

Syntetyczny opis w języku nietechnicznym

Praca badawcza

pt. „Opracowanie metodyki i oszacowanie kosztów zewnętrznych emisji zanieczyszczeń do powietrza atmosferycznego ze środków transportu drogowego na poziomie kraju



Pracę zrealizowano w ramach projektu „Statystyka dla polityki spójności. Wsparcie systemu monitorowania polityki spójności w perspektywie finansowej 2014-2020 oraz programowania i monitorowania polityki spójności po 2020 roku”

*Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
Ze środków Programu Operacyjnego Pomoc Techniczna 2014 – 2020.*

Jednostka opracowująca: Centrum Badań i Edukacji Statystycznej

Zespół realizujący pracy

Eksperti zewnętrzni

Prof. dr inż. Wojciech Gis, prof. UG dr hab. Barbara Pawłowska, Jakub Maśkiewicz,
dr Mariusz Trela, dr inż. Andrzej Żółtowski

Zespół badawczy

Magdalena Wegner,
Anna Andrychowska, Anna Bawelska, Katarzyna Bącela, Justyna Brzezińska, Damian Budny
Izabela Grzonka, Ewa Kacperczyk, Jerzy Karolak, Magdalena Mojsiewicz, Agnieszka Ozdoba,
Maria Pauter, Małgorzata Radlińska, Grzegorz Schodowski, Robert Szczykutowicz

Spis treści

I. Cel pracy badawczej	3
II. Metodyka pracy badawczej	3
1. Obliczanie wielkości emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego w 2015 r.	3
2. Szacowanie kosztów zewnętrznych emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego w 2015 r.	5
III. Wyniki pracy badawczej.....	7
Podsumowanie.....	7

I. Cel pracy badawczej

Celem pracy badawczej było opracowanie metodyki oraz oszacowanie kosztów zewnętrznych emisji zanieczyszczeń do powietrza pochodzących z pojazdów drogowych na poziomie kraju. Koszty te są efektem negatywnego oddziaływania systemu transportowego na środowisko naturalne i zdrowie społeczeństwa i są płacone przez ogół społeczeństwa, a nie bezpośrednio przez sprawców. Zanieczyszczenie powietrza przez ruch drogowy jest jednym z efektów zewnętrznych transportu; należą do nich również hałas, wypadki, zatory komunikacyjne, zmiany klimatu i zajętość terenu. Wyniki przeprowadzonych obliczeń i dokonane szacunki, pozwolą na ocenę wielkości zanieczyszczeń emitowanych z pojazdów samochodowych, a także na przeprowadzenie analizy ich wpływu na wysokość kosztów zewnętrznych transportu drogowego.

Kompleksowe i systemowe ujęcie tych kosztów umożliwi zastosowanie instrumentów oddziałujących na redukcję tych kosztów oraz wprowadzenie procesu ich upodmiotowienia w myśl zasady internalizacji - „zanieczyszczający płaci”. Strategia internalizacji czyli rozliczenia kosztów zewnętrznych kieruje się sprawiedliwością społeczną oraz efektywnością systemu transportowego.

II. Metodyka pracy badawczej

1. Obliczanie wielkości emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego w 2015 r.

W ramach pracy badawczej nie prowadzono badania pilotażowego, wszystkie niezbędne dane pochodziły ze zgromadzonych zasobów statystyki publicznej oraz z systemów informacyjnych i baz administracyjnych. Realizowana praca polegała na:

- identyfikacji i inwentaryzacji źródeł danych pod względem dostępności oraz możliwości wykorzystania do szacowania emisji zanieczyszczeń powietrza,
- określeniu rodzajów substancji zanieczyszczających powietrze i ich szkodliwości dla środowiska i społeczeństwa,
- przeprowadzeniu obliczeń wielkości emitowanych zanieczyszczeń powietrza z transportu drogowego,
- oszacowaniu kosztów zewnętrznych zanieczyszczenia powietrza emitowanych z transportu drogowego.

W pracy badawczej wykorzystano wyniki badań statystycznych prowadzonych zgodnie z Programem Badań Statystycznych Statystyki Publicznej, zarówno przez Główny Urząd Statystyczny jak i w ramach statystyk resortowych przez Ministerstwa.

W systemie statystyki publicznej wykorzystano administracyjne źródła obejmujące dużą liczbę jednostek i dostarczające informacje różnorodnie merytorycznie. Wśród wielu zidentyfikowanych źródeł przy realizacji prac zostały wykorzystane m.in. dane pochodzące z Ministerstwa Cyfryzacji (Centrala Ewidencja Pojazdów), Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad (dane dotyczące ruchu drogowego) Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej (temperatury i wilgotności), Zakładu Ubezpieczeń Społecznych (absencja chorobowa).

Pozyskane informacje ze źródeł wewnętrznych i zewnętrznych były punktem wyjścia do realizacji niniejszej pracy badawczej. Podstawowym zbiorem, z którego korzystano była ewidencja pojazdów samochodowych zarejestrowanych na terenie kraju (według stanu na koniec grudnia 2015 r.). Oszacowany ruch na drogach w 2015 r. stanowił kompilację zbiorów zawierających informacje o jednostkach tej samej populacji występującej w każdym ze zbiorów. Uwzględniono wyniki Generalnego Pomiaru Ruchu na sieci dróg krajowych, wojewódzkich, Krajowy model ruchu dla sieci drogowej opracowany w ramach projektów GDDKiA oraz wielkość pracy przewozowej pochodzącej z badań statystycznych.

Głównymi źródłami zanieczyszczenia powietrza są przede wszystkim: elektrownie węglowe, zakłady przemysłowe, gospodarstwa domowe, a także transport. W obszarach zurbanizowanych szczególnie istotny jest także wpływ ruchu samochodowego na rejestrowane wielkości zanieczyszczeń powietrza.

Spośród substancji szkodliwych pochodzących z pojazdów transportu drogowego występujących w spalinach samochodowych w dużych ilościach, należy wymienić: tlenek węgla (CO), tlenki azotu (NOx), niemetanowe lotne związki organiczne (NMVOC), cząstki stałe PM_{2,5} i PM₁₀. Zanieczyszczenia te mają niekorzystny wpływ na zdrowie ludzi i zwierząt. Związki chemiczne odpowiedzialne za zmiany klimatyczne i globalne ocieplenie spowodowane są między innymi działalnością transportu samochodowego, z których należy wymienić: dwutlenek węgla (CO₂), metan (CH₄), podtlenek azotu (N₂O), ozon troposferyczny (O₃).

Szacowanie wielkości zanieczyszczeń powietrza pochodzących z pojazdów samochodowych wymagało przygotowania odpowiednich narzędzi informatycznych i danych statystycznych. Do obliczeń wielkości zanieczyszczeń wykorzystano bazy danych oraz oprogramowanie COPERT 4, używane w Europie do obliczania emisji zanieczyszczeń powietrza i gazów cieplarnianych z transportu drogowego. Wykonanie tego zadania wymagało podjęcia następujących działań:

- pozyskania danych z Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad dotyczących natężenia ruchu drogowego na badanych przez GDDKiA odcinkach sieci dróg krajowych, w tym autostrad, dróg ekspresowych i wojewódzkich pochodzących ze stacji pomiaru ciągłego oraz wyników Generalnego Pomiaru Ruchu,
- opracowania bazy pojazdów eksploatowanych na podstawie bazy zarejestrowanych pojazdów samochodowych w kraju na potrzeby szacowania wielkości pracy w podziale na rodzaje pojazdów samochodowych, rodzaj stosowanego paliwa w silnikach, normy EURO (dopuszczalnej emisji zanieczyszczeń),
- określenia średniej prędkości, średnio-miesięcznej wilgotności powietrza, średnio-miesięcznej temperatury powietrza (minimalnej, maksymalnej),
- utworzenia bazy danych dotyczącej wielkości rocznych przebiegów w podziale na kategorie pojazdów pochodzących z opracowanej bazy eksploatowanych pojazdów samochodowych,
- opracowania założeń do metodyki estymacji wielkości emisji zanieczyszczeń przez pojazdy samochodowe i oszacowania wielkości emisji zanieczyszczeń na podstawie natężenia ruchu drogowego w podziale na kategorie pojazdów i normy EURO.

Zdefiniowane w programie COPERT 4 warstwy uwzględniały rodzaj infrastruktury, rodzaj pojazdu oraz jego techniczną specyfikację. W związku z tym informacje konieczne do szacunku wolumenu zanieczyszczeń przygotowano uwzględniając: masę pojazdu, rodzaj silnika, pojemność silnika (dla benzyny i oleju napędowego) oraz rodzaj paliwa.

Do obliczenia ilości zanieczyszczeń emitowanych z transportu drogowego potrzebne były następujące zmienne:

- liczba pojazdów według kategorii (samochody osobowe, lekkie dostawcze, ciężarowe, autobusy, motocykle),
- przebiegi pojazdów samochodowych – roczne i całkowite,
- dane meteorologiczne – średnio-miesięczne temperatury i wilgotność,
- dane dotyczące średniej prędkości na podstawie badań GDDKiA,
- wielkość zużycia paliwa.

Obliczanie wolumenu zanieczyszczeń w 2015 r. składało się z trzech etapów:

- dla obszaru całego kraju oszacowano zanieczyszczenia emitowane do powietrza przez pojazdy na autostradach, drogach ekspresowych, pozostałych drogach krajowych oraz wojewódzkich, wykorzystując pozyskane informacje o:
 - liczbie użytkowanych pojazdów na wybranych odcinkach dróg według rodzajów i ich technicznej specyfikacji, ich rocznego oraz ogólnego przebiegu,
 - minimalnej i maksymalnej temperaturze powietrza oraz średniej wilgotności powietrza w poszczególnych miesiącach i województwach,
 - średnich prędkościach pojazdów na wybranych odcinkach dróg według ich rodzajów (miejskie, zamiejskie, autostrady) i ich technicznej specyfikacji;
 - dla miast oszacowano zanieczyszczenia powietrza emitowane przez autobusy, wykorzystując pozyskane informacje o:
 - liczbie użytkowanych autobusów według rodzajów i ich technicznej specyfikacji oraz rocznego i ogólnego przebiegu,
 - minimalnej i maksymalnej temperaturze powietrza oraz średniej wilgotności powietrza w poszczególnych miesiącach i województwach,
 - średnich prędkościach autobusów w Warszawie;
 - dla obszaru całego kraju, oszacowano zanieczyszczenia emitowane do powietrza przez pojazdy na drogach powiatowych i gminnych wykorzystując szacunki wymienione w pkt. 1-2 oraz informacje o:
 - liczbie użytkowanych pojazdów według rodzajów i ich technicznej specyfikacji oraz ich rocznego i ogólnego przebiegu,
 - minimalnej i maksymalnej temperaturze powietrza oraz średniej wilgotności powietrza w poszczególnych miesiącach dla województwa mazowieckiego,
 - średnich prędkościach pojazdów według rodzajów i ich technicznej specyfikacji w zależności od rodzajów dróg (miejskie, zamiejskie, autostrady),
 - udziale zanieczyszczeń według kategorii dróg,
 - udziale odparowania benzyny w samochodach osobowych i lekkich dostawczych według kategorii dróg.
2. Szacowanie kosztów zewnętrznych emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego w 2015 r.
- Do wyceny skutków oddziaływania zanieczyszczeń w skali lokalnej i regionalnej najczęściej używa się jednej z metod pośrednich, metody dawka – skutek. W pierwszym etapie tej wyceny określa się związki przyczynowo-skutkowe pomiędzy emisją danego związku, a występowaniem konkretnego efektu, w tym przypadku zdrowotnego. Zadanie to nie jest proste ponieważ wiele zanieczyszczeń może wywoływać więcej niż jedną chorobę co może spowodować dwukrotne ujęcie tego samego kosztu zewnętrznego. W kolejnym etapie wykorzystuje się metody bezpośrednie i ustala dla poszczególnych rodzajów związków ich uciążliwość. Wyliczenia najczęściej przeprowadza się dokonując wyceny statystycznego życia - VSL (*Value of Statistical Life*) w oparciu o metodę skłonności do zapłaty WTP (*Willingness to Pay*). Koszty obliczane są na podstawie metody obejmującej kolejne sekwencje oddziaływania zanieczyszczeń powietrza. W podejściu tym analizie poddawane są następujące etapy emisji zanieczyszczeń:
 - transmisja,
 - koncentracja (dawka),
 - wpływ zanieczyszczeń na środowisko,
 - wycena wartości (koszty) szkodliwego oddziaływania zanieczyszczeń na zdrowie ludzi i zwierząt, ekosystemy oraz infrastrukturę.

Ocenie podlega konkretny rodzaj zanieczyszczenia z pojazdów w warunkach przestrzennych i czasowych jego oddziaływania, a następnie otrzymane wyniki zostają uogólnione do wyższych poziomów agregacji (np. na większy obszar, większą i bardziej różnorodną grupę pojazdów). Podejście to umożliwi oszacowanie kosztów krańcowych.

Koszty zewnętrzne zanieczyszczenia powietrza oszacowano w oparciu o zaktualizowany podręcznik „Update of the Handbook on External Cost of Transport”, w którym przedstawione są metody szacowania kosztów zewnętrznych oraz wielkości poszczególnych współczynników wyrażonych w euro.

Do obliczenia kosztów zewnętrznych zanieczyszczenia powietrza może być zastosowany poniższy wzór:

$$PCV = \sum_i \sum_j PC_{ij} \cdot Q_{ij}$$

gdzie:

PCV – koszt zanieczyszczenia powietrza [euro/t]

PC_{ij} – koszt jednej tony zanieczyszczeń [euro/t]

Q_{ij} – ilość zanieczyszczenia w tonach

i – rodzaj zanieczyszczenia

j – typ drogi

Współczynniki emisji, użyte do obliczenia kosztów zewnętrznych zanieczyszczenia powietrza, powinny być zgodne z dyrektywą 2001/81/EC, wykorzystywaną przez państwa członkowskie do monitorowania emisji.

- Przy wycenie szkód w skali globalnej, najpierw ustala się związki przyczynowo- skutkowe emisji gazów cieplarnianych, a następnie – metodą kosztu unikania (zwanym także kosztami łagodzenia skutków) - szacuje się koszty zmian klimatu. Zakłada się konkretny cel ilościowy ograniczenia emisji oraz określa koszty środków łagodzących, które społeczeństwo jest gotowe ponieść dla zrealizowania takiego celu w perspektywie długoterminowej. Ten cel może być określony na różnych poziomach agregacji geograficznej, np. krajowym, Unii Europejskiej, ogólnosiwiatowym.

Koszty zewnętrzne zmian klimatu

Szacowanie zewnętrznych kosztów zmian klimatu częściowo opiera się na metodyce śladu węglowego¹ i jest spójne z planami UE dotyczącymi odchodzenia od paliw kopalnych (*Decarbonisation Roadmap 2050*); obejmuje następujące etapy:

- ustalenie ogólnej liczby wozokilometrów, tonokilometrów i pasażerokilometrów dla poszczególnych kategorii pojazdów samochodowych,
- obliczenie równowartości ekwiwalentu CO₂ w emisji gazów cieplarnianych przy użyciu wskaźnika Potencjału Globalnego Ocieplenia (GWP). Sposób ten polega na pomnożeniu wielkości emisji gazu cieplarnianego przez współczynnik ocieplenia, wynoszący dla CH₄ - 28, dla N₂O - 265 i wskazujący większy wpływ na zmiany klimatu tych związków odpowiednio o 28 i 265 razy niż tej samej ilości CO₂.
- obliczenie całkowitych emisji ekwiwalentu CO₂ polegające na dodaniu wielkości emisji poszczególnych gazów cieplarnianych do całkowitej wielkości emitowanego dwutlenku węgla,
- wycena efektu zewnętrznego polegająca na przemnożeniu całkowitej liczby ton ekwiwalentu CO₂ przez koszt jednostkowy wyrażony w euro/t. W związku z tym, że szkody powodowane przez emisję gazów cieplarnianych mają zasięg ogólnosiwiatowy, wskaźniki kosztów jednostkowych zastosowano jednakowe we wszystkich krajach w Europie. W oparciu o dane zawarte w „Niebieskiej księdze Jaspers” (Blue Book, May 2015) przeprowadzono obliczenie kosztów zewnętrznych gazów cieplarnianych. Do ich szacowania przyjęto 25 euro za 1 tonę ekwiwalentu CO₂ w 2010 r. i uwzględniono zależność współczynnika od czasu.

¹ EIB – European Investment Bank – „EIB Carbon Footprint Methodology 2014”. IPCC – „Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change 2014, Synthesis Report”.

Do obliczenia kosztów zewnętrznych emisji gazów cieplarnianych wpływających na zmiany klimatu należy zastosować następujący wzór:

$$PCV_{GHG} = V_{GHG} \cdot C_{GHG}$$

gdzie:

- PCV_{GHG} - koszt emisji gazów cieplarnianych
- V_{GHG} - całkowita emisja ekwiwalentu dwutlenku węgla,
- C_{GHG} - jednostkowa cena ukryta CO₂ (koszt szkód), zaktualizowana i wyrażona w cenach obowiązujących w roku przeprowadzenia obliczeń.

III. Wyniki przeprowadzonych badań

Podstawowy cel pracy badawczej obejmował obliczenie wolumenu zanieczyszczeń emitowanych do powietrza z transportu drogowego oraz opracowanie metodyki szacowania kosztów zewnętrznych emisji substancji szkodliwych, a także przygotowanie bazy danych zawierającej szczegółowe informacje dotyczące rezultatu przeprowadzonych obliczeń i dokonanych szacunków kosztów zewnętrznych zanieczyszczenia powietrza. Ponadto przygotowano zestaw wskaźników monitorujących poziom kosztów zewnętrznych zanieczyszczeń powietrza z transportu drogowego.

Zadania te zostały zrealizowane w terminach ustalonych w harmonogramie.

W wyniku przeprowadzonej pracy badawczej uzyskano rezultaty w postaci tablic wynikowych dotyczących ilości zanieczyszczeń emitowanych z transportu drogowego według rodzajów pojazdów, stosowanej technologii, rodzajów paliwa, infrastruktury drogowej oraz kosztów zewnętrznych tych zanieczyszczeń według tych samych zmiennych. Otrzymane wyniki zostały zaprezentowane w załączniku nr 2 (w formacie Excel) do Raportu końcowego z pracy badawczej. Ocenę jakości zrealizowanego projektu obejmującą analizę poszczególnych elementów jakości (raport jakości) zamieszczono w załączniku nr 1. Rezultatem prowadzonych prac jest ponadto utworzenie bazy danych (załącznik nr 4.), zawierającej wyniki obliczeń przeprowadzonych w procesie badawczym. Dodatkowo opracowano instrukcję postępowania się programem informatycznym COPERT 4 (załącznik nr 3).

Podsumowanie

Przy realizacji pracy badawczej, wykorzystano narzędzie programowe zalecane przez Komisję Europejską do obliczania wielkości zanieczyszczeń z transportu drogowego. Wprowadzono standardowe procedury w zakresie opracowywania zbiorów danych, umożliwiające uzyskanie spójnych i porównywalnych wyników z innymi krajami Unii Europejskiej, zgodnych z wymogami międzynarodowych konwencji i protokołów. Opracowany zestaw wskaźników może być pomocny przy monitorowaniu i prowadzeniu analiz poziomu kosztów zewnętrznych zanieczyszczeń z transportu drogowego.