

Rafał Burdzik¹
Politechnika Śląska, Wydział Transportu
Mateusz Kabot²
Pedmo S.A., Tychy
Maria Cieśla³
Politechnika Śląska, Wydział Transportu

Podział i internalizacja kosztów zewnętrznych transportu samochodowego

1. WSTĘP

Jedną z cech systemów transportu drogowego, która poprawia elastyczność a jednocześnie generuje uciążliwość jest nieproporcjonalny przyrost suprastruktury w porównaniu do infrastruktury transportu. Wraz ze wzrostem liczebności pojazdów zwiększa się uciążliwość oraz negatywne oddziaływanie na infrastrukturę transportową. Dochodzi do częstszych kolizji i wypadków, które pochłaniają wiele ofiar śmiertelnych. Eksploatacja środków transportu powoduje zanieczyszczenia środowiska oraz różnego rodzaju choroby wśród populacji ludzkiej.

Okres użytkowania większości polskich dróg, zaprojektowanych i wykonanych w latach 70, zbliża się do granicy zakładanej na etapie projektu, co wpływa na szybszą eksploatację i degradację infrastruktury drogowej [11]. Mimo pozyskiwanych i wykorzystywanych środków na finansowanie drogownictwa oraz planów budowy, prace nad realizacją projektów i budową nowych autostrad, dróg krajowych i ekspresowych wydłużają się. W dużych miastach i aglomeracjach miejskich tworzą się zatory komunikacyjne (kongestia transportowa) na drogach, które nie spełniają w obecnym czasie wymogów natężenia związanego z poziomem swobody ruchu [22,25,13]. W tym przypadku natężenie ruchu dopływającego do danego przekroju (odcinka) jezdni przewyższa jej przepustowość [8].

Każdy z ww. elementów zalicza się do grupy czynników generujących koszty zewnętrzne transportu, które powodują straty materialne, a także straty o podłożu psychologicznym. Podmiotami odpowiedzialnymi za generowanie tych kosztów są przede wszystkim przedsiębiorstwa wykonujące usługi transportowe. Dodatkowo warto podkreślić, iż koszty zewnętrzne w transporcie nie są ponoszone przez kupującego ani wytwórcę usługi, lecz przez ogół społeczeństwa.

Komitety techniczne, które opracowują komunikaty i strategie w obszarze transportu UE, opracowały metodologię szacowania kosztów zewnętrznych w transporcie. Jedną z nich jest **Metoda WTP (Willingness To Pay – „gotowość do zapłaty”)**. Istota tej metody polega na uzyskaniu od potencjalnych lub aktualnych użytkowników odpowiedzi na pytanie, ile byliby gotowi zapłacić za określone dobro utracone w związku z negatywnym oddziaływaniem na środowisko analizowanej gałęzi transportu (środka transportu). Istotne jest tutaj pytanie o kwotę, jaką użytkownik jest gotowy zapłacić za dostarczenie mu danego dobra, nie zaś za jego utratę [1]

Kolejną jest **Metoda WTA (Willingness To Accept – „gotowość do przyjęcia rekompensaty”)**, której istotą jest uzyskanie od potencjalnych lub aktualnych użytkowników odpowiedzi na pytanie, jaką kwotę są w stanie uznać jako rekompensatę za odstąpienie dobra [1].

Celem tych metod jest estymacja kosztów, czyli określenie przybliżonej wartości (szacunku) kosztu zasobów niezbędnych do realizacji działań [30].

¹ rafal.burdzik@polsl.pl

² mateusz.kabot89@wp.pl

³ maria.ciesla@polsl.pl

2. KOSZTY ZEWNĘTRZNE TRANSPORTU

Wyznaczenie wszystkich kosztów zewnętrznych oddziaływania systemu transportowego na otoczenie jest zagadnieniem trudnym i w istocie bardzo subiektywnym. Dlatego wprowadzono ogólny podział kosztów zewnętrznych z działania transportu, który grupuje koszty do następujących kategorii:

- koszty związane z emisją hałasu i drgań,
- koszty związane z zanieczyszczeniem środowiska,
- koszty związane z wypadkowością i uszkodzeniem infrastruktury,
- koszty związane z kongestią (zagęszczeniem, zatłoczeniem na drogach),
- koszty związane z uciążliwością oddziaływania transportu.

2.1. Koszty związane z emisją hałasu

Efekty związane z emisją hałasu transportowego są kategorią kosztów zewnętrznych, które są szczególnie trudno mierzalne. Występujące różnice w poziomie hałasu, zarówno jeśli chodzi o zasięg geograficzny, jak i porę dnia znacznie utrudniają jednoznaczne określenie poziomu hałasu, na który narażona jest ludność zamieszkująca dany teren.

Hałas samochodowy pochodzi z różnych źródeł. Rozpoczynając od hałasu powstającego na skutek kontaktu opony z nawierzchnią drogi, poprzez hałas generowany pracą silnika, układu napędowego oraz wydechowego aż po hałas aerodynamiczny i oporów toczenia.

Analiza zjawisk akustycznych generowanych z tych źródeł wymaga indywidualnego podejścia, zaś złożenia tych źródeł i estymacja poziomu dźwięku, który będzie generowany przez cały poruszający się pojazd jest zagadnieniem niezwykle skomplikowanych [3,5,7,22]. W zależności od wielu czynników, w tym od prędkości jazdy, w generowanym sygnale dźwięku mogą dominować składowe związane z oporami aerodynamicznymi lub pracą silnika i kontaktu opona-nawierzchnia drogi. Jako przykładowe czynniki zewnętrzne i wewnętrzne, które wpływają na poziom emitowanego hałasu można wymienić rodzaj nawierzchni oraz poziom ciśnienia w ogumieniu. W obu przypadkach większości zjawisk akustycznych wynika z działania mechanizmów zachodzących w strefie kontaktu opona-droga, takich jak: drgania pasa bieżnika, rezonans powietrza w rowkach bieżnika, pompowania powietrza, rezonans Helmholtza, turbulencje a w skrajnych warunkach nawet adhezje gumy i nawierzchni drogi [36].

Hałas emitowany przez układ napędowy oraz wielkopowierzchniowe elementy karoseryjne np. dach są hałasami niekorzystnie wpływającymi na środowisko, a także na komfort i bezpieczeństwo kierowcy. Jeżeli częstotliwość drgań tych elementów jest bliska określonych częstotliwości drgań własnych może dojść do rezonansu akustycznego, który przejawia się charakterystycznym „dudnieniem”.

W celu minimalizacji hałasu komunikacyjnego wdrażane są normy europejskie (Dyrektywa Unii Europejskiej 92/97 EWG i Regulamin ECE R51.01), które obniżają dopuszczalne wartości poziomów dźwięku, w wyniku czego hałas generowany przez samochody osobowe spadł średnio o 5dB, a przez ciężarowe o ok. 3dB [36].

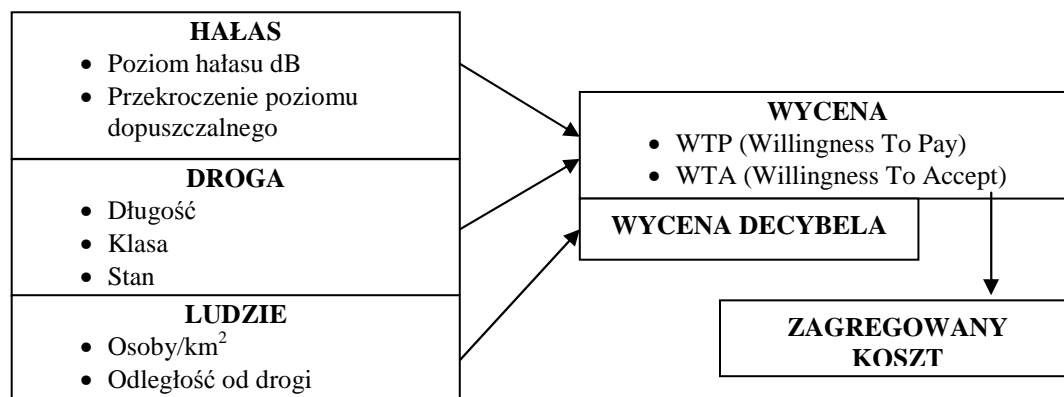
Na podstawie badań naukowych stwierdzono, że przy prędkości około 30-40 km/h hałas emitowany przez oponę toczącą się po nawierzchni asfaltowej pojazdu samochodowego niemal zrównuje się z poziomem natężenia hałasu emitowanego przez źródła mechaniczne w pojeździe. Przy wyższych prędkościach staje się dominującą składową całkowitego hałasu generowanego przez pojazd. Dlatego powstała nowa regulacja prawna dotycząca dopuszczalnego poziomu natężenia hałasu generowanego przez parę opona-jezdni, Dyrektywa 2001/43/EG dotycząca limitów hałasu [36].

Aktualnie badania wskazują, że głównym źródłem generowanego hałasu przy prędkości powyżej 55 km/h dla samochodów osobowych oraz dla samochodów ciężarowych przy prędkości powyżej 70 km/h jest hałas powstający przez interakcję opony z nawierzchnią [10].

Najczęściej stosowanymi metodami do wyceny kosztów zewnętrznych hałasu transportu są [27]:

- Metoda cen hedonistycznych i wycena hałasu poprzez odniesienie kosztów hałasu do nieruchomości i stawki wynajmu mieszkań na danym terenie;
- Metoda wyceny strat spowodowanych hałasem i kosztów ich restytucji. Silnie skorelowana ze stratami zdrowotnymi;

- Metoda wyceny warunkowej, gdzie w odniesieniu do rzeczywistej lub hipotetycznej sytuacji wycenia się efekty emisji hałasu na podstawie ankiet przeprowadzonych na reprezentatywnej próbie respondentów;
- Metoda unikania, a w szczególności wariant tej metody – koszty prewencyjne, czyli wycena działań, które zostały podjęte w celu eliminacji nadmiernego poziomu lub obniżenia uciążliwości tego hałasu.



Rys. 1. Model estymacji kosztów hałasu

Źródło: opracowanie na podstawie [18].

Model estymacji kosztów hałasu (rys. 1) pozwala w przybliżeniu ocenić straty jakie wyrządza emisja hałasu. Model składa się z trzech głównych elementów: element wejściowy (zdarzenie), wycena zdarzenia i element wyjściowy (koszt zagregowany). Do elementów wejściowych należą informacje dotyczące poziomu hałasu panującego w określonym odcinku drogi. Istotnym jest też scharakteryzowanie terenu, w którym dokonane będą pomiary. Określenie długości, klasy i stanu rozpatrywanego odcinka drogi oraz liczby mieszkańców i domostw znajdujących się w okolicach badanej drogi. Następnie dokonuje się określenia zagregowanego kosztu poprzez wycenę trzema metodami: Willingness To Pay (WTP - termin *gotowości do zapłaty*, który określa maksymalną kwotę, jaką jednostka jest skłonna zapłacić za dobro np. dom zamiast z niego zrezygnować.), Willingness To Accept (WTA - kwota, którą należy zapłacić jednostce aby odstąpiła od chęci posiadania danego dobra np. domu, czyli określenie minimalnej rekompensaty jaką zażądałaby za nie jednostka) oraz wycena Decybelą (przy jej wykorzystaniu byłaby możliwa identyfikacja, jaką kwotę wyrażoną w pieniądzu są ludzie w stanie przeznaczyć na minimalizację hałasu o 1 decybel, co mogłoby zmniejszać prawdopodobieństwo zachorowania na choroby powiązane z oddziaływaniem hałasu). W powyższym przypadku stosowana jest metoda bezpośrednich pomiarów hałasu z wykorzystaniem próbkowania, która stosowana jest głównie do pomiaru hałasu dla dróg o natężeniu ruchu przekraczającym 300 pojazdów na godzinę [1, 27].

2.2. Koszty związane z zanieczyszczeniem środowiska

Transport drogowy ma największy udział w ogólnej emisji szkodliwych związków do otoczenia. Zgodnie z danymi Krajowego Administratora Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji (KASHUE), udział emisji z transportu samochodowego w całościowej emisji gazów cieplarnianych stanowi do ok. 14% w odniesieniu do dwutlenku węgla oraz do 0,7% w odniesieniu do metanu. Pomimo podejmowanych działań zmierzających do ograniczenia emisji poprzez instalowanie katalizatorów, zmiany technologiczne ukierunkowane na obniżenie zużycia paliwa, stosowanie bardziej restrykcyjnych standardów emisji w pojazdach, emisja zanieczyszczeń jest nadal bardzo ważnym problemem ekologicznym [27]. Największymi źródłami skażeń środowiska są pojazdy samochodowe, które emitują wiele szkodliwych substancji takich jak: tlenki azotu, podtlenki azotu, tlenki węgla, dwutlenki węgla oraz metan. Według danych GDDKiA udział transportu w całkowitej emisji gazów cieplarnianych wzrasta stale w ostatnich latach w odniesieniu do dwutlenku węgla (CO₂) (1998r.–9,68%; 2008r.–13,47%) i podtlenku azotu (N₂O) (1998r.–17,42%; 2008r.–24,61%), natomiast w odniesieniu do metanu (CH₄) osiągnął maksimum w roku 1996 (0,73%) i obecnie nieznacznie spada [29].

Aby obniżyć emisję szkodliwych gazów i pyłów wprowadzane są normy dopuszczalnych emisji spalin (EURO) w nowych pojazdach sprzedawanych na terenie Unii Europejskiej. Obecnie wprowadzana jest norma EURO 5, która obowiązuje od 2009 roku, a określa ją Dyrektywa 2007/715/EC [33]. Od września 2014 roku obowiązywać będzie norma EURO 6, która dotyczyć będzie poziomu zanieczyszczeń emitowanych przez ciężkie pojazdy samochodowe. Uchwalona w 2008 roku przez Parlament Europejski norma określa, iż dopuszczalna wartość emisji tlenków azotu ma wynosić 400 mg/kWh, a więc o 80% mniej niż w normie Euro 5. Natomiast emisja cząstek stałych zostanie zmniejszona o 66% i ma oscylować na poziomie 10 mg/kWh [33], [24].

Na rynku motoryzacyjnym prezentowane są nowe technologie zasilania alternatywnymi paliwami, które w mniejszym stopniu zanieczyszczają środowisko. Popularnym paliwem stał się gaz, który jest tańszy od benzyny. W samochodach osobowych stosowane są instalacje LPG (ang. *Liquefied Petroleum Gas*), natomiast pokrewne im CNG (ang. *Compressed Natural Gas*) montowane są zazwyczaj w autobusach komunikacji miejskiej. Mankamentem tej technologii jest brak seryjnego montażu w nowo wyprodukowanych samochodach. Koszt założenia instalacji może wynieść od 1500zł do 6000zł. Na korzyść instalacji LPG przemawia mniejsza emisja dwutlenku węgla, dodatkowo ma mniejszą zawartość siarki oraz nie zawiera ołowiu w odróżnieniu od tradycyjnej benzyny. Spalanie gazu powoduje zwiększone wydalanie pary wodnej, co w efekcie może powodować szybszą degradację elementów układu wydechowego [12].

Inną, opisywaną technologią jest koncepcja samochodów o napędzie elektrycznym. Ograniczone osiągi, zasięg, czas ładowania baterii i przede wszystkim wysokie koszty produkcji samochodów oraz dostosowanie pod nie infrastruktury być może w przyszłości pozwolą na wprowadzenie jej do powszechnego użytku. Technologia BEV (ang. *Battery Electric Vehicle*) jest najczęściej omawianą koncepcjami, które dają nadzieję na ograniczenie emisji szkodliwych związków do środowiska [35].

Utrzymująca się niekorzystna struktura gałęziowa przewozów, gdzie występuje zdecydowanie dominujący i wciąż rosnący udział transportu drogowego w przewozach, utrudnia osiągnięcie pożądaných efektów podejmowanych działań. Dodatkowo utrzymujące się wzrostowe trendy w przewozach pasażerskich i towarowych powodują, że skutki podejmowanych działań są niwelowane w dużym stopniu przez zwiększoną pracę przewozową zarówno transportu towarowego, jak i pasażerskiego [27].

Zanieczyszczenia aglomeracji miejskich oraz gleb i wód

W dużych aglomeracjach miejskich i na głównych szlakach komunikacyjnych występują znaczne zanieczyszczenia powietrza spowodowane emisją szkodliwych substancji ze spalin samochodowych. Ciągłe wzrastająca liczba pojazdów powoduje, iż zwiększa się udział w ogólnej emisji związków do otoczenia oraz zachorowalność ludzi. Aby temu zapobiec powinno inwestować i dofinansowywać rozwój komunikacji miejskiej oraz inteligentnych systemów transportu by obniżyć ruch samochodów osobowych w mieście, a także w miarę możliwości przenosić obciążenie przewozów towarów na inny rodzaj transportu.

Na podstawie przeprowadzonych badań emisji spalin pojazdów w rzeczywistych warunkach ruchu w Poznaniu wyznaczono wartości natężenia emisji spalin dla grupy pojazdów w odniesieniu do ich norm emisji oraz przebytej przez nich drogi. Największy udział w emisji spalin na rok 2012 w mieście miały autobusy mieszczące się w klasie EURO 3 osiągając 41%. Kolejnymi pojazdami z 30% udziałem emitowania szkodliwych związków były samochody dostawcze, ciężarowe oraz autobusy z normą EURO 4. Samochody osobowe mieszczące się w klasach emisji EURO 0 – EURO 4 oscylowały w okolicach 20% udziału (EURO 5 – ok. 5% udziału) [24].

Zanieczyszczenia gleb i wód znajdujących się wzdłuż ciągów drogowych oraz infrastruktury drogowej zwiększa udział metali ciężkich, środków chemicznymi stosowanymi do odładzania dróg w okresach zimowych (również sól) oraz środków chwastobójczymi używanymi przy utrzymaniu infrastruktury. Dodatkowo emisja powoduje wzrost zawartości ołowiu w powierzchniowych poziomach gleb wpływając niekorzystnie na mikroflorę i mikrofaunę [29].

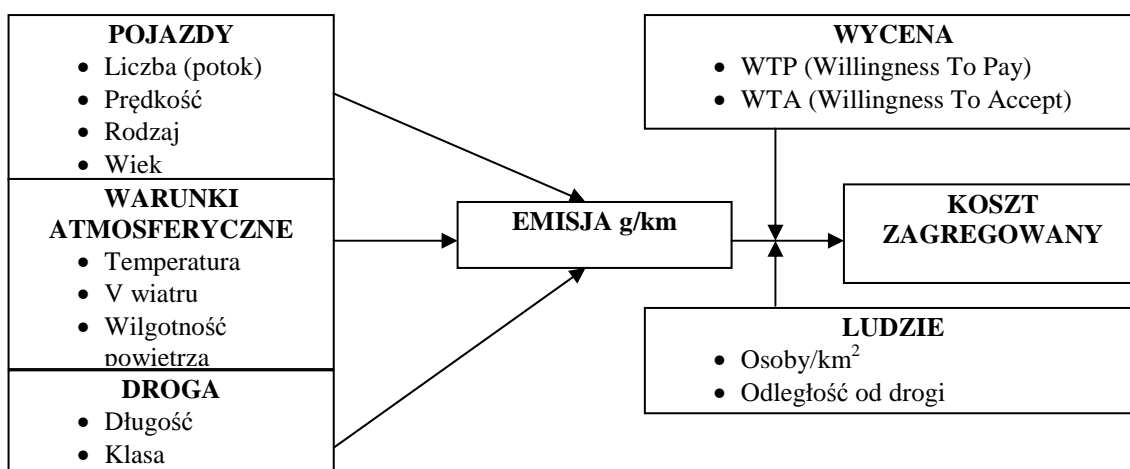
Na podstawie danych Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad przedstawiono przykładowe (dla różnych natężeń ruchu) wyniki prognoz emisji tlenków węgla oraz tlenków azotu w skali rocznej na 1km² powierzchni gleby w otoczeniu drogi (tabela 1).

Tabela. 1. Prognoza emisji spalin

L.p.	Rodzaj drogi	Natężenie ruchu [poj./dobę]	Roczny opad na km ² [t/km ²]		
			CO	CO ₂	NO _x
1.	Autostrada A1: Pyrzowice – Maciejów - Sośnica	46800	35,41	1061	5,85
2.	Autostrada A1: Tuszyn – Pyrzowice	41200	33,69	998	5,26
3.	Autostrada A4: Kraków – Tarnów	30400	27,41	866	4,08

Źródło: opracowanie na podstawie [29].

Głównym etapem oszacowania kosztów zanieczyszczeń wód jest określenie związków pomiędzy emisją i koncentracją zanieczyszczeń. Znacznie trudniej jest wykazać takie relacje w odniesieniu do źródeł ruchomych niż w przypadku źródeł stacjonarnych. Dodatkowo zanieczyszczenia wód ze strony transportu mają nierównomierną tendencję, jeśli chodzi o wielkość tej emisji w czasie. Znaczne nasilenie występuje w okresach opadów deszczu i śniegu. Aby określić straty materialne ponoszone poprzez emisje szkodliwych substancji do powietrza, gleb i wód opracowany został model estymacji kosztów zanieczyszczenia. Jego głównym celem jest uzyskanie przybliżonej wyceny strat wyrażonej w pieniądzu jaką ponoszą środowisko naturalne, nieruchomości i ludzie.



Rys. 2. Model estymacji kosztów zanieczyszczenia środowiska

Źródło: opracowanie na podstawie [18].

Dane wejściowe do modelu estymacji kosztów zanieczyszczenia powietrza (rys. 2) to informacje dotyczące liczby oraz prędkości pojazdów poruszających się na badanym odcinku drogi wraz z informacją o rodzaju pojazdów, ich wieku oraz sposobie zasilania. Istotne jest również scharakteryzowanie rozpatrywanego odcinka drogi, w szczególności jej długości, klasa oraz jej stan. Ważne są także informacje na temat liczby ludności zamieszkującej okolice analizowanej drogi oraz odległość ich domostw od rozpatrywanego odcinka drogi. Pomoże to ocenić straty jakie ponosi społeczeństwo ze względu na emisję szkodliwych substancji.

Ocena propagacji zanieczyszczeń wymaga danych na temat warunków atmosferycznych, w szczególności: temperatury, prędkości i kierunku wiatru oraz wilgotności powietrza [18]. By określić wysokość zagregowanego kosztu powstałego przy propagacji zanieczyszczeń powietrza stosowane są dwie metody „Willingness To Pay” oraz „Willingness To Accept”. Przy wykorzystaniu tych metod będzie możliwe oszacowanie, ile są w stanie „zapłacić” ludzie za przeciwdziałanie skutkom emisji szkodliwych związków powodujących choroby związane z układem oddychania [1].

2.3. Koszty związane z wypadkowością i uszkodzeniem infrastruktury

Z każdym rokiem na polskich drogach pojawia się coraz więcej samochodów. Efektem tego są coraz częstsze wypadki samochodowe, wypadki z udziałem pieszych i rowerzystów oraz uszkodzenia infrastruktury. Na podstawie danych Komendy Głównej Policji za rok 2012 można określić, że głównymi przyczynami wypadków drogowych były nieprawidłowo ustawione lub niedziałające światła (ponad 50% przypadków) oraz zły stan opon (ponad 20% przypadków). Nie są to jednak miarodajne dane, gdyż ich

źródłem są notatki policyjne. W przypadku spraw skierowanych do sądu opracowywane są specjalistyczne opinie biegłych lub rzeczoznawców, które bardzo często wskazują inne przyczyny wypadku.

Koszty zewnętrzne związane z wypadkowością bardzo często wiążą się z nakładami, które nie są pokrywane przez sprawców wypadków, czy też ubezpieczalnie. Wynika z tego, że pomijane są koszty, które są następstwem nieszczęśliwych wypadków. Do tej kategorii kosztów zalicza się [27]:

- koszty medyczne,
- uszkodzenia własności osobistej,
- koszty materialne oraz wypłacane odszkodowania dla ofiar wypadków i ich rodzin,
- koszty ponoszone przez służby prawne, ubezpieczeniowe i ratownicze,
- koszty związane z kategorią na podłożu psychologicznego bólu i cierpienia,
- koszty ponownego przywrócenia osób do czynnego działania w społeczeństwie, tj. przenoszenia inwalidów do innych miejsc pracy oraz koszty ponoszone przez przedsiębiorstwa związane z rekrutacją nowych pracowników,
- wartości związane z życiem i stratami produkcyjnymi.

W zakresie działań prewencyjnych oraz minimalizacji liczby wypadków w Polsce od 2007 r. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad realizuje program ochrony życia i zdrowia ludzi na drogach krajowych pod nazwą „Drogi zaufania”. Jego celem jest poprawa bezpieczeństwa drogowego w zakresie infrastruktury oraz działania edukacyjne mające na celu zmianę niebezpiecznych postaw i zachowań uczestników ruchu drogowego. Od 2010 roku projekt współfinansowany jest przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Infrastruktura i Środowisko [14,19]. W 2011 r. na drogach w ponad 40 tys. wypadków zginęło 4200 osób, a 49,5 tys. zostało rannych. Koszty tych wypadków szacuje się na ponad 20 mld zł. W rzeczywistości koszt wypadków w Polsce może być jeszcze wyższy, jeśli w ślad za krajami wysokorozwiniętymi oszacujemy, iż statystyczna wartości życia utraconego w wyniku wypadku drogowego w kategoriach bólu i cierpienia jakie mu towarzyszą wyniosłby około 65 mld zł, czyli dwukrotnie więcej aniżeli deficyt budżetowy [14, 2].

Drogi krajowe w Polsce to ok. 6% długości wszystkich dróg publicznych, które przenoszą 25% całego ruchu. Liczba ofiar wypadków drogowych to aż 24% ofiar śmiertelnych oraz 34% ciężko rannych [19].

Krajowa Rada Bezpiecznego Ruchu Drogowego podjęła w lipcu 2012 r. decyzję o opracowaniu nowego Programu Działań na rzecz Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego 2011-2020. Głównym celem będzie dążenie do ograniczenia ofiar śmiertelnych [14]:

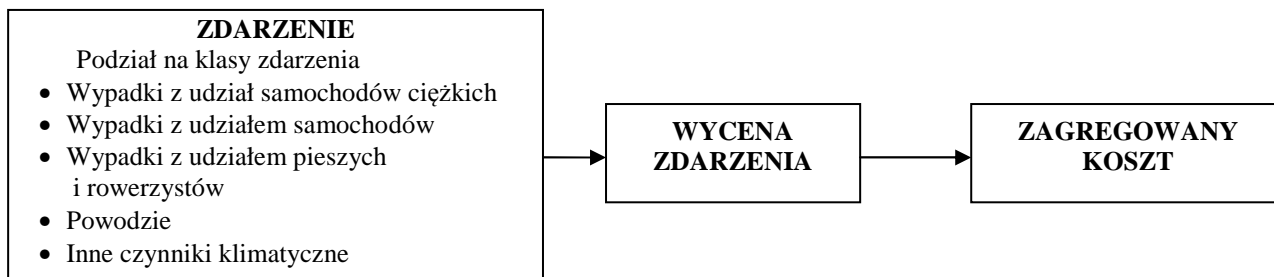
- w roku 2014 do ok. 3140,
- w roku 2017 do ok. 2570,
- w roku 2020 do ok. 2000.

Uszkodzenia infrastruktury

Koszty związane z uszkodzeniami infrastruktury generowane są przez zużycie i degradację dróg, wiaduktów oraz mostów poprzez negatywną działalność transportową jaką są wypadki i kolizje pojazdów, a także poprzez wpływ zmian czynników klimatycznych (np. powodzie). Zmieniający się klimat jest przyczyną występowania coraz częstszych burz, gradobić a nawet małych tornad, które generują w mniejszym lub większym stopniu straty związane z elementami systemu transportowego.

Jak wynika z danych biura ds. usuwania skutków klęsk żywiołowych Ministerstwa Spraw Wewnętrznych i Administracji, straty infrastruktury transportowej wywołane przez powodzie w okresie od maja do czerwca 2010 r. wyceniane są na prawie 1,5 mld zł, z czego wartość strat infrastruktury drogowej wynosi ponad 1 160 mld zł, natomiast infrastruktury kolejowej ok. 250 mln zł. Na prawie 1600 km dróg poddanych przeglądowi 28% wykazywało uszkodzenia uzasadniające konieczność pilnej odbudowy, natomiast 23% było uszkodzonych w stopniu pozwalającym na późniejszy remont [34].

Do kosztów związanych z negatywnymi skutkami występowania czynników klimatycznych należą także koszty zimowego utrzymania dróg. Całkowite koszty ponoszone z tytułu degradacji infrastruktury oraz utrzymania dróg w okresie zimowym ponoszone przez Generalną Dyrekcję Dróg Krajowych i Autostrad wynosiły ponad 2,1 mld zł. Dodatkowo, w przyszłości wydatki te będą stanowić istotny element wszystkich kosztów walki z czynnikami klimatycznymi wpływającymi na funkcjonowanie infrastruktury [34].



Rys. 3. Model estymacji kosztów wypadków i uszkodzeń infrastruktury

Źródło: opracowanie na podstawie [18].

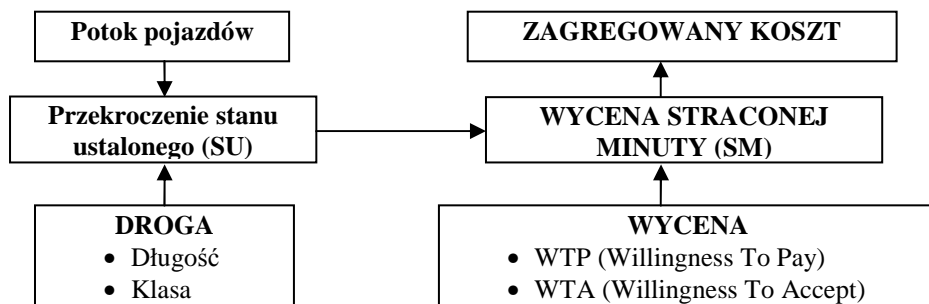
Model estymacji kosztów wypadków i uszkodzeń infrastruktury (rys. 3) umożliwia oszacowanie przybliżonego kosztu zaistniałego zdarzenia. Kolidzja drogowa bądź też uszkodzenia infrastruktury zaliczane są do pewnej klasy zdarzenia m.in.: wypadków z udziałem samochodów ciężkich, osobowych, pieszych i rowerzystów bądź też zdarzeń uwarunkowanych od czynników klimatycznych. Wycena zdarzenia polega na określeniu „wielkości” wypadku i przypisaniu go do wcześniejszych zdarzeń. Na tej podstawie określa się zagregowany koszt, biorąc pod uwagę wysokość środków finansowych ponoszonych na wynikię wcześniej zdarzenia [18].

2.4. Koszty związane z kongestią

Tworzące się zatory komunikacyjne stają się coraz częstszym zjawiskiem występującym nie tylko w dużych miastach, ale również na terenie mniejszych ośrodków zurbanizowanych. Ciągły wzrost liczby pojazdów niesie za sobą efekty w postaci zakłóceń obniżających płynność ruchu.

Obecna tendencja wzrostowa liczebności pojazdów oraz postęp komunikacyjny powodują, iż nie zaspokajają one obecnych potrzeb przewozowych. Skutkiem występowania kongestii jest wydłużony czas jazdy, co powoduje wzrost długości trwania zatorów komunikacyjnych. W konsekwencji dochodzi również do kolizji i wypadków na drodze oraz zwiększenia emisji szkodliwych związków do atmosfery. Ostatecznie powoduje zwiększenie kosztów nie tylko wśród użytkowników infrastruktury, ale również kosztów zewnętrznych związanych z negatywnym działaniem transportu.

Na podstawie raportu opracowanego przez Deloitte i Targeo wykonanego z danych zebranych w systemie Targeo Traffic w październiku 2011 r., przedstawiono wyniki badań występowania zatłoczenia dróg (kongestii) na rzeczywistych pomiarach prędkości pojazdu dla poszczególnych odcinków dróg w dni robocze, wyznaczanych na podstawie danych z ponad 80 tys. urządzeń GPS zainstalowanych w pojazdach. Oszacowano, że w Warszawie na większości ulic w centrum miasta prędkość jazdy samochodem nie przekracza 10 km/h, natomiast w pozostałych częściach układu drogowego miast średnia prędkość wynosi 20 km/h. W efekcie użytkownicy samochodów w stolicy tracą blisko 9 godzin miesięcznie podczas kongestii przy dojeździe do 10 km. W innych miastach takich jak: Łódź, Wrocław, Kraków, Poznań, Katowice i Gdańsk sytuacja nie jest dużo lepsza. Sumaryczne roczne straty z tego tytułu w 7 analizowanych miastach Polski wynoszą ponad 3,1 mld zł rocznie, co stanowi 0,20% PKB [31,32].



Rys. 4. Model estymacji kosztów kongestii

Źródło: opracowanie na podstawie [18].

Na podstawie modelu estymacji kosztów kongestii (rys. 4) możliwe jest oszacowanie kosztów związanych z zagęszczeniem na drogach. Koszty zatłoczenia na pewnym odcinku drogi to funkcja całkowitych strat w wartości czasu, które użytkownicy wywierają na innych użytkownikach infrastruktury drogowej.

Głównymi danymi wejściowymi opisującymi zaistniałe zdarzenie są informacje dotyczące liczby pojazdów poruszających się na badanym odcinku drogi wraz z informacją o sytuacji, w której dojdzie do powstania kongestii, czyli przekroczenia stanu ustalonego (SU), czyli maksymalnej liczbie pojazdów, która może się przemieszczać w pewnej ciągłości na określonym odcinku drogi [18]. Do wyceny utraconego czasu wykorzystywane są metody „Willingness To Pay” oraz „Willingness To Accept”, dzięki którym możliwe jest określenie jaką wartość ma każda stracona minuta (SM) „stania” w samochodowym zatorze [1]. Elementem wyjściowym całego modelu jest koszt zagregowany, który jest łącznym kosztem związanym z powstawaniem zjawiska kongestii na danym odcinku drogi.

3. INTERNALIZACJA KOSZTÓW ZEWNĘTRZNYCH

Internalizacja kosztów transportu drogowego jest procesem zmuszającym użytkownika infrastruktury do włączenia w swój rachunek ekonomiczny kosztów przez siebie spowodowanych. Głównym celem internalizacji jest optymalizowanie systemu transportowego, poprzez instrumenty mające na celu poprawę infrastruktury transportowej i technologii wykorzystywanej w transporcie. Wymaga to stosowania zasady „użytkownik płaci” oraz rozwijania i wdrażania zasady „zanieczyszczający płaci” [27].

Użytkownicy transportu ponoszą koszty bezpośrednio związane z użytkowaniem ich środka transportu (paliwo, ubezpieczenie, opłaty za przejazd płatnymi drogami itd.). Powodują oni również negatywne skutki, których koszty dotyczą społeczeństwo, a których sami bezpośrednio nie pokrywają (koszty zewnętrzne) [16]. Każdy koszt zewnętrzny posiada cechy charakterystyczne wymagające zastosowania odpowiednich instrumentów ekonomicznych. Niektóre koszty związane są z korzystaniem z infrastruktury i zmieniają się w zależności od czasu i miejsca. Dotyczy to zatorów komunikacyjnych, zanieczyszczenia powietrza, hałasu i wypadków, które mają znaczny wymiar lokalny i zmieniają się w zależności od czasu, miejsca i rodzaju sieci [16].

Internalizacja kosztów zewnętrznych transportu drogowego umożliwia uzyskanie środków na likwidację negatywnych skutków transportu. Usprawnia także system poboru opłat, co powoduje, że użytkownik nie tylko ponosi koszty prywatne, ale także koszty zewnętrzne, które sam generuje swoim środkiem transportu.

Unia Europejska tworzy projekty dotyczące internalizacji kosztów transportu, które swoim działaniem degraduje środowisko, infrastrukturę oraz wpływają negatywnie na życie ludzi. Wytyczne europejskiej polityki transportowej na najbliższe lata zaprezentowane zostały w postaci Białej Księgi Transportu, zatwierdzonej w marcu 2011 roku. Najważniejszym założeniem Księgi jest utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu – dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu.

W Polsce najważniejsze ustalenia ujęte zostały w treści Polityki Transportowej Państwa na lata 2006 - 2025, której głównym założeniem jest „poprawę jakości systemu transportowego i jego rozbudowę zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju” [28].

4. PODSUMOWANIE

Precyzyjna identyfikacja struktury kosztów zewnętrznych transportu oraz szacowanie ich wielkości w funkcji czasu lub przebytej drogi nie jest możliwa. Istnieją jednak metody estymacji tych kosztów, które zwracają szacunkowe wartości kosztów. W opracowaniu przedstawiono przykładowe modele estymacji różnych kategorii kosztów transportowych. Analiza kosztów zewnętrznych może stać się istotnym elementem kosztów transportowych a co za tym idzie logistyki w obszarach dostaw, produkcji i dystrybucji [9, 14, 20, 21]. Kolejne prace w tym zakresie powinny obejmować negatywne zjawiska drganiowe generowane przez elementy suprastruktury transportu [6, 17, 23, 26].

Na podstawie opracowania Parlamentu Europejskiego „Obliczenia kosztów zewnętrznych w sektorze transportu” wskazano wagę każdego czynnika zewnętrznego według różnych rodzajów transportu. Dla każdego czynnika określono najczęściej stosowane podejście metodyczne wraz z najważniejszymi zmiennymi, które uwzględniono przy ustalaniu estymacji kosztów. Według badań i analiz wykazano, iż transport samochodowy ma najwyższe wskaźniki ze wszystkich rodzajów transportu w generowaniu wysokich kosztów zewnętrznych. Jediną ustępującą gałęzią mającą najniższy udział w wypadkowości i niski udział w kongestii to transport lotniczy.

Streszczenie

W artykule przedstawiono podział kosztów zewnętrznych w transporcie samochodowym. Opisano metody, dzięki którym wyliczane są poszczególne grupy kosztów oraz internalizacja kosztów zewnętrznych mające na celu uzyskanie środków finansowych na przeciwdziałanie negatywnym skutkom działalności transportu samochodowego. Przedstawiono przykładowe modele estymacji różnych kategorii kosztów transportowych. Na podstawie opracowania Parlamentu Europejskiego wskazano wagę każdego czynnika zewnętrznego według różnych rodzajów transportu. Dla każdego czynnika określono najczęściej stosowane podejście metodyczne wraz z najważniejszymi zmiennymi, które uwzględniono przy ustalaniu estymacji kosztów. Według badań i analiz wykazano, iż transport samochodowy ma najwyższe wskaźniki ze wszystkich rodzajów transportu w generowaniu wysokich kosztów zewnętrznych.

Słowa kluczowe: koszty zewnętrzne transportu, internalizacja kosztów, metody szacowania kosztów zewnętrznych.

Classification and internalisation of external cost in road transport

Abstract

The paper presents the classification of external costs in road transport. It presents methods necessary for calculating particular groups of costs measurement as well as internalisation of external costs aimed at obtaining financial means for preventing the negative effects of road transport. The paper presents examples of models estimating the different categories of transport costs. On the basis of the development of the European Parliament the importance of each external factors of different modes of transport were pointed out. For each factor, the most commonly used methodological approach was determined, together with the most important variables were taken into account when determining the estimation of costs. According to research and analysis it was proved that road transport has the highest rates of all types of transport in the generation of high external costs.

Key words: external costs of transport, internalization of costs, methods for estimating external costs.

LITERATURA

- [1] Ahlchheim M., Buchholz W.: Reflections on the Difference between „Willingness To Pay” and „Willingness To Accept”, Germany, dane z Internetu: www.wiwi.uni-regensburg.de (10.06.2013r.).
- [2] Breńska U., Kretkiewicz B., Jażdżik-Osmólska A.: Szacunek kosztów wypadków drogowych w Polsce i próba ich internalizacji w ramach prac badawczych IBDiM w Warszawie, Zakład Ekonomiki Instytutu Badawczego Dróg i Mostów, Warszawa, 2012.
- [3] Burdzik R., Śmigalski G.: Analiza porównawcza hałasu komunikacyjnego dla różnych parametrów potoków ruchu, Zeszyty Naukowe Pol. Śl., nr 1882 Transp. z. 78, s. 31-38, 2013.
- [4] Burdzik R.: Badania hałaśliwości opon samochodowych (I) Źródła hałasu w pojazdach samochodowych, edroga.pl EKKOM, Kraków, 2012.
- [5] Burdzik R.: Badania wpływu ciśnienia w ogumieniu na hałas generowany przez opony samochodowe, Zeszyty Naukowe Pol. Śl., nr 1882 Transp. z. 78, s. 13-18, 2013.
- [6] Burdzik R.: Identification of structure and directional distribution of vibration transferred to car-body from road roughness, Journal of Vibroengineering Vol. 16, Issue 1, s. 324-333, 2014.
- [7] Burdzik Rafał, Konieczny Łukasz: Research into noise emissions by a car combustion engine exhaust system, Zeszyty Naukowe Akademii Marynarki Wojennej rok LII nr 1, s. 7-12, 2011.
- [8] Datka S., Suchorzewski W., Tracz M.: Inżynieria ruchu. WKiŁ, Warszawa 1997.
- [9] Dohn K., Matuszek M., Odlanicka-Poczobutt M.: Ocena efektywności kanałów dystrybucji w wybranym przedsiębiorstwie produkcyjnym. Cz. 1, , Logistyka, vol. 4, s. 99-106, 2012.
- [10] Ejsmont J., Ronowski G.: Hałas pojazdów w trakcie manewrowania z małymi prędkościami - model CP2009 cz. 1-3, edroga.pl EKKOM, Kraków, 2010.

- [11] Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad: Załącznik do Zarządzenia nr 18: Wytyczne zimowego utrzymania dróg, Warszawa, 30 czerwca 2006.
- [12] Ignaciuk P.: LPGTECH – nowe polskie instalacje gazowe, Czasopismo: Samochody specjalne, Komponenty i akcesoria, nr 9, s. 78-80, 2011.
- [13] Jacyna M., Szczepański E.: Holistic approach to the ecological cargo distribution in urban areas with the use of multi-modal transport, WIT Transactions on the Built Environment, 130, 2013.
- [14] Jarmuziewicz T.: Materiał do wystąpienia Sekretarza Stanu w MTBiGM, Zastępcy Przewodniczącego KRBRD na Międzynarodowym Kongresie Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego w ramach „Drogi Zaufania”, Wrocław, 4-6 grudnia 2012.
- [15] Karbownik A., Dohn K., Sienkiewicz-Małyjurek K.: Value chain analysis of environmental management in urban areas. Case study: Metropolitan Association of Upper Silesia, Pol. J. Environ. Stud., vol. 21 no. 4, s. 911-921, 2012.
- [16] Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów – Strategia na rzecz wdrożenia internalizacji kosztów zewnętrznych, dane z Internetu: www.eur-lex.europa.eu/LexUriServ (10.06.2013r.).
- [17] Korzeb J., Nader M., Rózowicz J.: Review and estimation of traffic generated vibration developed in proximity of Warsaw subway line, 12th International Congress on Sound and Vibration, s. 5048-5055, 2005.
- [18] Kowal G.: Identyfikacja i estymacja zewnętrznych kosztów transportu samochodowego szansą dla realizacji idei zrównoważonego transportu. Materiały Krakowskiej Konferencji Młodych Uczonych, Kraków 25-27.09.2008.
- [19] Krajowa Rada Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego: Raport stanu bezpieczeństwa ruchu drogowego. Działania realizowane w zakresie bezpieczeństwa ruchu drogowego w 2011 roku oraz rekomendacje na rok 2012, Warszawa, 2012.
- [20] Kramarz M.: Modelowanie symulacyjne kooperacji przedsiębiorstw w sieci dystrybucji, Logistyka, vol. 4, 2011.
- [21] Kramarz M.: Strategie przedsiębiorstw transportowych w sieciach logistycznych, Logistyka, vol. 4, 2010.
- [22] Lewczuk K., Żak J., Pyza D., Jacyna-Gołda I.: Vehicle routing in an urban area: environmental and technological determinants, Urban Transport XIX 130, s. 373-384, 2013.
- [23] Lozia Z.: Truck front wheels and axle beam vibrations, 5th Mini Conference on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies (VSDIA 96), Budapest, 1996.
- [24] Merkisz J., Pielcha J., Nowak M.: Emisja zanieczyszczeń z pojazdów w rzeczywistych warunkach na przykładzie aglomeracji poznańskiej. Postępy Nauki i Techniki nr. 15, Politechnika Poznańska, 2012.
- [25] Merkisz-Guranowska A., Merkisz J., Kozak M., Jacyna M.: Development of a sustainable road transport system, WIT Transactions on the Built Environment, 130, 2013.
- [26] Nader M., Chudzikiewicz A.: The energy flow method for estimation of the vibrations effect on man-vehicle systems, Machine Dynamic Problems, vol. 28, no. 2, s. 7-22, 2004.
- [27] Pawłowska B.: Zewnętrzne koszty transport. Problemy ekonomicznej wyceny. Wyd. Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2000.
- [28] Polityka Transportowa Państwa na lata 2006-2025, Ministerstwo Infrastruktury, Warszawa, 27 czerwca 2005.
- [29] Prognoza oddziaływania na środowisko skutków realizacji Programu Budowy Dróg Krajowych na lata 2011-2015, Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, Warszawa, grudzień 2010.
- [30] Radan D., Rafaeli S.: Subjective value of information: the endowment effect, Haifa, University of Haifa, 2002.
- [31] Raport Detoitte i Targeo 2012, dane z Internetu: www.targeo.pl (10.06.2013r.).
- [32] Raport o korkach w 7 największych miastach Polski: Warszawa, Łódź, Wrocław, Kraków, Katowice, Poznań, Gdańsk”. 2012.
- [33] Rozporządzenie (WE) nr 715/2007 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie homologacji typu pojazdów silnikowych w odniesieniu do emisji zanieczyszczeń pochodzących z lekkich pojazdów pasażerskich i użytkowych (Euro 5 i Euro 6), dane z Internetu: www.eur-lex.europa.eu/LexUriServ (10.06.2013r.).
- [34] Rymśa B.: Identyfikacja i zestawienie propozycji działań służących ograniczeniu skutków zmian klimatu dla sektora transportu, Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa, 2011.
- [35] Technologia BEV - Battery Electric Vehicle, dane z Internetu: www.autocentrum.pl (10.06.2013r.).
- [36] Wpływ ciśnienia w ogumieniu na hałas generowany przez opony samochodowe, dane z Internetu: www.edroga.pl (10.06.2013 r.).