

Przemysław KASZYŃSKI*, Jacek KAMIŃSKI**, Tomasz MIROWSKI***

Propozycja implementacji modelu sektora transportowego dla warunków Polski

STRESZCZENIE. Prognozy rozwoju sektora transportowego do 2030 roku przedstawione w opracowanej przez Ministerstwo Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej „Strategii rozwoju transportu do 2020 roku (z perspektywą do 2030 roku)” (2013) wskazują, że zapotrzebowanie na przewozy towarów wzrośnie o około 54 do 66% (minimalny i maksymalny), a popyt na przewóz osób wzrośnie o około 40 do 58%. Istotnym problemem związanym z ciągłym rozwojem sektora transportowego jest właściwa ocena efektywności poszczególnych instrumentów regulacji i polityk wdrażanych przez państwa w sektorze transportu, które bezpośrednio wpływają na poziom zapotrzebowania na paliwa i energię oraz emisję zanieczyszczeń atmosferycznych i gazów cieplarnianych. Rozwój sektora transportowego, w tak nakreślonym kontekście, stanowi jeden z głównych obszarów zainteresowań światowych centrów naukowo-badawczych. Ponieważ sektor transportu oraz relacje występujące zarówno w tym sektorze jak i w połączeniu z innymi sektorami są zbyt złożone, aby badania tego typu mogły być prowadzone jedynie metodami jakościowymi, konieczne jest zastosowanie odpowiednich narzędzi, które pozwolą także na ocenę ilościową opisywanych zjawisk. W Polsce nie prowadzono jak dotąd badań rozwoju sektora transportowego, w odniesieniu do popytu na paliwa i energię oraz emisji zanieczyszczeń, z wykorzystaniem zaawansowanych modeli matematycznych, uwzględniając specyficzne warunki krajowe. Celem artykułu jest zatem przedstawienie założeń dla implementacji jednego z kluczowych modeli tego typu dla specyficznych warunków Polski. W artykule przedstawiono podstawy

* Mgr inż. – asystent, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków; e-mail: kaszynski@meeri.pl

** Dr hab. inż., *** Dr inż. – adiunkt, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Energetyki i Paliw, Katedra Zrównoważonego Rozwoju Energetycznego, Kraków; e-mail: kamjacek@agh.edu.pl, mirowski@agh.edu.pl

metodyczne konstrukcji modelu oraz uwarunkowania jego implementacji dla aktualnych warunków krajowych.

SŁOWA KLUCZOWE: modelowanie sektora transportu, emisje, zużycie paliw

Wprowadzenie

Transport jest jedną z kluczowych dziedzin życia, zarówno w skali jednostki, jak i całego społeczeństwa. Podróże do pracy, czy transport towarów są źródłem emisji wielu zanieczyszczeń (tlenki azotu, tlenki siarki, cząstki stałe i in.), w tym gazów cieplarnianych (dwutlenek węgla, metan). W Polsce transport zużywa 736 PJ energii końcowej (2010 r.), co stanowi 27% całkowitej konsumpcji i jest drugim co do wielkości konsumpcji sektorem, zaraz po sektorze gospodarstw domowych (tab. 1). W ciągu ostatnich 20 lat (1990–2010) wielkość zużycia energii finalnej utrzymywała się w miarę na stabilnym poziomie około 2300–2800 PJ rocznie. Podobnie stabilna sytuacja charakteryzowała sektor gospodarstw domowych oraz rolnictwo. Zużycie energii końcowej w przemyśle spadło w tym czasie o około 40%, natomiast w transporcie nastąpił ponad dwukrotny wzrost zużycia. Pokazuje to jak istotne znaczenie ma ten sektor w bilansie energetycznym kraju oraz w jakim stopniu może oddziaływać na inne obszary, w tym na emisję zanieczyszczeń i gazów cieplarnianych. Wielkość emisji zanieczyszczeń powietrza dla 2010 roku została zaprezentowana w tabeli 2. Największe znaczenie w kontekście sektora transportu drogowego mają emisje tlenków azotu oraz pyłów. Wielkość emisji tych pierwszych jest prawie taka sama jak emisji pochodzących ze spalania paliw w sektorze produkcji i transformacji energii, co stanowi około 30% całkowitej emisji tych zanieczyszczeń. Sektor transportu drogowego odpowiada też za emisję około 18% pyłów w Polsce, co jest drugim największym udziałem w całkowitej emisji pyłów, po sektorze gospodarstw domowych. Niska emisja jest dużym problemem, uciążliwym zwłaszcza dla mieszkańców, a sektor transportu ma istotny wpływ na jej wielkość.

Sektor transportu przyczynia się również w dużym stopniu do emisji gazów cieplarnianych. W latach 1990–2010 wielkość emisji wyrażona ekwiwalentem CO₂ z tego sektora wzrosła ponad dwukrotnie, osiągając poziom 48 mln ton (rys. 1). W tym samym czasie całkowite emisje gazów cieplarnianych spadły o ponad 12%.

Prognozy rozwoju sektora transportowego do 2030 roku przedstawione w opracowanej przez Ministerstwo Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej „Strategii rozwoju transportu do 2020 roku (z perspektywą do 2030 roku)” (2013) wskazują, że zapotrzebowanie na przewozy towarów wzrośnie o około 54 do 66% (odpowiednio wariant minimalny i maksymalny). W tym samym czasie prognozuje się, że popyt na przewóz osób wzrośnie o około 40 do 58% (wariant minimalny i maksymalny). Przedstawione prognozy pokazują, że sektor transportu będzie się ciągle rozwijał, wzrastać będą zużycie nośników energii oraz presja środowiskowa związana z emisjami. W celu kontroli oraz regulacji

TABELA 1. Zużycie energii końcowej w Polsce [PJ]

TABLE 1. Final energy consumption in Poland [PJ]

Wyszczególnienie	Lata								
	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	[PJ]								
Całkowite zużycie energii końcowej	2 506	2 630	2 327	2 437	2 544	2 581	2 605	2 561	2 777
Przemysł	1 062	964	795	695	713	746	685	615	644
Transport w tym:	308	343	410	521	579	635	683	693	736
Transport drogowy	250	302	372	476	529	585	628	645	690
Pozostałe sektory w tym:	1 136	1 246	1 271	1 430	1 352	1 323	1 366	1 312	1 210
Gospodarstwa domowe	747	857	873	1 022	967	949	964	909	818
Rolnictwo	142	200	193	185	159	146	152	147	158

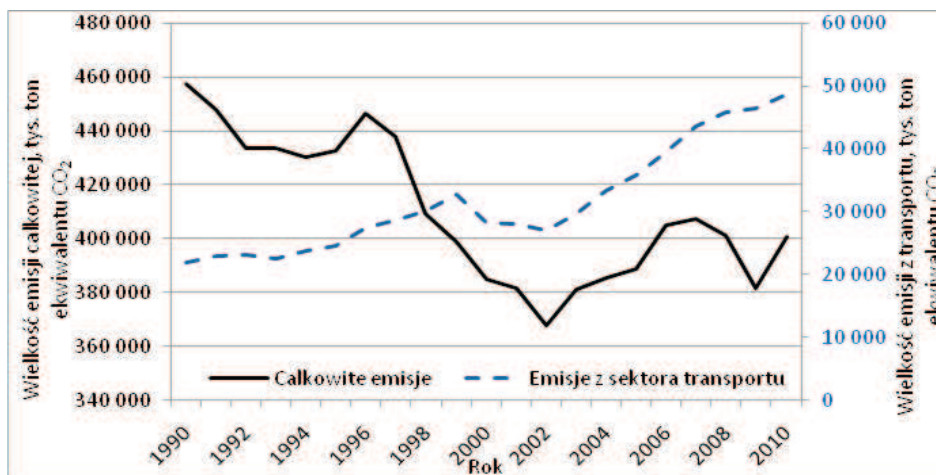
Źródło: Eurostat

TABELA 2. Emisje zanieczyszczeń powietrza w Polsce w 2010 r. [tys. ton]

TABLE 2. Atmospheric emissions in Poland in 2010 [thousand tonnes]

Wyszczególnienie	Dwutlenek siarki	Tlenki azotu	Tlenek węgla	Niemetanowe lotne związki organiczne	Pyły
	[tys. ton]				
Ogółem	973,6	866,8	3 075,8	661,9	445,3
Procesy spalania w sektorze produkcji i transformacji energii	509,9	287,3	60,9	18,3	42,9
Procesy spalania w przemyśle	188,5	97,2	210,7	7,1	21,3
Procesy spalania poza przemysłem w tym:	269,0	100,3	1 952,5	124,6	206,6
Gospodarstwa domowe	206,1	69,8	1 637,4	103,9	168,2
Rolnictwo, leśnictwo i inne	35,9	9,8	296,7	19,0	30,5
Transport drogowy	1,3	272,7	688,3	159,6	80,2
Pozostałe	5,0	109,3	163,4	352,3	94,3

Źródło: GUS, Ochrona Środowiska 2012



Rys. 1. Wielkość emisji gazów cieplarnianych w Polsce, tys. ton ekwiwalentu CO₂
 Źródło: Eurostat

Fig. 1. Greenhouse gas emissions in Poland, thousand tonnes of CO₂ equivalent

sektorów o kluczowym znaczeniu dla gospodarki danego państwa, organa rządowe stosują różnego typu instrumenty ekonomiczne (Łucki 2010). W przypadku sektora transportowego mogą to być: podatki nakładane na paliwa różnego rodzaju, opłaty za użytkowanie dróg, podatki pobierane przy zakupie i użytkowaniu pojazdów, subsydiowanie biopaliw, czy zakup ekologicznych pojazdów. Wprowadzenie lub zmiana np. podatku ekologicznego na paliwa może doprowadzić do wzrostu cen, a w dłuższej perspektywie do zmiany struktury użytkowania paliw (Kudęłko, Suwała 1998).

W świetle przedstawionych powyżej informacji, rysuje się problem oceny efektywności poszczególnych instrumentów regulacji i polityk wdrażanych przez państwa w sektorze transportu. Rozwój sektora transportowego, w kontekście zapotrzebowania na paliwa i energię oraz emisje, stanowi jeden z głównych obszarów zainteresowań światowych centrów naukowo-badawczych. Ponieważ sektor transportu oraz relacje występujące zarówno w tym sektorze, jak i w połączeniu z innymi sektorami są zbyt złożone, aby badania tego typu mogły być prowadzone jedynie metodami jakościowymi, konieczne jest zastosowanie odpowiednich narzędzi, które pozwolą także na ocenę ilościową opisywanych zjawisk. Biorąc pod uwagę powyższe przesłanki, jednostki naukowo-badawcze opracowały do tej pory narzędzia wykorzystujące modele matematyczne, które można wykorzystać do ilościowej analizy funkcjonowania sektora transportowego. Jednym z takich narzędzi jest model REMOVE, który był rozwijany w projektach finansowanych przez Komisję Europejską (European Commission 2000; TML 2007a; JRC-IPTS 2008; LAT/AUTH 2008). REMOVE jest modelem służącym do oceny efektów polityk transportowych i ekologicznych w zakresie redukcji emisji zanieczyszczeń emitowanych przez sektor transportowy. W tym celu obliczane są w modelu takie wielkości jak: zapotrzebowanie na różne rodzaje transportu, zmiany struktury tych potrzeb, wielkości i zmiany we flocie różnego typu pojazdów, emisje do atmosfery, zużycie paliw, a także poziom dobrobytu. W związku

z powyższym, model można zastosować do analiz ilościowych, głównie w obszarze oceny instrumentów środowiskowych i ekonomicznych stosowanych w sektorze transportowym, tj. opłaty za korzystanie z dróg, taryfy w transporcie publicznym, standardy emisyjne dla pojazdów, dotacje na zakup ekologicznych samochodów itp.

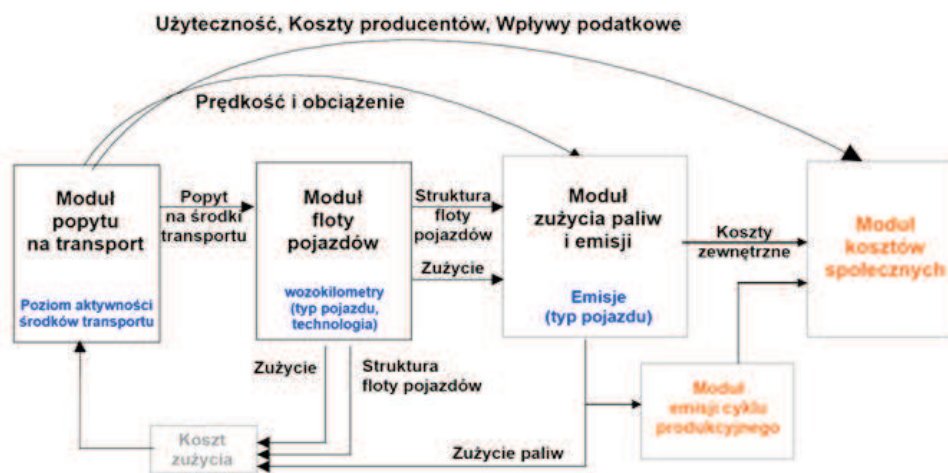
W Polsce nie prowadzono jak dotąd badań rozwoju sektora transportowego, w kontekście popytu na paliwa i energię oraz emisji zanieczyszczeń, z wykorzystaniem zaawansowanych modeli matematycznych, uwzględniając specyficzne warunki krajowe. Biorąc pod uwagę charakterystykę polskiego sektora transportowego oraz możliwości aplikacyjne modelu TREMOVE, wydaje się, że jest on właściwy do prowadzenia tego typu badań. Pewnym potwierdzeniem słuszności tej hipotezy może być fakt, że w 2011 roku Bank Światowy zastosował model TREMOVE Plus (będący zmodyfikowaną wersją modelu TREMOVE) do analiz wielkości emisji z polskiego sektora transportu w przygotowanym przez siebie raporcie *Transition to a low-emissions economy in Poland* (World Bank 2011). Badania te (w części poświęconej sektorowi transportu) zostały wykonane przez Bank Światowy we współpracy z ECORYS Rotterdam. Wydaje się być zasadne, aby model tego typu był rozwijany przez krajowe ośrodki, co pozwoli na dokładniejsze odzwierciedlenie w nim specyfiki krajowego sektora transportowego.

1. Opis i struktura modelu TREMOVE

Pierwsza wersja modelu została stworzona w roku 1997 przez K. U. Leuven oraz Standard and Poor's DRI, obejmowała dziewięć państw europejskich i dotyczyła tylko transportu drogowego. Jej głównym zastosowaniem było analityczne wsparcie unijnego programu AUTO-OIL II, którego celem była ocena przyszłych trendów dotyczących emisji i zanieczyszczeń powietrza oraz stworzenie jednolitych ram integrujących działania różnego rodzaju polityk i instrumentów ekonomicznych zmierzających do redukcji emisji. W kolejnych latach model był stale rozwijany i rozbudowywany głównie przez K.U. Leuven oraz Transport & Mobility Leuven. Model TREMOVE pozwala na prowadzenie analiz ekonomiczno-środowiskowych różnych polityk i instrumentów zmierzających do redukcji emisji zanieczyszczeń do atmosfery pochodzących z większości środków transportu występujących w Europie. Ponadto możliwe jest obliczenie wielkości emisji zanieczyszczeń i gazów cieplarnianych pochodzących z sektora transportu, w zależności od przyjętych regulacji prawnych i środowiskowych, a także prognozowanie zapotrzebowania na paliwa i energię w sektorze transportowym (głównie transport samochodowy) (TML 2007a; TML 2007b).

Model TREMOVE jest zintegrowanym modelem symulacyjnym, który zawiera 31 modeli krajowych. Dla każdego z tych państw zaimplementowano wszystkie typy transportu lądowego, jak również dodano model transportu morskiego. Struktura każdego z krajowych modeli składa się z trzech wewnętrznie ze sobą połączonych głównych modułów, a mianowicie z modułu popytowego, modułu floty pojazdów oraz modułu zużycia paliw i emisji. Do tego dołączony został jeszcze moduł kosztów społecznych, a także moduł śledzący emisje

cyklu produkcyjnego paliw i energii elektrycznej. Strukturę modelu TREMOVE przedstawia rysunek 2 (TML 2007a; TML 2007b).



Rys. 2. Struktura modelu TREMOVE
Źródło: TML 2007b

Fig. 2. Structure of TREMOVE model

1.1. Moduł popytowy

Moduł popytowy opisuje przepływy pasażerów i dóbr oraz proces wyboru typu transportu jakim się przemieszczają. Na początku przyjmuje się pewien poziom bazowy (odniesienia) popytu na transport w podziale na rodzaj transportu, porę dnia czy region. Następnie można przeanalizować w jaki sposób implementacja pewnych polityk transportowych wpłynie na użytkowników indywidualnych i przedsiębiorstwa w kwestii wyboru odpowiedniego rodzaju transportu. Aby móc to ocenić zakłada się, że wybór użytkowników preferowanego rodzaju (a także czasu, regionu itp.) transportu będzie opierał się na całkowitej cenie dla konkretnego typu transportu. Cena ta będzie składała się z kosztów, podatków i subsydiów oraz kosztów czasu na każdy przejechany kilometr. W wyniku obliczeń przeprowadzonych w module popytowym, otrzymuje się wielkości pasażerokilometrów (pkm) oraz tonokilometrów (tkm) dla wszystkich typów transportu na jakie będzie zapotrzebowanie po wprowadzeniu konkretnych polityk transportowych. Zarówno pasażerokilometry, jaki i tonokilometry zostaną następnie przeliczone na wozokilometry (vkm) (TML 2007a; TML 2007b).

1.2. Moduł floty pojazdów

Moduł floty pojazdów może pokazać jak zmiana popytu na transport oraz zmiana struktury cen pojazdów wpłynie na udział poszczególnych typów (również w podziale na

wiek) pojazdów w całej flotyli danego państwa. W efekcie otrzymuje się całkowitą liczbę pojazdów i przejechanych kilometrów w danym roku w podziale na typ pojazdu oraz jego wiek. Ponieważ moduł zużycia paliw i emisji wymaga dużo bardziej szczegółowych informacji dotyczących struktury floty pojazdów, to każdą kategorię pojazdów należy podzielić na bardziej szczegółowe typy i technologie. Takiej dezagregacji dokonuje się m.in. w module floty pojazdów. Podział opiera się na trzech głównych elementach (TML 2007a; TML 2007b):

- ✧ historycznej strukturze pojazdów,
 - ✧ wzroście popytu na poszczególne typy transportu,
 - ✧ charakterystyce dostępnych typów pojazdów i stosowanych w nich technologii (tj. czas życia, koszty, podatki, przyspieszenie, wielkość, typ paliwa, roczny przebieg itp.).
- W tabeli 3 zawarto przegląd kategorii i typów pojazdów zastosowanych w modelu.

TABELA 3. Przegląd kategorii i typów pojazdów zastosowanych w modelu

TABLE 3. Categories and vehicle types in the model

Lp.	Kategoria pojazdu	Liczba typów pojazdów
Transport drogowy		
1.	Samochód osobowy	10
2.	Motorower	1
3.	Motocykl	4
4.	Van	2
5.	Lekki pojazd samochodowy	2
6.	Ciężki pojazd samochodowy < 7,5 tony	1
7.	Ciężki pojazd samochodowy 7,5–16 ton	1
8.	Ciężki pojazd samochodowy 16–32 ton	1
9.	Ciężki pojazd samochodowy >32 ton	1
10.	Autobus	2
Transport kolejowy		
11.	Metro/tramwaj	1
12.	Pociąg pasażerski	5
13.	Pociąg towarowy	4
Transport śródlądowy		
14.	Statek śródlądowy	21
Transport powietrzny		
15.	Samolot	5 klas dystansowych

Źródło: TML 2007a

1.3. Moduł zużycia paliw i emisji

Moduł zużycia paliw i emisji służy do obliczania zużycia paliw i wielkości emisji na podstawie struktury floty pojazdów, liczby przejechanych kilometrów przez dany typ pojazdu oraz warunki drogowe. Wyniki uzyskane w tym module jak i poprzednim (moduł floty pojazdów) są następnie przesyłane zwrótnie do modułu popytu na transport, ponieważ informacje takie jak zużycie paliwa, czy struktura floty pojazdów są niezwykle ważne w określeniu zapotrzebowania na transport i podziału na różne środki transportu (podział modalny).

W celu obliczenia emisji pochodzących z różnych rodzajów transportu w modelu stosuje się wiele metod i źródeł danych. Tabela 4 zawiera zestawienie obliczanych emisji w podziale na środki transportu (TML 2007a; TML 2007b).

TABELA 4. Obliczane w modelu rodzaje emitowanych zanieczyszczeń

TABLE 4. Emissions of pollutant implemented in TREMOVE

Wyszczególnienie	Transport drogowy	Transport kolejowy (diesel)	Tramwaj, metro, kolej (en. elektryczna)	Transport wodny śródlądowy	Transport powietrzny
Zużycie energii	x	x	x	x	x
CO ₂ – dwutlenek węgla	x	x		x	x
CO – tlenek węgla	x	x		x	x
CH ₄ – metan	x			x	
NMLZO – niemetanowe lotne związki organiczne	x			x	
LZO – lotne związki organiczne	x	x		x	x
NO _x – tlenki azotu	x	x		x	x
PM – cząstki stałe	x	x		x	
SO ₂ – dwutlenek siarki	x	x		x	
N ₂ O – tlenek azotu(I)	x			x	
C ₆ H ₆ – benzen	x				
TOFP – potencjalny ozon troposferyczny	x	x		x	

Źródło: TML 2007a

Główną metodą używaną w module zużycia paliw i energii do obliczania emisji z transportu drogowego, jest metoda oparta w dużej mierze na metodologii COPERT IV (*Computer Programme to calculate Emissions from Road Transport*). Metodologia ta została stworzona na potrzeby Komisji Europejskiej i jest nadzorowana przez Europejską Agencję Środowiskową (EEA). Dla każdego roku w modelu TREMOVE (moduł floty pojazdów)

generowane są wielkości wozokilometrów (vkm) i prędkości pojazdów dla transportu drogowego, w podziale na:

- ❖ typ pojazdu,
- ❖ typ paliwa,
- ❖ technologię pojazdu,
- ❖ wiek pojazdu,
- ❖ sieć dróg (główne, lokalne, autostrady),
- ❖ region (metropolitalny, miejski, pozamiejski),
- ❖ porę dnia (szczyt, poza szczytem).

2. Uwarunkowania implementacji modelu TREMOVE dla aktualnych warunków Polski

W celu prawidłowej implementacji modelu TREMOVE niezbędna będzie analiza adekwatności i aktualności odwzorowanych relacji i elementów w nim występujących, a także danych wykorzystywanych jako parametry wejściowe do poszczególnych modułów. Konieczna będzie identyfikacja najważniejszych cech charakteryzujących sektor transportowy w Polsce, a następnie odpowiednie dostosowanie występującej w modelu struktury elementów i relacji. Niezbędna jest zatem weryfikacja takich elementów i relacji jak: struktura podziału modalnego środków transportu (jakie są dostępne środki transportu w Polsce; które z nich mają znaczenie pierwszorzędne, a które można zmarginalizować), typów pojazdów (ustalenie wymaganego poziomu szczegółowości odwzorowania występujących pojazdów – na ile typów podzielić samochody osobowe, samochody ciężarowe, motocykle, pociągi itp.), rodzajów używanych technologii do napędzania pojazdów (np. istotne znaczenie samochodów napędzanych LPG w porównaniu do innych krajów), struktura podatków nakładanych w Polsce na pojazdy i paliwa itp., jakie istotne regulacje prawne, techniczne i środowiskowe obowiązują w Polsce i wpływają na sektor transportu. Ponadto należy rozważyć charakter podróży, w podziale na podróże związane z pracą oraz osobiste. Należy wziąć pod uwagę również fakt, że oprócz tradycyjnych paliw silnikowych w coraz większym stopniu stosowane są biopaliwa ciekłe i biokomponenty dodawane do paliw ciekłych, gdyż udział energii odnawialnej w transporcie jest obligatoryjny (dyrektywa 2003/30/WE) i ma wynieść 10% w 2020 roku. W 2010 roku w Polsce udział bioestrów w oleju napędowym wyniósł 7,1% z czego ponad 60% produkcji tego biopaliwa pochodziło z importu. W przypadku udziału bioetanolu w 2010 roku w Polsce wyniósł on 5,5%, z czego z importu pochodziło aż 77%. W Polsce istotne jest także wykorzystanie do napędzania pojazdów paliw gazowych – głównie LPG – około 2,5 mln pojazdów, a także (w dużo mniejszym stopniu) CNG – około 2,5 tys. (Szurlej 2007). W przyszłości coraz większą rolę w usługach transportowych mogą pełnić pojazdy o napędach elektrycznych, co w istotny sposób może wpłynąć zarówno na sektor transportowy, jak i elektroenergetyczny. Dlatego

też w przyszłości należałoby rozważyć połączenie modelu sektora transportowego z modelami sektora energetycznego, takimi jak przedstawiono w niniejszych publikacjach: Pluta i in. (2012), Kudełko (2006), Suwała (2008), Kamiński (2009), Kudełko i in. (2007), Kamiński, Kudełko (2010), Kamiński (2011a), Kamiński (2011b), Pałka, Toczyłowski (2009), Pałka (2011), Kacprzak i in. (2010).

Opracowując koncepcję implementacji modelu TREMOVE dla warunków Polski, należy cały czas mieć na uwadze ograniczenie, jakim jest dostępność niezbędnych danych wejściowych do modelu. Pewne elementy i relacje odzwierciedlone w ogólnej postaci modelu TREMOVE będą musiały być uszczegółowione lub zagregowane, mając na uwadze fakt, że uproszczenie nie może jednak spowodować utraty najważniejszych aspektów funkcjonowania systemu i jego modelu.

W zakresie implementacji modelu TREMOVE dla warunków Polski konieczne będzie wykorzystanie przygotowanej wcześniej bazy danych (zgodnie z opracowaną koncepcją) i przeprowadzenie obliczeń testowych w celu sprawdzenia poprawności zaimportowanych danych oraz poprawności odwzorowanej struktury sektora transportowego. Zestaw danych wejściowych do pozyskania i weryfikacji jest obszerny i bardzo szczegółowy. W szczególności są to: poziom aktywności różnych środków transportu (roczne wielkości pasażerokilometrów i tonokilometrów); przepływy środków transportu (roczne wielkości wozokilometrów); prędkości przejazdowe; wartości czasu podróży; taryfy w transporcie (publicznym, towarowym); struktura floty pojazdów w roku bazowym; udziały poszczególnych technologii (rodzaj spalane paliwa w rynku pojazdów); charakterystyki paliw; koszty paliw (koszt surowca, podatki, itp.); koszty pojazdów (koszty producentów, podatki, subsydia itp.); stawki podatku VAT; opłaty za korzystanie z dróg; współczynniki zużycia paliw; współczynniki emisyjne; dane makroekonomiczne i demograficzne (liczba ludności i powierzchnia w podziale na regiony, udziały wydatków związanych z transportem dla gospodarstw domowych i firm). Gdy proces importu danych wejściowych oraz walidacji poprawności zostanie zakończony, będzie można przejść do kalibracji i weryfikacji modelu, poprzez wykonywanie kolejnych obliczeń testowych pod kątem zgodności uzyskiwanych wyników (np. w kwestii wielkości emisji ze środków transportu, czy zużycia paliw) z danymi historycznymi oraz racjonalności odpowiedzi modelu na określone wymuszenia. Przygotowany w ten sposób model będzie służył do obliczania i analizowania scenariuszy badawczych (w odniesieniu do scenariusza bazowego), co pozwoli oszacować wpływ regulacji i polityk nie tylko na sektor transportowy, lecz także na sektor paliwowy.

Podsumowanie

Choć transport jest jedną z kluczowych dziedzin życia, nie jest on w wystarczającym stopniu analizowany w zakresie popytu na paliwa oraz emisji zanieczyszczeń, w perspektywie średnio- i długoterminowej. Tymczasem zarówno podróże (prywatne i służbowe), jak i transport towarów mogą generować zupełnie różny poziom popytu na określone nośniki

energii (olej napędowy, benzyna, biopaliwa, coraz częściej również energię elektryczną) oraz są źródłem emisji wielu zanieczyszczeń (tlenki azotu, tlenki siarki, tlenek węgla, pyły, niemetanowe lotne związki organiczne i inne), w tym gazów cieplarnianych (dwutlenek węgla, metan). Dynamiczny rozwój sektora transportu nakłada również na państwo obowiązki dbania, aby jego negatywny wpływ na środowisko i życie ludzkie był jak najmniejszy, a jednocześnie by jego pozytywne skutki przyczyniały się do wzrostu gospodarczego. Takie podejście, zawierające w sobie idee zrównoważonego transportu, zostało zapisane w Polityce Transportowej Polski na lata 2006–2025 (2005). Polska zobowiązana jest do wdrażania wspólnotowej polityki transportowej, której jednym z kluczowych elementów jest poszanowanie zasady zrównoważonego rozwoju. Aby osiągnąć zakładane cele, poza rozwojem infrastruktury drogowej i poprawą bezpieczeństwa na drogach, należy ograniczyć wpływ sektora transportu na zmiany klimatyczne oraz jego negatywne oddziaływanie na środowisko i zdrowie ludzkie.

Złożone zależności występujące w sektorze transportowym oraz powiązania z innymi sektorami gospodarczymi determinują konieczność zastosowania metodyki właściwej dla rozwiązywania tego typu problemów. Opisany w niniejszym artykule model sektora transportowego jest odpowiednim narzędziem do prowadzenia tego typu analiz. Zastosowaniem wyników modelu mogą być zainteresowane urzędy centralne, takie jak: Ministerstwo Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej, Ministerstwo Środowiska czy Ministerstwo Gospodarki, ponieważ umożliwi im to ilościową ocenę skutków wdrożenia określonych instrumentów polityki transportowej, energetycznej czy ekologicznej. Ponadto, informacje o możliwych kierunkach rozwoju sektora transportowego i wielkości zużycia paliw mogą być źródłem wiedzy dla wielu małych i średnich przedsiębiorstw w zakresie planowania ich rozwoju w średnim i długim terminie.

Praca częściowo finansowana z badań statutowych AGH w Krakowie (nr 11.11.210.217).

Literatura

- Dyrektywa 2003/30/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 8 maja 2003 r. w sprawie wspierania użycia w transporcie biopaliw lub innych paliw odnawialnych.
- European Commission 2000. The Auto-Oil II Programme: A report from the services of the European Commission (Final report).
http://ec.europa.eu/environment/archives/autooil/pdf/auto-oil_en.pdf
- Eurostat; www.epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/
- JRC-IPTS 2008. Exploring non road transport emissions in Europe (EX-TREMIS): Development of a reference system on emissions factors for rail, maritime and air transport (Final report). Raport końcowy przygotowany przez JRC-IPTS dla Komisji Europejskiej.
http://www.ex-tremis.eu/EX-TREMIS_Final-Report.zip
- KACPRZAK P., PAŁKA P., KALETA M., SMOLIRA K., TOCZYŁOWSKI E., 2010 – Wykorzystanie narzędzi teorii gier do analizy mechanizmów rynku energii. Rynek Energii Nr 1.
- KAMIŃSKI J., 2009 – The impact of liberalisation of the electricity market on the hard coal mining sector in Poland. Energy Policy, Volume 37, Issue 3.

- KAMIŃSKI J., 2011a – Power Generation and Capacity Planning Modules for Global Energy Sector Models. Rynek Energii 4.
- KAMIŃSKI J., 2011b – Market power in a coal-based power generation sector: the case of Poland. Energy 36, Issue 11, p. 6634-6644.
- KAMIŃSKI J., KUDEŁKO M., 2010 – The prospects for hard coal as a fuel for the Polish power sector. Energy Policy 38, Issue 12, p. 7939–7950.
- KUDEŁKO M., 2006 – Internalisation of external costs in the Polish power generation sector: A partial equilibrium model. Energy Policy, Volume 34, Issue 18, p. 3409–3422.
- KUDEŁKO M., SUWAŁA W., 1998 – Możliwość i skutki wprowadzenia narzutu ekologicznego na paliwa. Polityka Energetyczna t. 1, z. 1–2, Wyd. IGSMiE PAN.
- KUDEŁKO M., SUWAŁA W., KAMIŃSKI J., 2007 – Koszty zewnętrzne w energetyce – zastosowanie w badaniach modelowych, Studia, Rozprawy, Monografie nr 139, IGSMiE PAN, Kraków.
- LAT/AUTH 2008. European Database of Vehicle Stock for the Calculation and Forecast of Pollutant and Greenhouse Gases Emissions with TREMOVE and COPERT (Final report). Raport końcowy przygotowany przez Aristotle University of Thessaloniki dla Komisji Europejskiej.
http://www.e3mlab.ntua.gr/e3mlab/reports/Fleets_Final_Report.pdf
- ŁUCKI Z., 2010 – Instrumenty polityki energetycznej. Polityka Energetyczna t. 13, z. 1, Wyd. IGSMiE PAN.
- Ochrona środowiska 2012. Główny Urząd Statystyczny. Warszawa 2012.
http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xbr/gus/se_ochrona_srodowiska_2012.pdf
- PAŁKA P., TOCZYŁOWSKI E., 2009 – Wpływ mechanizmu wyceny energii elektrycznej na łagodzenie siły rynkowej na hurtowym rynku energii. Rynek Energii Nr II(IV).
- PAŁKA P., 2011 – Uwolnienie cen detalicznych na obecnym rynku energii elektrycznej. Rynek Energii 2.
- PLUTA i in. 2012 – PLUTA M., WYRWA A., MIROWSKI T., ZYŚK J., 2012 – Wyniki wstępnych badań nad długookresowym rozwojem krajowego systemu wytwarzania energii elektrycznej w Polsce. Polityka Energetyczna t. 15, z. 4, Wyd. IGSMiE PAN.
- Polityka Transportowa Państwa na lata 2006–2025. Ministerstwo Infrastruktury. Warszawa 2005.
<https://cms.transport.gov.pl/files/0/1795243/PolitykaTransportowaPastwanalata20062025Rzdo wa.pdf>
- Strategii rozwoju transportu do 2020 roku (z perspektywą do 2030 roku). Ministerstwo Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej. Warszawa 2013.
<https://www.transport.gov.pl/files/0/1795904/130122SRTnaRM.pdf>
- SUWAŁA W., 2008 – Modelling adaptation of the coal industry to sustainability conditions. Energy, Volume 33, Issue 7, p. 1015–1026.
- SZURLEJ A., 2007 – Rozwój rynku CNG w Polsce na tle państw UE. Polityka Energetyczna t. 10, spec. 2, Wyd. IGSMiE PAN.
- The World Bank 2011. Transition to a Low Emission Economy in Poland.
http://siteresources.worldbank.org/ECAEXT/Resources/258598-1256842123621/6525333-1298409457335/report_2011.pdf
- TML. 2007a. TREMOVE Service contract for the further development and application of the transport and environmental TREMOVE model Lot 1 (Improvement of the data set and model structure). Raport końcowy przygotowany przez Transport & Mobility Leuven dla Komisji Europejskiej.
http://www.tremove.org/documentation/Final_Report_TREMOVE_9July2007c.pdf
- TML 2007b. Skrócony opis modelu TREMOVE, Transport & Mobility Leuven, 2007.
http://www.tremove.org/documentation/TREMOVE_Short_Description.pdf

Przemysław KASZYŃSKI, Jacek KAMIŃSKI, Tomasz MIROWSKI

A proposal for an implementation of the transport sector model under Polish conditions

Abstract

The forecasts of development of the transport sector by 2030, set out in the document prepared by the Ministry of Transport, Construction and Maritime Economy entitled: "Transport Development Strategy until 2020 (with the prospect of 2030)" indicate that the demand for transportation of goods will increase by about 54 to 66% (minimum and maximum respectively), and the demand for passenger transport will increase by about 40 to 58% (minimum and maximum respectively). A major concern associated with the continuous development of the transport sector is the proper assessment of the effectiveness of various policy instruments and regulations implemented by the state in the transport sector, which directly affect the level of demand for fuels and energy carriers, and consequently the emissions of air pollutants and greenhouse gases. The development of the transport sector, in this context, is one of the main areas of interest of the global research groups. Since the transport sector and the relationships existing within this sector and linked with other sectors are too complex to study based on the qualitative methods, it is necessary to apply appropriate tools, which will also allow to carry out a quantitative analysis. However, in Poland there have not been almost any research on the development of the transport sector (in the context of the demand for fuels and energy carriers and emissions) with the application of advanced mathematical models that take into account current specific national conditions. Therefore, this paper intended to provide general guidelines for the implementation of one of the key models of this type for the specific Polish conditions. The article presents the methodological basis for the construction of the model and its implementation, considering current conditions of the Polish transport sector.

KEY WORDS: transport sector modelling, emissions, fuel consumption

