkcyjna  $j$ -tej technologii w  $i$ -tym sektorze jest funkcją zasobu kapitału:

$$P_{it}^{(j)} = \alpha_i^{(j)} K_{it}^{(j)}, \quad i = M, C, I, \quad j = 1, \dots, N_i. \quad (3)$$

Z własności funkcji produkcji Leontiewa wynika, że określona wielkość produkcji  $Q_{it}^{(j)}$  uzyskana za pomocą  $j$  – tej technologii w sektorze  $i$ -tym jest wytwarzana najefektywniej przy nakładach kapitału i pracy równych odpowiednio:

$$Q_{it}^{(j)} / \alpha_i^{(j)} \text{ oraz } Q_{it}^{(j)} / \beta_i^{(j)}. \quad i = M, C, I, \quad j = 1, \dots, N_i. \quad (4)$$

Całkowita zdolność produkcyjna  $P_{it}$  sektora  $i$  stanowi sumę:

$$P_{it} = \sum_{j=1}^{N_i} P_{it}^{(j)} \quad i = M, C, I. \quad (5)$$

Wytworzona w okresie  $t$  w  $i$  – tym sektorze przy użyciu  $j$  – tej technologii produkcja globalna  $Q_{it}^{(j)}$  spełnia warunek:

$$P_{it}^{(j)} \geq Q_{it}^{(j)}; \quad i = M, C, I; j = 1, \dots, N_i.$$

Za przyjęciem powyższej zależności produkcji od nakładów czynników produkcji przemawia szereg przesłanek. Po pierwsze, określenie poziomu wykorzystania zdolności produkcyjnych jest zawsze trudne. Po drugie, efektywna wielkość technicznego uzbrojenia pracy, przy założeniu pewnego zakresu substytucyjności między pracą i kapitałem, zależy od liczby osób aktywnych zawodowo oraz od stopy bezrobocia. Powyższe założenia znacznie upraszczają model nie powodując zarazem zwiększenia arbitralności.

Gdy popyt  $D_{it}$  na produkt sektora  $i$ ,  $i = M, C, I$ , jest równy lub mniejszy od zdolności produkcyjnych tego sektora, to wytworzona wielkość produkcji  $Q_{it}$  jest równa popytowi na produkcję sektora  $i$ ,  $i = M, C, I$ ; pod warunkiem dostępności produktów sektora  $M$ . Gdy popyt  $D_{it}$  na produkt sektora  $i$ ,  $i = M, C, I$ ; jest większy od zdolności produkcyjnych tego sektora, to wytworzona wielkość produkcji  $Q_{it}$  jest równa zdolnościom produkcyjnym tego sektora. Relacje te opisuje poniższe wyrażenie:

$$Q_{it} = \begin{cases} D_{it}, & P_{it} \geq D_{it}; \\ P_{it}, & P_{it} < D_{it}. \end{cases} = \min[D_{it}, P_{it}], \quad i = M, C, I \quad (6)$$

Stopień wykorzystania zdolności produkcyjnych  $\lambda_{it}^{(j)}$  związanych z  $j$  – tą technologią w  $i$ -tym sektorze w roku  $t$  jest definiowany w następujący sposób:

$$\lambda_{it}^{(j)} = Q_{it}^{(j)} / P_{it}^{(j)}, \quad i = M, C, I; j = 1, \dots, N_i, \quad (7)$$

a stopień wykorzystania zdolności produkcyjnych w całym sektorze  $i$ :

$$\lambda_{it} = \frac{\sum_{j=1}^{N_i} Q_{it}^{(j)}}{\sum_{j=1}^{N_i} P_{it}^{(j)}} = \frac{\sum_{j=1}^{N_i} \lambda_{it}^{(j)} P_{it}^{(j)}}{P_{it}} \quad i = M, C, I, \quad (8)$$

na podstawie zależności (5) i (7).

Określenie rozkładu wykorzystania zdolności produkcyjnych związanych z poszczególnymi technologiami w obrębie każdego sektora jest problemem złożonym. Najprostsze założenie, to jednakowy stopień wykorzystania zdolności produkcyjnych związanych z poszczególnymi technologiami produkcji. Warto mieć jednak na uwadze, że nie można z góry wykluczyć sytuacji, w której korzystne mogłyby okazać się pełniejsze wykorzystanie technologii uznanych za efektywniejsze a w mniejszym stopniu technologii uznanych za recesywne (ze względu na przyjęte kryterium lub ograniczenie).

Produkcja globalna wytworzona w  $i$  – tym sektorze przy użyciu środków trwałych reprezentujących  $N_i$  technologii jest równa:

$$Q_{it} = \sum_{j=1}^{N_i} Q_{it}^{(j)} \quad i = M, C, I. \quad (9)$$

Część produkcji globalnej jest zużywana w procesie produkcji, zatem produkcja  $Y_{it}$  netto  $i$  – tego sektora wynosi:

$$Y_{it} = \sum_{j=1}^{N_i} Y_{it}^{(j)} = \sum_{j=1}^{N_i} (1 - \gamma_i^{(j)}) Q_{it}^{(j)}, \quad i = M, C, I; \quad (10)$$

gdzie przez  $\gamma_i^{(j)}$  oznaczono współczynnik zużycia własnego w  $j$ -tej technologii stosowanej w  $i$ -tym sektorze, a przez  $Y_{it}^{(j)}$  produkt netto wytworzony w okresie  $t$  w  $i$  – tym sektorze przy użyciu  $j$ -tej technologii.

### Popyt

Podział produktu wytworzonego w poszczególnych sektorach dokonuje się w następujący sposób<sup>1</sup>.

Produkcja  $Q_{Mt}$  sektora  $M$  wytwarzającego dobra stanowiące nakłady pośrednie w sektorach  $M, C$  i  $I$ :

$$Q_{Mt} = \sum_{j=1}^{N_M} \gamma_M^{(j)} Q_{Mt}^{(j)} + \sum_{j=1}^{N_C} \gamma_C^{(j)} Q_{Ct}^{(j)} + \sum_{j=1}^{N_I} \gamma_I^{(j)} Q_{It}^{(j)}, \quad (11)$$

gdzie wyrażenia:

$$\sum_{j=1}^{N_M} \gamma_M^{(j)} Q_{Mt}^{(j)}, \quad \sum_{j=1}^{N_C} \gamma_C^{(j)} Q_{Ct}^{(j)}, \quad \sum_{j=1}^{N_I} \gamma_I^{(j)} Q_{It}^{(j)}.$$

oznaczają wielkości zużycia pośredniego odpowiednio w sektorach:  $M, C$  i  $I$ . Z równania (11) wynika ponadto, że produkt netto w sektorze  $M$  jest równy zużyciu pośredniemu w dwóch pozostałych sektorach.

<sup>1</sup> Ponieważ model ma charakter średnio i długookresowy, kształtowanie się zapasów nie jest rozważane.



Produkcja  $Q_{Ct}$  sektora  $C$  jest równa wydatkom konsumpcyjnym z dochodów wypracowanych w sektorach  $M, C$  i  $I$ :

$$Q_{Ct} = C_{Mt} + C_{Ct} + C_{It} \quad (12)$$

Sektor  $I$  wytwarza dobra inwestycyjne  $Q_{It}$  nabywane przez sektory  $M, C$  i  $I$ :

$$Q_{It} = I_{Mt} + I_{Ct} + I_{It}, \quad (13)$$

przy czym:

$$I_{Mt} = \sum_{j=1}^{N_{Mt}} I_{Mt}^{(j)},$$

$$I_{Ct} = \sum_{j=1}^{N_{Ct}} I_{Ct}^{(j)},$$

$$I_{It} = \sum_{j=1}^{N_{It}} I_{It}^{(j)}.$$

### Podział

W wyniku sprzedaży wytworzonej w sektorze  $i$  produkcji  $Q_{it}$ ,  $i = M, C, I$ , następuje opłata wartości przeniesionej oraz podział na wynagrodzenia i inwestycje:

$$Q_{Mt} = M_{Mt} + C_{Mt} + I_{Mt}, \quad (14)$$

$$Q_{Ct} = M_{Ct} + C_{Ct} + I_{Ct}, \quad (15)$$

$$Q_{It} = M_{It} + C_{It} + I_{It}. \quad (16)$$

gdzie wartość przeniesiona  $M_{it}$ ,  $i = M, C, I$ , jest równa:

$$M_{Mt} = \sum_{j=1}^{N_{Mt}} \gamma_M^{(j)} Q_{Mt}^{(j)},$$

$$M_{Ct} = \sum_{j=1}^{N_{Ct}} \gamma_C^{(j)} Q_{Ct}^{(j)},$$

$$M_{It} = \sum_{j=1}^{N_{It}} \gamma_I^{(j)} Q_{It}^{(j)}.$$

### Inwestycje i kapitał

Nakłady inwestycyjne  $I_{it}$  w sektorze  $i$ ,  $i = M, C$  i  $I$ , w roku  $t$  są sumą nakładów inwestycyjnych w kapitał reprezentujący różne technologie produkcji:

$$I_{it} = \sum_{j=1}^{N_{it}} I_{it}^{(j)}, \quad i = M, C, I; \quad (16)$$

gdzie przez  $I_{it}^{(j)}$  oznaczony został poniesiony w roku  $t$  nakład inwestycyjny w  $i$  – tym sektorze w  $j$  – tą technologią. Zarówno wielkości nakładów inwestycyjnych  $I_{it}$ , jak również ich struktura, tzn. ich rozbitcie na inwestycje w poszczególne technologie są wielkościami decyzyjnymi.

Poniesione w roku  $t$  inwestycje  $I_{it}^{(j)}$  w  $i$  – tym sektorze w  $j$  – tej technologii powiększają zasób kapitału związanego z  $j$  – tą technologią:

$$K_{it+1}^{(j)} = K_{it}^{(j)} + I_{it}^{(j)} - \delta_i^{(j)} K_{it}^{(j)} = (1 - \delta_i^{(j)}) K_{it}^{(j)} + I_{it}^{(j)}; \quad i = M, C, I; j = 1, \dots, N_i, \quad (17)$$

mają zatem wpływ na zdolności produkcyjne w następnym okresie.

### Emisja zanieczyszczeń

Produkcji  $Q_{it}^{(j)}$  uzyskanej przez wykorzystanie kapitału reprezentującego technologię  $j$  – tą w sektorze  $i$  – tym towarzyszy emisja zanieczyszczeń  $E_{it}^{(j)}$  równa:

$$E_{it}^{(j)} = e_i^{(j)} Q_{it}^{(j)}. \quad (18)$$

Zanieczyszczenie  $E_{it}$  wyemitowane przez  $i$  – ty sektor jest równe:

$$E_{it} = \sum_{j=1}^{N_i} E_{it}^{(j)}, \quad i = M, C, I; \quad (19)$$

a emisja całkowita  $E_t$  trzech sektorów jest opisana wzorem:

$$E_t = E_{Mt} + E_{Ct} + E_{It}. \quad (20)$$

Jak wynika z zależności (18), (19) i (20), wielkości emisji na poszczególnych stopniach dezagregacji są liniową funkcją wielkości produkcji (lub kapitału i stopnia wykorzystania zdolności produkcyjnej, wzór (7)). Dynamika emisji zależy również, od zmiany struktury produkcji ze względu na zmiany struktury technologicznej jak i proporcje rozwoju sektorów.

### 3. Wzrost a technologia i struktura produkcji. Elementy statyki porównawczej.

Analiza procesów wzrostu składa się z dwóch części. Celem części pierwszej jest zbadanie wzrostu i struktury gospodarki w warunkach ustalonej technologii w warunkach bez oddziaływania i w warunkach oddziaływania limitu emisji. Analiza ta jest przeprowadzana w sposób analityczny. W części drugiej przeprowadzone zostały obliczenia, których celem było zbadanie procesu wymiany technologii i jej dynamiki w każdym z sektorów.

W części pierwszej badanie jest przeprowadzone w dwóch etapach. W etapie pierwszym rozważania są prowadzone przy założeniu, że postęp techniczny nie występuje, tzn. parametry istniejących technologii nie ulegają zmianom. Rozważania koncentrują się wokół opisu gospodarki dokonującej przejścia od wzrostu o stałej stopie przy wykorzystaniu ustalonej

technologii wytwarzania do gospodarki osiągającej stan równowagi przy zerowej stopie wzrostu z powodu napotkania bariery limitu emisji zanieczyszczeń. Dostosowanie gospodarki do stanu bez wzrostu polega na dokonaniu konwersji technologicznej polegającej na zastąpieniu technologii powodujących wyższe emisje technologiami<sup>2</sup> mniej szkodzącymi środowisku naturalnemu.

W etapie drugim rozważane są alternatywne scenariusze postępu technicznego (ewolucji parametrów dostępnych technologii). Celem podziału analizy na dwa etapy jest odseparowanie zagadnienia wymiany technologii spowodowanego do problemu wyboru wariantu inwestycyjnego od trudnych do prognozowania procesów „czystego” postępu technicznego.

W procesie konwersji średniookresowej wyróżnione są trzy okresy. Okres pierwszy charakteryzuje wzrost bez ograniczeń ze stałą stopą wzrostu oraz ustalonymi optymalnymi technologiami produkcji. Na poziomie pojedynczego sektora oznacza to stosowanie bądź jednej technologii, bądź kilku technologii w ustalonej proporcji. Formalną konsekwencją tego założenia jest możliwość wprowadzenia znacznie uproszczonego zapisu, pozwala bowiem na traktowanie kapitału jako wielkości technologicznie jednorodnej.

Okres drugi, to czas, w którym w ramach jednego sektora współlistnieją technologie wykorzystywane w okresie pierwszym oraz technologie wprowadzone w ramach polityki ograniczenia emisji. Okres drugi charakteryzują zmiany struktur technologicznej kapitału oraz produkcji.

Okres trzeci następuje po okresie drugim i charakteryzuje się ustalonymi nowymi strukturami: technologiczną, kapitału, produkcji, konsumpcji i inwestycji oraz emisji zanieczyszczeń.

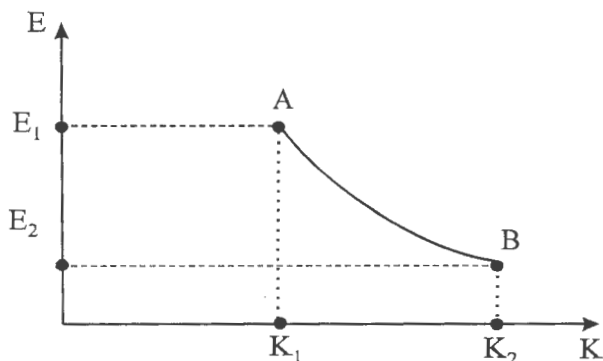
Obniżenie emisji o wielkość  $E_1 - E_2$  wiąże się ze zmianą technologii i w nietrywialnych przypadkach wymaga poniesienia większych nakładów kapitałowych  $K_2 - K_1$ . Prawdliwość te przedstawiono na rys. 1.

W średnim i długim okresie analizy sektor produkuje przy niepełnym stopniu wykorzystania zdolności produkcyjnych. W tym kontekście można mówić o pewnej wartości średniej tego parametru charakteryzującej dany sektor. Dla wzrostu długookresowego można przyjąć założenie o utrzymaniu stałych (niekoniecznie jednakowych) wielkości stopnia wykorzystania zdolności produkcyjnych w poszczególnych sektorach. Z uwagi na

---

<sup>2</sup> Proces konwersji jest kosztowny i dlatego jego zainicjowanie jest wymuszone przez ingerencję władzy gospodarczej w rachunek efektywności inwestycji polegającą na internalizacji kosztów zanieczyszczenia środowiska.

zachowanie równowagi podaży sektorów i popytu na ich produkcję można tu mówić o wzroście zrównoważonym, aczkolwiek bez pełnego wykorzystania czynników produkcji.



Rys. 1. Zmiana technologii z bardziej emisyjnej, punkt A, na mniej emisyjną, punkt B.

Warunkiem na to, aby produkcja sektora wzrastała ze stałą stopą wzrostu równą  $r$  przy stałym stopniu wykorzystania zdolności produkcyjnych  $\lambda_i$ , jest wzrost zasobu kapitału ze stopą wzrostu równą  $r$ .

Dzieląc obie strony równania (17) przez  $K_{it}$  uzyskujemy zależność:

$$\frac{K_{i,t+1}}{K_{it}} = (1 - \delta_i) + \frac{I_{it}}{K_{it}}, \quad i = M, C, I. \quad (21)$$

Ponieważ kapitał wzrasta ze stopą wzrostu równą  $r$ :

$$\frac{K_{i,t+1}}{K_{it}} = 1 + r, \quad i = M, C, I;$$

zatem z zależności (21) po prostym przekształceniu uzyskujemy następującą zależność:

$$I_{it} = (r + \delta_i) K_{it}, \quad i = M, C, I; \quad (22)$$

Uwzględniając równania (3) i (7) zależność (22) można przedstawić w następującej postaci:

$$I_{it} = \frac{(r + \delta_i)}{\lambda_i \alpha_i} Q_{it}, \quad i = M, C, I; \quad (23)$$

która opisuje wielkość inwestycji w  $i$  – tym sektorze jako funkcję wielkości produkcji, stopy wzrostu oraz stopnia wykorzystania zdolności produkcyjnych.

Korzystając z równań (14), (15) i (16) wielkości wydatków konsumpcyjnych poszczególnych sektorów można opisać za pomocą następującego wzoru:

$$C_{it} = Q_{it} - \gamma_i Q_{it} - I_{it} = \left(1 - \gamma_i - \frac{r + \delta_i}{\lambda_i \alpha_i}\right) Q_{it}, \quad i = M, C, I; \quad (24)$$

Zważywszy, że rozważana jest gospodarka w zdefiniowanym wyżej pierwszym okresie, każdy z sektorów posługuje się jedną technologią. Zatem zależność (11) można przedstawić w postaci uproszczonej:

$$Q_{Mt}(1 - \gamma_M) = \gamma_C Q_{Ct} + \gamma_I Q_{It}, \quad (25)$$

a na podstawie wzoru (23) zależność (13) w następującej postaci:

$$Q_{It} = \frac{(r + \delta_M)}{\lambda_M \alpha_M} Q_{Mt} + \frac{(r + \delta_C)}{\lambda_C \alpha_C} Q_{Ct} + \frac{(r + \delta_I)}{\lambda_I \alpha_I} Q_{It}. \quad (26)$$

Podzielenie równań (25) i (26) przez niezerową wielkość  $Q_{Mt}$  oraz uporządkowanie prowadzi do następującego układu równań:

$$1 - \gamma_M = \gamma_C \frac{Q_{Ct}}{Q_{Mt}} + \gamma_I \frac{Q_{It}}{Q_{Mt}},$$

$$\frac{r + \delta_M}{\lambda_M \alpha_M} = \frac{r + \delta_C}{\lambda_C \alpha_C} \frac{Q_{Ct}}{Q_{Mt}} + \left(1 - \frac{r + \delta_I}{\lambda_I \alpha_I}\right) \frac{Q_{It}}{Q_{Mt}} \quad (27)$$

mających rozwiązania:

$$\frac{Q_{It}}{Q_{Mt}} = \frac{\frac{r + \delta_M}{\lambda_M \alpha_M} - \frac{r + \delta_C}{\lambda_C \alpha_C} \frac{1 - \gamma_M}{\gamma_C}}{1 - \frac{r + \delta_I}{\lambda_I \alpha_I} - \frac{r + \delta_C}{\lambda_C \alpha_C}}, \quad (28)$$

$$\frac{Q_{Ct}}{Q_{Mt}} = \frac{1 - \gamma_M}{\gamma_C} - \frac{\gamma_I}{\gamma_C} \frac{\frac{r + \delta_M}{\lambda_M \alpha_M} - \frac{r + \delta_C}{\lambda_C \alpha_C} \frac{1 - \gamma_M}{\gamma_C}}{1 - \frac{r + \delta_I}{\lambda_I \alpha_I} - \frac{r + \delta_C}{\lambda_C \alpha_C}}, \quad (29)$$

gdy spełniony jest warunek:

$$1 - \frac{r + \delta_I}{\lambda_I \alpha_I} - \frac{r + \delta_C}{\lambda_C \alpha_C} \neq 0.$$

Wzory (28) i (29) wskazują, że stopa wzrostu ma wpływ na strukturę kapitału i produkcji. Gdy w gospodarce dochodzi do przejścia od technologii wykorzystywanych w sektorach  $M$ ,  $C$  i  $I$ , odpowiednio  $T_M$ ,  $T_C$  i  $T_I$  na technologie odpowiednio  $T'_M$ ,  $T'_C$  i  $T'_I$  nowe proporcje rozwoju sektorów ustalone są przez odpowiednie rozwiązania (28) i (29) przy nowych parametrach technologicznych i stopie wzrostu  $r'$ :

$$\frac{Q_{II}}{Q_{M1}} = \frac{\frac{r'+\delta'_M}{\lambda'_M \alpha'_M} - \frac{r'+\delta'_C}{\lambda'_C \alpha'_C} \frac{1-\gamma'_M}{\gamma'_C}}{1 - \frac{r'+\delta'_I}{\lambda'_I \alpha'_I} - \frac{r'+\delta'_C}{\lambda'_C \alpha'_C}}, \quad (30)$$

$$\frac{Q_{CI}}{Q_{M1}} = \frac{1-\gamma'_M}{\gamma'_C} \frac{\gamma'_I}{\gamma'_C} \frac{\frac{r'+\delta'_M}{\lambda'_M \alpha'_M} - \frac{r'+\delta'_C}{\lambda'_C \alpha'_C} \frac{1-\gamma'_M}{\gamma'_C}}{1 - \frac{r'+\delta'_I}{\lambda'_I \alpha'_I} - \frac{r'+\delta'_C}{\lambda'_C \alpha'_C}}. \quad (31)$$

pod warunkiem:

$$1 - \frac{r'+\delta'_I}{\lambda'_I \alpha'_I} - \frac{r'+\delta'_C}{\lambda'_C \alpha'_C} \neq 0.$$

Warto zwrócić uwagę na fakt, że w pierwszym okresie wielkość emisji zanieczyszczeń wzrasta ze stopą  $r$ , a w okresie trzecim ze stopą  $r'$ . Można zatem mówić, że w okresach pierwszym i trzecim gospodarkę charakteryzuje wzrost zrównoważony, podczas gdy okres drugi jest czasem przemian strukturalnych.

W szczególnie interesującym przypadku, gdy wielkość produkcji jest ograniczona od góry przez limit emisji, stopa wzrostu przyjmuje wartość zero a rozwiązania (30) i (31) postać:

$$\frac{Q'_I}{Q'_M} = \frac{\frac{\delta'_M}{\lambda'_M \alpha'_M} - \frac{\delta'_C}{\lambda'_C \alpha'_C} \frac{1-\gamma'_M}{\gamma'_C}}{1 - \frac{\delta'_I}{\lambda'_I \alpha'_I} - \frac{\delta'_C}{\lambda'_C \alpha'_C}}, \quad (32)$$

$$\frac{Q'_C}{Q'_M} = \frac{1-\gamma'_M}{\gamma'_C} \frac{\gamma'_I}{\gamma'_C} \frac{\frac{\delta'_M}{\lambda'_M \alpha'_M} - \frac{\delta'_C}{\lambda'_C \alpha'_C} \frac{1-\gamma'_M}{\gamma'_C}}{1 - \frac{\delta'_I}{\lambda'_I \alpha'_I} - \frac{\delta'_C}{\lambda'_C \alpha'_C}}, \quad (33)$$

przy czym gospodarka znajduje się w stanie ustalonym: wielkości kapitału, produkcji, inwestycji, konsumpcji i emisji zanieczyszczeń są stałe. Bezwzględna wielkość emisji  $E'$  w stanie ustalonym powstałym w trzecim okresie jest wyznaczana za pomocą wzoru:

$$\begin{aligned} E' &= \varepsilon'_M Q'_M + \varepsilon'_C Q'_C + \varepsilon'_I Q'_I \\ &= \varepsilon'_M Q'_M + \varepsilon'_C \left( \frac{1-\gamma'_M}{\gamma'_C} \frac{\gamma'_I}{\gamma'_C} \frac{\frac{\delta'_M}{\lambda'_M \alpha'_M} - \frac{\delta'_C}{\lambda'_C \alpha'_C} \frac{1-\gamma'_M}{\gamma'_C}}{1 - \frac{\delta'_I}{\lambda'_I \alpha'_I} - \frac{\delta'_C}{\lambda'_C \alpha'_C}} \right) Q'_M + \varepsilon'_I \frac{\frac{\delta'_M}{\lambda'_M \alpha'_M} - \frac{\delta'_C}{\lambda'_C \alpha'_C} \frac{1-\gamma'_M}{\gamma'_C}}{1 - \frac{\delta'_I}{\lambda'_I \alpha'_I} - \frac{\delta'_C}{\lambda'_C \alpha'_C}} Q'_M \\ &= Q'_M \left[ \varepsilon'_M + \varepsilon'_C \frac{1-\gamma'_M}{\gamma'_C} + \left( \varepsilon'_I - \varepsilon'_C \frac{\gamma'_I}{\gamma'_C} \right) \frac{\frac{\delta'_M}{\lambda'_M \alpha'_M} - \frac{\delta'_C}{\lambda'_C \alpha'_C} \frac{1-\gamma'_M}{\gamma'_C}}{1 - \frac{\delta'_I}{\lambda'_I \alpha'_I} - \frac{\delta'_C}{\lambda'_C \alpha'_C}} \right] \end{aligned} \quad (34)$$

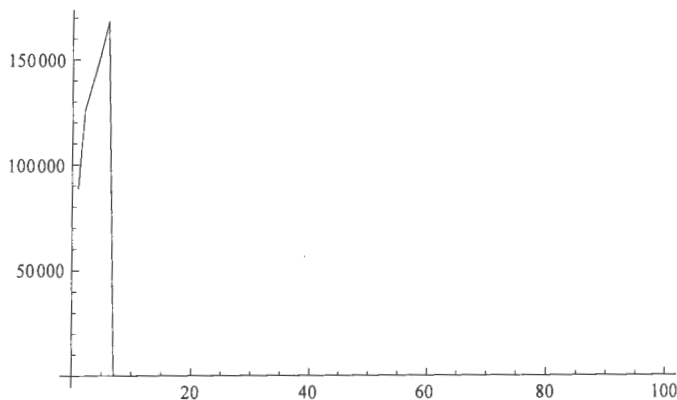
Ze wzoru (34) wynika, że znajomość limitu emisji oraz parametrów technologii  $T_M$ ,  $T_C$  i  $T_I$  pozwala na wyznaczenie wielkości produkcji  $Q'_M$  sektora  $M$ , a co za tym idzie również  $Q'_C$  i  $Q'_I$ , produkcji odpowiednio sektorów  $C$  i  $I$ :

$$Q'_M = \frac{E'}{\varepsilon'_M + \varepsilon'_C \frac{1 - \gamma'_M}{\gamma'_C} + \left( \varepsilon'_I - \varepsilon'_C \frac{\gamma'_I}{\gamma'_C} \right) \frac{\frac{\delta'_M}{\lambda'_M \alpha'_M} \frac{\delta'_C}{\lambda'_C \alpha'_C} \frac{1 - \gamma'_M}{\gamma'_C}}{1 - \frac{\delta'_I}{\lambda'_I \alpha'_I} \frac{\delta'_C}{\lambda'_C \alpha'_C}}}. \quad (35)$$

#### 4. Wzrost a technologia i struktura produkcji. Model średniookresowy.

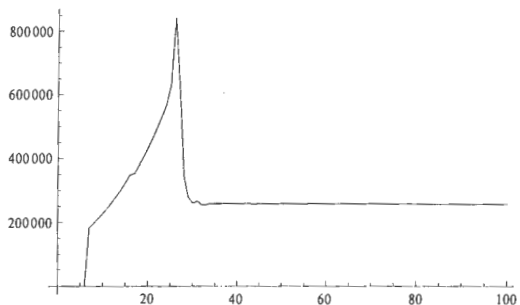
Zastosowana w przedstawionej wyżej analizie metoda statyki porównawczej nie pozwala na zbadanie czasu trwania procesu wymiany technologii. Na pytanie o czas pomagają do pewnego stopnia odpowiedzieć wyniki obliczeń dla przedstawionego wyżej modelu, przy dodatkowym założeniu, że maksymalizowaną funkcją celu jest zdyskontowana wielkość konsumpcji w nieskończonym horyzoncie.

Obliczenia przeprowadzono w kilku wariantach. Celem była odpowiedź na pytanie o przebieg procesu restrukturyzacji w poszczególnych sektorach jak również o wpływ swobody alokacji międzysektorowej na przebieg tego procesu.



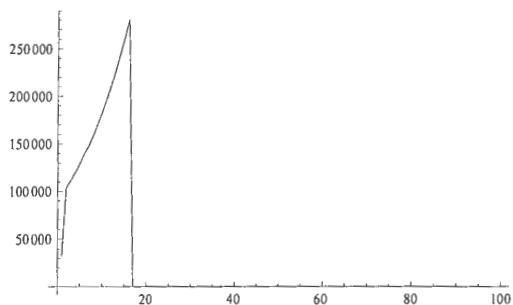
Źródło: obliczenia własne.

rys. 1. Inwestycje w technologię  $I$  w sektorze  $M$  w milionach PLN (ceny stałe 2005 r.).



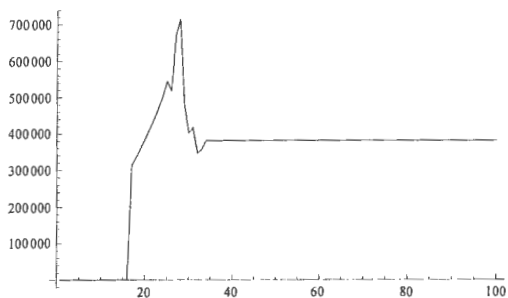
Źródło: obliczenia własne.

rys. 2. Inwestycje w technologię 2 w sektorze *M* w milionach PLN (ceny stałe 2005 r.).



Źródło: obliczenia własne.

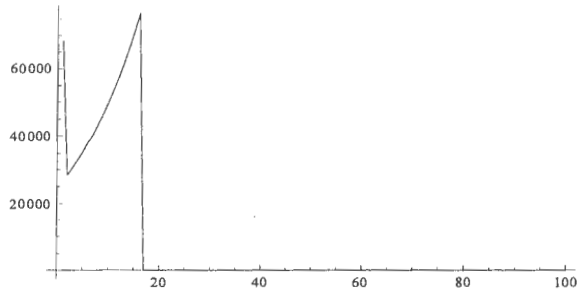
rys. 3. Inwestycje w technologię 1 w sektorze *C* w milionach PLN (ceny stałe 2005 r.).



Źródło: obliczenia własne.

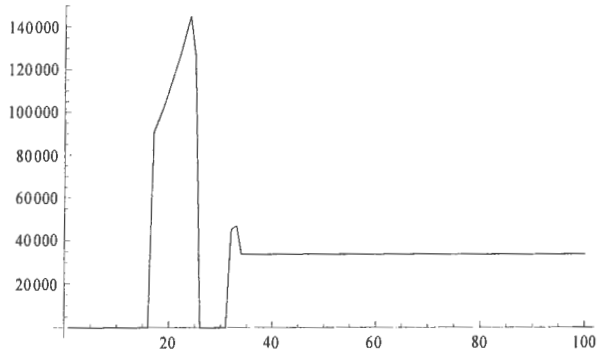
rys. 4. Inwestycje w technologię 2 w sektorze *C* w milionach PLN (ceny stałe 2005 r.).





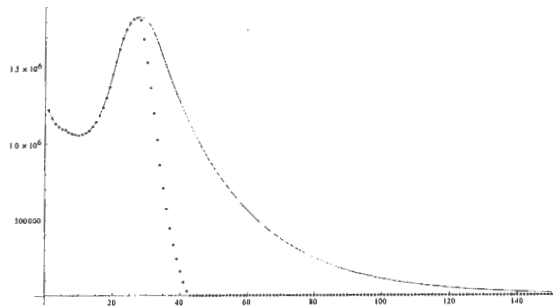
Źródło: obliczenia własne.

rys. 5. Inwestycje w technologię 1 w sektorze I w milionach PLN (ceny stałe 2005 r.).



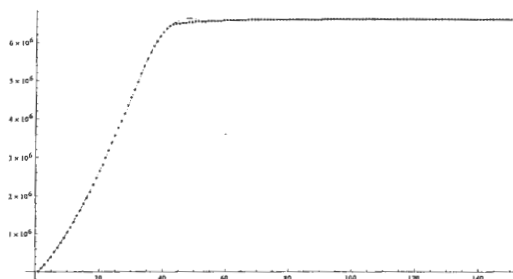
Źródło: obliczenia własne.

rys. 6. Inwestycje w technologię 2 w sektorze I w milionach PLN (ceny stałe 2005 r.).



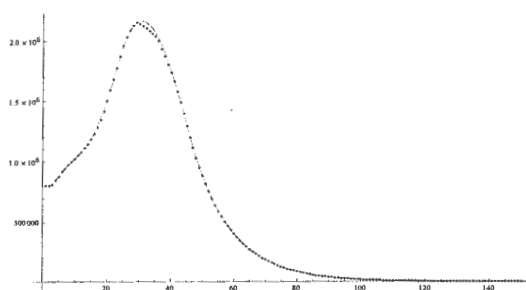
Źródło: obliczenia własne.

rys. 7. Relatywne wykorzystanie zdolności produkcyjnych w technologii 1 w sektorze M w milionach PLN (ceny stałe 2005 r.). Linia ciągła - przeciętny poziom zdolności produkcyjnych, linia kropkowana - wykorzystanie zdolności produkcyjnych



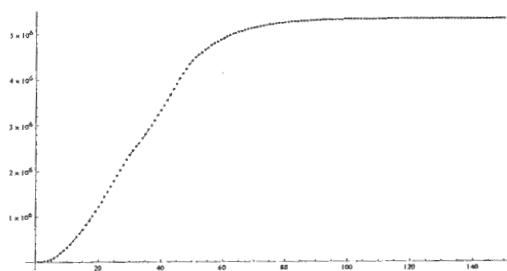
Źródło: obliczenia własne.

rys. 8. Relatywne wykorzystanie zdolności produkcyjnych w technologii 2 w sektorze *M* w milionach PLN (ceny stałe 2005 r.). Linia ciągła - przeciętny poziom zdolności produkcyjnych, linia kropkowana – wykorzystanie zdolności produkcyjnych



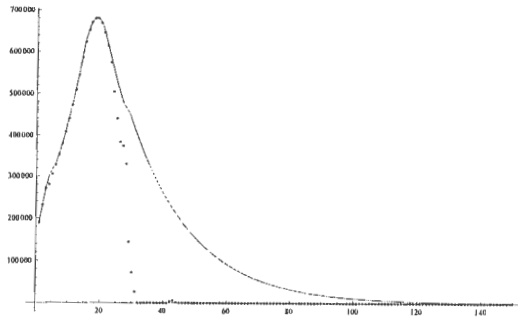
Źródło: obliczenia własne.

rys. 9. Relatywne wykorzystanie zdolności produkcyjnych w technologii 1 w sektorze *C* w milionach PLN (ceny stałe 2005 r.). Linia ciągła - przeciętny poziom zdolności produkcyjnych, linia kropkowana – wykorzystanie zdolności produkcyjnych



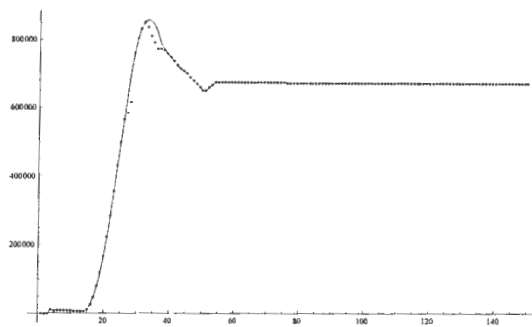
Źródło: obliczenia własne.

rys. 10. Relatywne wykorzystanie zdolności produkcyjnych w technologii 2 w sektorze *C* w milionach PLN (ceny stałe 2005 r.). Linia ciągła - przeciętny poziom zdolności produkcyjnych, linia kropkowana – wykorzystanie zdolności produkcyjnych



Źródło: obliczenia własne.

rys. 11. Relatywne wykorzystanie zdolności produkcyjnych w technologii *I* w sektorze *I* w milionach PLN (ceny stałe 2005 r.). Linia ciągła - przeciętny poziom zdolności produkcyjnych, linia kropkowana – wykorzystanie zdolności produkcyjnych



Źródło: obliczenia własne.

rys. 12. Relatywne wykorzystanie zdolności produkcyjnych w technologii *2* w sektorze *I* w milionach PLN (ceny stałe 2005 r.). Linia ciągła - przeciętny poziom zdolności produkcyjnych, linia kropkowana – wykorzystanie zdolności produkcyjnych

Na rys. 1 przedstawiono nakłady inwestycyjne w technologii pierwszej w sektorze *M*, a na rys. 2 nakłady inwestycyjne w technologii drugiej w sektorze *M*. Technologia druga pojawia się po sześciu latach, co znaczy, że w pierwszym okresie całość środków w sektorze *M* była przez pięć pierwszych lat inwestowana w technologię pierwszą, a całkowite zastąpienie jej przez technologię drugą nastąpiło w szóstym roku. Okres bardzo wysokiej dynamiki inwestowania w tę technologię trwa do 26 roku okresu symulacji, po czym szybko stabilizuje się (zmniejsza się) na poziomie stanu ustalonego.

Na rys. 3 przedstawiono nakłady inwestycyjne w technologii pierwszej w sektorze *C*, a na rys. 4 nakłady inwestycyjne w technologii drugiej w sektorze *C*. Podobnie jak w sektorze *M*, technologia druga pojawia się z pewnym opóźnieniem (po szesnastu latach); w pierwszym okresie całość środków w sektorze *C* była przez szesnaście pierwszych lat inwestowana w technologię pierwszą, a całkowite zastąpienie jej przez technologię drugą nastąpiło w roku szesnastym. Okres bardzo wysokiej dynamiki inwestowania w tę technologię trwa do 34 roku okresu symulacji, po czym szybko stabilizuje się (zmniejsza się) na poziomie stanu ustalonego.

Na rys. 5 przedstawiono nakłady inwestycyjne w technologii pierwszej w sektorze *I*, a na rys. 6 nakłady inwestycyjne w technologii drugiej w sektorze *I*. Podobnie jak w sektorach *M* i *C*, technologia druga pojawia się z pewnym opóźnieniem (po szesnastu latach); w pierwszym okresie całość środków w sektorze *I* była przez szesnaście pierwszych lat inwestowana w technologię pierwszą, a całkowite zastąpienie jej przez technologię drugą nastąpiło w roku szesnastym. Okres bardzo wysokiej dynamiki inwestowania w tę technologię trwa do 34 roku okresu symulacji, po czym szybko stabilizuje się (zmniejsza się) na poziomie stanu ustalonego.

Najszybciej inwestowanie w nowe technologie rozpoczyna sektor *M*, jednakże wybór nowej technologii nie następuje natychmiast. Podobnie jest w pozostałych trzech sektorach. Wynik ten różni się od wyników uzyskanych z symulacji modeli jednosektorowych, Gadowski, Nahorski(2007, 2008), w których wymiana technologii następuje w pełni i natychmiast.

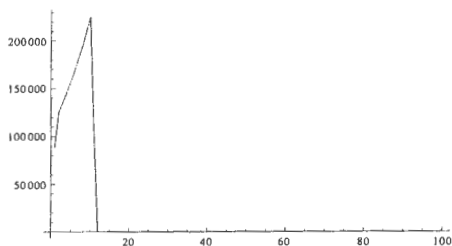
Efektywność produkcji w sektorach kształtuje się w bardzo zróżnicowany sposób. Jak wynika z rys. 7, zdolności produkcyjne technologii *I* w sektorze *M*, są w pełni wykorzystywane przez pierwszych trzydzieści lat, po czym następuje rezygnacja z tej technologii, w ciągu następnych dziesięciu lat wykorzystanie tych zdolności produkcyjnych spada do zera. Technologia 2, rys. 8, w tym sektorze jest w pełni wykorzystywana w całym okresie. Oznacza to, że duża część zainwestowanego kapitału pozostaje nieczynna.

W sektorze *C* zdolności produkcyjne obu technologii są w pełni wykorzystywane w całym okresie, rys. 9 i 10.

Przedstawione na rys. 11 i rys. 12 wykorzystanie zdolności produkcyjnych obu technologii w sektorze *I* ma podobny charakter do odpowiednich wielkości w sektorze *M*.

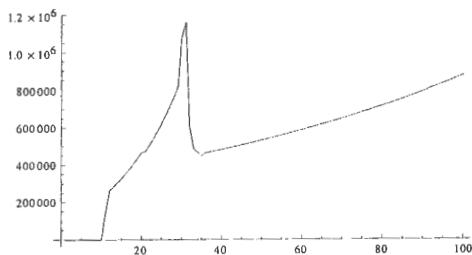
5. Wzrost a technologia i struktura produkcji. Model długookresowy.

W analizie wzrostu długookresowego przyjęto proste założenie dotyczące kształtowania się współczynników emisyjności we wszystkich sektorach i stosowanych przez nie technologiach, że emisja jednostkowa zmniejsza się co okres o 1%. Wielkości inwestycji w pierwszej i drugiej technologii odpowiednio w sektorach *M*, *C* i *I* przedstawiono na rys. 13, rys. 14, rys. 15, rys. 16, rys. 17, rys. 18.



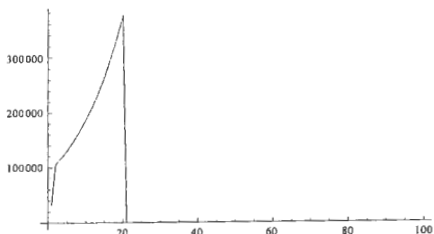
Źródło: obliczenia własne.

rys. 13. Model długookresowy. Inwestycje w technologię *I* w sektorze *M*, miliony PLN (ceny stałe 2005 r.).



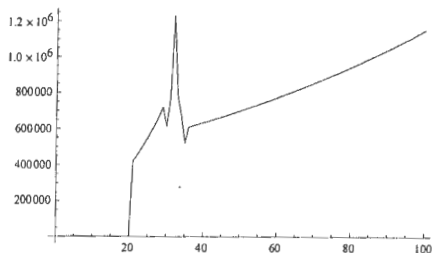
Źródło: obliczenia własne.

rys. 14. Model długookresowy. Inwestycje w technologię *2* w sektorze *M*, miliony PLN (ceny stałe 2005 r.).



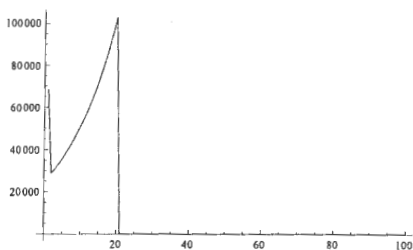
Źródło: obliczenia własne.

rys. 15. Model długookresowy. Inwestycje w technologię *I* w sektorze *C*, miliony PLN (ceny stałe 2005 r.).



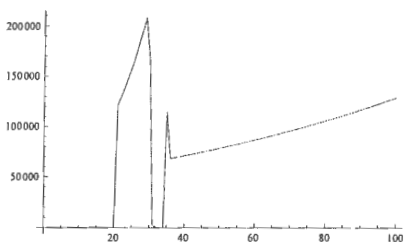
Źródło: obliczenia własne.

rys. 16. Model długookresowy. Inwestycje w technologię 2 w sektorze C, miliony PLN (ceny stałe 2005 r.).



Źródło: obliczenia własne.

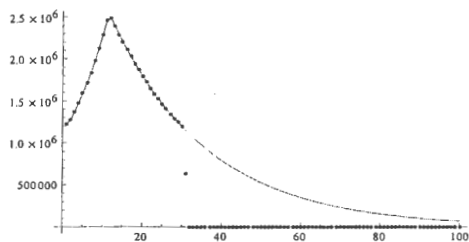
rys. 17. Model długookresowy. Inwestycje w technologię 1 w sektorze I, miliony PLN (ceny stałe 2005 r.).



Źródło: obliczenia własne.

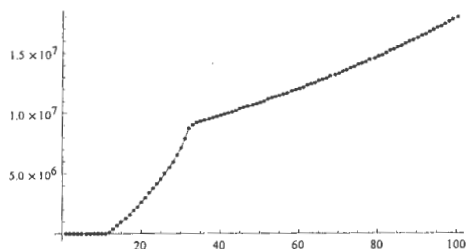
rys. 18. Model długookresowy. Inwestycje w technologię 2 w sektorze I, miliony PLN (ceny stałe 2005 r.).

Nakłady inwestycyjne w modelu długookresowym zachowują się podobnie do tych z modelu średniookresowego. Pierwsza technologia nie jest zarzucana natychmiast, lecz jest wykorzystana do przyspieszonego budowania nowej struktury. Druga technologia zastępuje w pełni pierwszą po zakończeniu pierwszego okresu. Wykorzystanie zdolności produkcyjnych w obu technologiach i trzech sektorach przedstawiają poniższe wykresy.



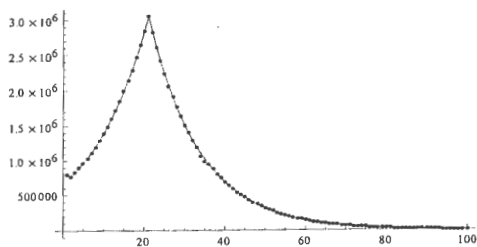
Źródło: obliczenia własne.

rys. 19. Model długookresowy. Relatywne wykorzystanie zdolności produkcyjnych w technologii 1 w sektorze M w milionach PLN (ceny stałe 2005 r.). Linia ciągła - przeciętny poziom zdolności produkcyjnych, linia kropkowana – wykorzystanie zdolności produkcyjnych.



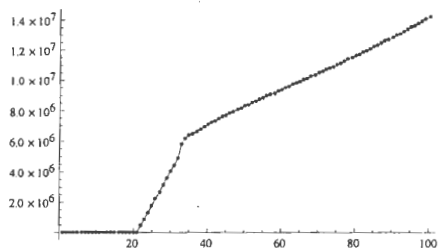
Źródło: obliczenia własne.

rys. 20. Model długookresowy. Relatywne wykorzystanie zdolności produkcyjnych w technologii 2 w sektorze M w milionach PLN (ceny stałe 2005 r.). Linia ciągła - przeciętny poziom zdolności produkcyjnych, linia kropkowana – wykorzystanie zdolności produkcyjnych.



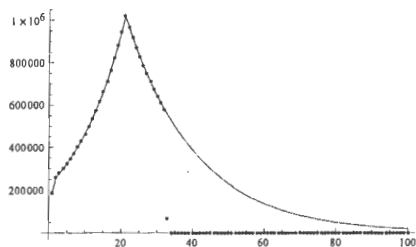
Źródło: obliczenia własne.

rys. 21. Model długookresowy. Relatywne wykorzystanie zdolności produkcyjnych w technologii 1 w sektorze C w milionach PLN (ceny stałe 2005 r.). Linia ciągła - przeciętny poziom zdolności produkcyjnych, linia kropkowana – wykorzystanie zdolności produkcyjnych.



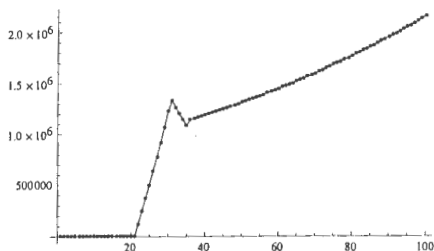
Źródło: obliczenia własne.

rys. 22. Model długookresowy. Relatywne wykorzystanie zdolności produkcyjnych w technologii 2 w sektorze C w milionach PLN (ceny stałe 2005 r.). Linia ciągła - przeciętny poziom zdolności produkcyjnych, linia kropkowana – wykorzystanie zdolności produkcyjnych.



Źródło: obliczenia własne.

rys. 23. Model długookresowy. Relatywne wykorzystanie zdolności produkcyjnych w technologii 1 w sektorze I w milionach PLN (ceny stałe 2005 r.). Linia ciągła - przeciętny poziom zdolności produkcyjnych, linia kropkowana – wykorzystanie zdolności produkcyjnych.



Źródło: obliczenia własne.

rys. 24. Model długookresowy. Relatywne wykorzystanie zdolności produkcyjnych w technologii 2 w sektorze I w milionach PLN (ceny stałe 2005 r.). Linia ciągła - przeciętny poziom zdolności produkcyjnych, linia kropkowana – wykorzystanie zdolności produkcyjnych.



## 6. Wnioski

Na podstawie uzyskanych wyników można sformułować następujące wnioski. Podstawowym warunkiem sensownego przebiegu procesu konwersji technologicznej jest utrzymanie stopy inwestycji na społecznie znośnym poziomie. Wielkość ta jest podstawowym czynnikiem kształtującym stopę inwestycji; w początkowym okresie symulacji założona maksymalna stopa inwestycji jest ograniczeniem aktywnym.

Zjawiskiem paradoksalnym, jak się wydaje, jest dynamiczne tworzenie zdolności produkcyjnych w technologii pierwszej we wszystkich trzech sektorach w pierwszej fazie procesu konwersji, a następnie zaprzestanie wykorzystywania tej technologii w fazie trzeciej tego procesu, mimo znacznego rozmiaru kapitału związanego z tą technologią.

Zbadano wpływ swobody alokacji nakładów inwestycyjnych na sprawność procesu konwersji. Z porównania przebiegów symulacji z założoną pełną swobodą alokacji międzysektorowej i symulacji dopuszczającej tylko wewnątrzsektorowe wykorzystanie środków inwestycyjnych wynika, że ograniczenie to ma bardzo mały wpływ na czas trwania wymiany technologii; wynik ten wymaga weryfikacji.

## Literatura

Allen, R. G. D.: *Teoria makroekonomiczna, ujęcie matematyczne*, PWN, Warszawa 1975.

Gadomski J., Nahorski Z. (2007a), Emission limits and technology change in a small economy, Welfe W. , Wdowiński P. (red.): *Modelling economies in transition 2006*, AMFET.

Gadomski J., Nahorski Z. (2007b), Impact of the pollution emission limits on technological structure of production. A modelling approach; w: Hryniewicz O., Studziński J., Romaniuk (red.) *M.:Environmental informatics and systems research*. Vol. 1: Plenary and session papers - EnviroInfo 2007, Shaker Verlag, IBS PAN.

Gadomski J., Nahorski Z. (2007c): The Kyoto protocol induced technological change, w: Gnauck A. (red.): *Modellierung und simulation von oekosystemen*, Shaker Verlag, 2007.

Gadomski J., Nahorski Z. (2008): Change Of Production Technology As An Effect Of Policy Of Limiting GHG Emission. A Modelling Approach. ECOMOD CONFERENCE 2008 BERLIN, [http://www.ecomod.net/conferences/ecomod2008/ecomod2008\\_papers.htm](http://www.ecomod.net/conferences/ecomod2008/ecomod2008_papers.htm).

Gadomski J. (2008): Wykorzystanie trójsektorowego modelu wzrostu do analizy wpływu ograniczenia emisji ghg na wybór technologii produkcji, IBS PAN, WARSZAWA 2008, raport badawczy RB/46/2008.

Gadomski, Woroniecka et al. (1998), *A Dynamic Model of Polish Economy in Transition*, pod redakcją J. W. Owińskiego, Polish Operational and Systems Research Society, Warszawa.

Lange O., *Wstęp do ekonometrii*, wyd. drugie rozszerzone, PWN, Warszawa 1961r.



and the information science community. The authors of this paper are not aware of any other studies that have examined the information science community's perceptions of the Internet. The purpose of this study was to explore the information science community's perceptions of the Internet.

The study was conducted in two phases. In the first phase, a survey was conducted to determine the information science community's perceptions of the Internet. The survey was distributed to 100 information science professionals in the United States. The survey results showed that the information science community generally has a positive perception of the Internet. The most commonly cited benefits of the Internet were that it provides access to information, it is convenient, and it is easy to use. The most commonly cited drawbacks of the Internet were that it is not always accurate, it is not always secure, and it is not always reliable. In the second phase, a focus group was conducted to explore the information science community's perceptions of the Internet in more detail. The focus group was conducted with six information science professionals. The focus group results showed that the information science community generally has a positive perception of the Internet. The most commonly cited benefits of the Internet were that it provides access to information, it is convenient, and it is easy to use. The most commonly cited drawbacks of the Internet were that it is not always accurate, it is not always secure, and it is not always reliable.

The study has several limitations. First, the survey was only distributed to information science professionals in the United States. This may limit the generalizability of the study's findings. Second, the survey was only conducted once. This may limit the reliability of the study's findings. Third, the focus group was only conducted with six information science professionals. This may limit the representativeness of the study's findings. Despite these limitations, the study provides valuable insights into the information science community's perceptions of the Internet. The study's findings suggest that the information science community generally has a positive perception of the Internet. The most commonly cited benefits of the Internet were that it provides access to information, it is convenient, and it is easy to use. The most commonly cited drawbacks of the Internet were that it is not always accurate, it is not always secure, and it is not always reliable.

The study's findings have several implications for the information science community. First, the information science community should continue to explore the benefits of the Internet. Second, the information science community should continue to address the drawbacks of the Internet. Third, the information science community should continue to educate the public about the Internet.

The study's findings also have several implications for the Internet. First, the Internet should continue to be developed. Second, the Internet should continue to be secured. Third, the Internet should continue to be made more reliable.

The study's findings also have several implications for the future. First, the information science community should continue to explore the benefits of the Internet. Second, the information science community should continue to address the drawbacks of the Internet. Third, the information science community should continue to educate the public about the Internet.

The study's findings also have several implications for the future. First, the Internet should continue to be developed. Second, the Internet should continue to be secured. Third, the Internet should continue to be made more reliable.