

Maciej Gis

maciej.gis@its.waw.pl

Instytut Transportu Samochodowego

EMISJA DWUTLENKU WĘGLA Z TRANSPORTU DROGOWEGO - CZ. 1 SAMOCHODY KLASY LDV

Sektor transportu drogowego jest jednym z lepiej rozwijających się sektorów gospodarki. Wraz ze zwiększaniem się liczby pojazdów na świecie pojawia się coraz większy problem z emisją substancji szkodliwych do atmosfery. Związane jest to także bezpośrednio z emisją gazów cieplarnianych, jak też wpływem na środowisko naturalne człowieka. Jednym z gazów cieplarnianych jest dwutlenek węgla. Jego nadmierna emisja bezpośrednio przyczynia się do zwiększenia efektu cieplarnianego, jak też oddziałuje na środowisko naturalne człowieka. Unia Europejska oraz inne organizacje legislacyjne starają się poprzez różnego typu unormowania prawne, narzucać zmniejszenie m.in. emisji dwutlenku węgla. Jednym z sektorów gospodarki odpowiedzialnych za emisję CO₂ jest transport, w tym transport drogowy. Unia Europejska narzuciła na producentów pojazdów limity emisji CO₂ z flot pojazdów. Będą one z roku na rok coraz bardziej restrykcyjne, aby osiągnąć optymalny poziom emisji dwutlenku węgla.

W niniejszym artykule przedstawiono: wpływ transportu drogowego na emisję dwutlenku węgla oraz obowiązujące w tym zakresie przepisy – cz. 1 samochody klasy LDV. Sposoby ograniczania emisji dwutlenku węgla w sektorze transportu drogowego oraz obowiązujące przepisy co do emisji CO₂ z samochodów klasy HDV, będą analizowane w drugim artykule – „Emisja dwutlenku węgla z transportu drogowego – cz. 2 samochody klasy HDV”.

Słowa kluczowe: dwutlenek węgla, przepisy, emisja, pojazdy LDV, pojazdy HDV

CARBON DIOXIDE EMISSIONS FROM ROAD TRANSPORT - PART 1 LIGHT VEHICLES

The road transport sector is one of the better developing sectors of the economy. With the increase in the number of vehicles in the world there is an increasing problem with the emission of harmful substances into the atmosphere. It is also directly related to the emission of greenhouse gases, as well as the impact on the natural environment. One of the greenhouse gases is carbon dioxide. Its excessive emission directly contributes to the increase of the greenhouse effect from this gas, as well as effects on the natural human environment. The European Union and other legislative organizations are trying through various types of legal regulations, imposing a reduction, among others, carbon dioxide emissions. One of the sectors of the economy responsible for CO₂ emissions is transport, including road transport. The European Union has imposed CO₂ emission limits on vehicle fleets of vehicle manufacturers. They will be more and more restrictive every year to achieve optimal levels of carbon dioxide emissions.

This article presents: the impact of road transport on carbon dioxide emission and the regulations in force in this respect - part 1 light vehicles. Ways to reduce carbon dioxide emissions in the road transport sector and the current regulations regarding CO₂ emissions from heavy vehicles will be analyzed in the second article - „Carbon dioxide emissions from road transport - part 2 heavy vehicles”.

Key words: carbon dioxide, regulations, emissions, LDV vehicles, HDV vehicles

1. Wprowadzenie

Silniki spalinowe są uważane za jedno z największych odkryć współczesnego świata. To dzięki nim zrewolucjonizowany został szeroko pojęty transport. Z biegiem lat ich konstrukcja staje się coraz bardziej skomplikowana oraz zaawansowana m.in. pod względem wykorzystywanych materiałów, jak też precyzji montażu.

W chemicznym procesie spalania, dochodzi do powstawania substancji szkodliwych. Jeżeli w procesie spalania wszystkie składniki palne ulegną spalaniu to wtedy występuje spalanie całkowite. Aby nastąpiło całkowite spalanie mieszanina paliwowo-powietrzna musi posiadać optymalną ilość powietrza, którą można też wyznaczyć z równań chemicznych. Do określenia proporcji składników mieszaniny paliwowo-powietrznej wykorzystuje się współczynnik nadmiaru powietrza λ [2], [7], [14]:

$$\lambda = \frac{m_{pow}}{m_{pal} \times L_t} \quad (1)$$

gdzie:

m_{pow} – masa powietrza w mieszance paliwowo-powietrznej [kg],

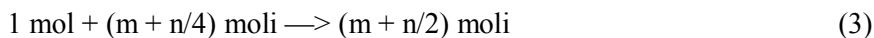
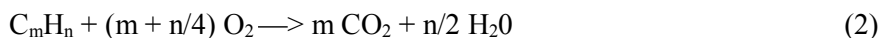
m_{pal} – masa paliwa w mieszance paliwowo-powietrznej [kg]

L_t – teoretyczna masa powietrza niezbędna do spalania 1 kg paliwa.

Rozróżnia się trzy stany:

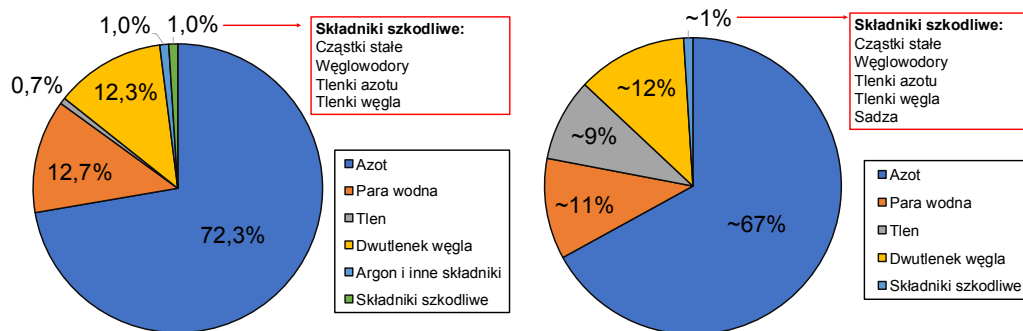
- jeżeli w mieszance jest za dużo paliwa lub za mało powietrza wówczas $\lambda < 1$ (mieszanka bogata),
- jeżeli w mieszance jest za mało paliwa lub za dużo powietrza wówczas $\lambda > 1$ (mieszanka uboga),
- jeżeli w mieszance jest odpowiednia ilość powietrza wówczas $\lambda = 1$ (mieszanka stechiometryczna).

W przypadku mieszanki o składzie stechiometrycznym ($\lambda = 1$) spalanie całkowite i zupełne przebiega według redukcji utleniania, którą można zapisać równaniem stechiometrycznym:



Masa tlenu w takiej mieszance jest dokładnie taka, jaka według powyższego równania jest konieczna do spalania masy paliwa znajdującego się w mieszance. W związku z tym po procesie spalania powinny pozostać tylko dwutlenek węgla (CO_2) i para wodna (H_2O). W rzeczywistych warunkach procesu spalania, również mieszanki stechiometrycznej, spaliny emitowane przez silnik (ZI, ZS) mają określony skład. Tylko ok. 1% ich objętości stanowią składniki szkodliwe (rys. 1) [1], [3], [12], [14].

Emisja dwutlenku węgla...



Rys. 1. Udziały objętościowe składników spalin z silnika spalinowego ZI (lewy) i ZS (prawy) [14]
 Fig. 1. Volumetric shares of exhaust components from an internal combustion engine spark-ignition (left) and self-ignition (right) [14]

W praktyce udziały dwutlenku węgla (CO₂), tlenku węgla (CO) i tlenu (O₂) w spalinach, są określane przez podanie ich udziału objętościowego UOBJ, obliczanego ze wzoru [14]:

$$UOBJ = \frac{VSSP}{VCSP} \quad (4)$$

gdzie:

VSSP – stosunek objętości mierzonego składnika spalin znajdującego się w spalinach

VCSP – całkowita objętość spalin

Jest to stosunek objętości mierzonego składnika spalin VSSP, który znajduje się w spalinach, do całkowitej objętości spalin VCSP. Jest on podawany w procentach i oznaczany [%vol.=%obj.]. Jest to więc informacja, jaki procent objętości spalin zajmuje mierzony składnik [14].

Zawartość w spalinach innych składników tj. np.: węglowodorów (HC) oraz tlenków azotu (NO_x) jest określana też jako udział objętościowy, ale ze względu na ich małe zawartości stosuje się jednostki [ppm]. Oznaczenie [ppm] to skrót z języka angielskiego, od słów parts per million, oznaczający jednomilionową część objętości, a więc 1ppm = 0,01 %obj. [12], [14].

Dwutlenek węgla (CO₂) to produkt spalania węgla (C) składnika paliwa węglowodorowego [14]. Reakcję spalania węgla można opisać w następujący sposób [9]:



W silnikach o zapłonie samoczynnym emisja CO₂ jest mniejsza niż w silnikach o zapłonie iskrowym (m.in. ze względu na mniejsze zużycie paliwa), istotnym jest tu jednak powstawanie cząstek stałych PM i tlenków azotu NO_x. Powstawanie PM jest zależne od ilości wolnego tlenu. Liczba cząstek stałych zwiększa się wraz ze wzbogaceniem mieszanki. Szczególnie duże zwiększanie liczby cząstek stałych występuje dla współczynników nadmiaru powietrza bliskich dolnej granicy wartości, tj. w zakresie od 1,5 do 1,1. Stężenie CO w spalinach silnika o zapłonie samoczynnym jest małe. Emisja węglowodorów (THC) zwiększa się wraz ze zubożaniem mieszanki paliwowo-powietrznej. W przypadku tlenków azotu (NO_x), najbardziej sprzyjające warunki występują podczas spalania mieszanek nieznacznie zubożonych. Aby powstały tlenki azotu, muszą być spełnione następujące warunki: wysoka temperatura spalania oraz wolne cząsteczki tlenu. Spalanie w silnikach o zapłonie samoczynnym z reguły odbywa się w warunkach nadmiaru powietrza, co sprzyja powstawaniu tlenków azotu. Tlenki siarki pochodzą z utleniania siarki znajdującej się w oleju napędowym [9], [11], [15].

2. Emisja gazów cieplarnianych (dwutlenku węgla) z transportu drogowego

Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych jest jednym z największych wyzwań na świecie. Zalicza się do nich przede wszystkim: parę wodną, dwutlenek węgla – CO₂, metan CH₄, podtlenek azotu N₂O, ale też gazy przemysłowe czy heksafluorki siarki SF₆ [2], [8], [12], [13], [16].

Gazy cieplarniane zapobiegają wydostawaniu się promieniowania podczerwonego, czyli promieniowania elektromagnetycznego o długości fal pomiędzy światłem widzialnym, a falami radiowymi tj. w zakresie 780 nm do 1mm, z Ziemi, pochłaniając je i oddając do atmosfery. Efektem takiego działania jest zwiększanie się temperatury powierzchni Ziemi [12], [13].

W atmosferze występowanie gazów cieplarnianych jest efektem procesów naturalnych oraz antropogenicznych. W pierwszym przypadku wynika to choćby z aktywności wulkanicznej czy flory i fauny. Natomiast w drugim jest to w głównej mierze wynik działalności człowieka np. spalanie paliw kopalnych czy wylesianie [12], [13].

Problem efektu cieplarnianego oraz jego nasilenia przez ostatnie lata ma bezpośredni wpływ na człowieka, co stanowi duży problem. Część naukowców uważa, że emisja antropogeniczna (wv. emisja związana z działalnością człowieka, bądź jego bezpośrednim wpływem na emisję) gazów cieplarnianych w stosunku do występującej emisji w sposób naturalny jest niewielka. Wydaje się jednak, że ma to wpływ na występowanie lokalnego zatrucia środowiska, objawiającego się np. występowaniem opadów kwaśnych deszczy i smogiem (londyński, kalifornijski, krakowski) [12], [16].

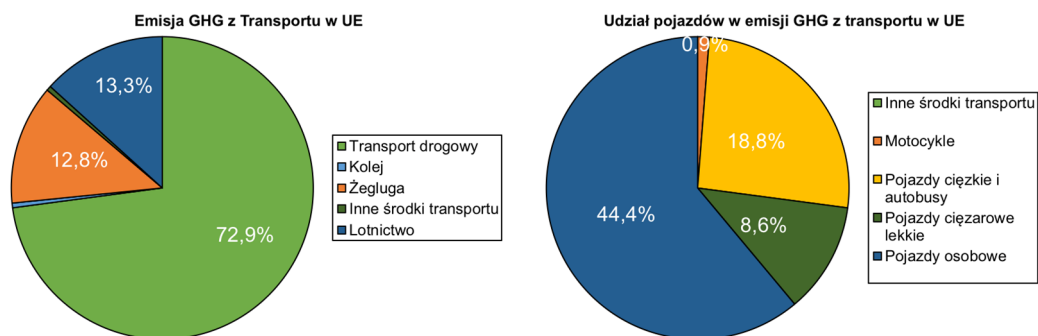
W transporcie drogowym pojazdy samochodowe (kategorii M i N) [10], [17], zasilane paliwami konwencjonalnymi, mają swój udział, emitując do atmosfery gazy cieplarniane przede wszystkim takie jak: CO₂, CH₄, czy N₂O, jak i inne substancje zanieczyszczające, szczególnie tlenki azotu NO_x i cząstki stałe PM, te ostatnie pochodzące w znaczącym stopniu z silników o zapłonie samoczynnym.

W 2015 r. udział sektora transportu w emisji gazów cieplarnianych w EU-28 wynosił 25,8%. W UE (2015 r.) transport drogowy odpowiadał za prawie 73% całkowitej emisji gazów cieplarnianych z transportu (łącznie z transportem lotniczym międzynarodowym). Z tych emisji za 44,5% odpowiadały samochody osobowe, a za 18,8% samochody ciężarowe i autobusy [6].

Emisja dwutlenku węgla...

W porównaniu z 2014 r. emisje gazów cieplarnianych w UE z transportu międzynarodowego zmniejszyły się o 1,1% w 2015 r. i były na poziomie z 2000 r. Jednak do 2050 r. będą musiały zostać zmniejszone o ponad 28%, aby osiągnięty był cel redukcji tej emisji o 40% w stosunku do poziomu z 2005 r. [6].

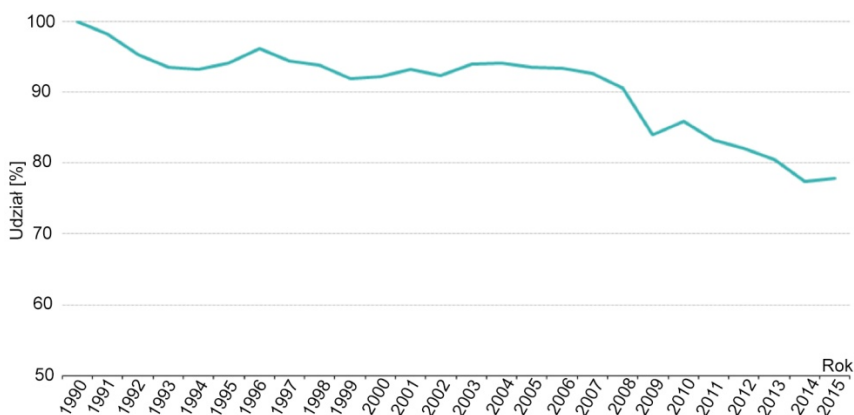
W 2015 r. ww. emisje w sektorze transportu (włącznie z lotnictwem, ale z wyłączeniem żeglugi międzynarodowej) nadal były o ponad 23% większe niż poziom z 1990 r. Dlatego emisje te będą musiały zostać zmniejszone o co najmniej 67% do 2050 r., aby osiągnąć cel redukcji emisji gazów cieplarnianych o 60%. Stanowi to założenie UE z 2011 roku (rys. 2) [6].



Rys. 2. Udziały procentowe środków transportu oraz grup pojazdów w sektorze transportu drogowego, w całej emisji GHG w Unii Europejskiej w 2015 roku [6]

Fig. 2. Percentages of means of transport and vehicle groups in the road transport sector, in the entire GHG emission in the European Union in 2015 [6]

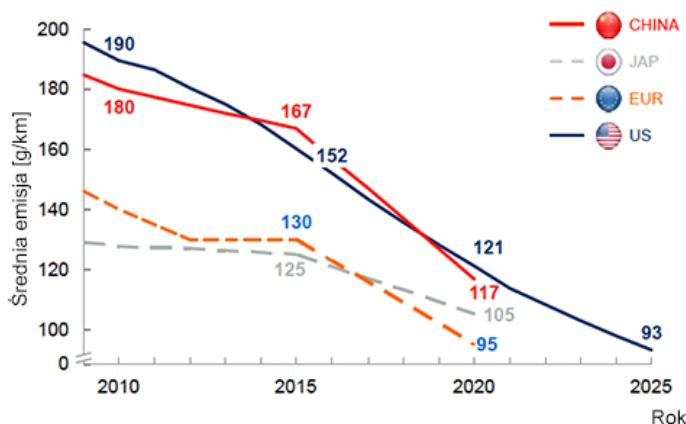
Warto też zwrócić uwagę na europejski trend zmniejszania emisji dwutlenku węgla. Za podstawę (100%) przyjmowany jest poziom emisji dwutlenku węgla z roku 1990. Unia Europejska w swoich postulatach przewiduje znaczące zmniejszenie tego poziomu do 2025 roku. Po upływie 25 lat średni poziom emisji CO₂ zmniejszył się o ponad 20%. Jest to duże osiągnięcie, jednak jeszcze niewystarczające (rys. 3).



Rys. 3. Średnia emisja CO₂ (w tym z lotnictwa międzynarodowego) z 28 krajów UE w latach 1990-2015 (1990 – 100%) [4]

Fig. 3. Average CO₂ emissions (including from international aviation) from 28 EU countries in the years 1990-2015 (1990 – 100%) [4]

W celu ustalenia ogólnych zasad dotyczących emisji substancji szkodliwych spalin z silników pojazdów, zostały wprowadzone odpowiednie normy. Światowy trend zmniejszania emisji substancji szkodliwych spalin z pojazdów zakłada znaczące ich zmniejszenie, w tym w odniesieniu do emisji CO₂. Poniższy rys. 4 przedstawia zakładane zmniejszenie emisji dwutlenku węgla w odniesieniu do producentów flot pojazdów lekkich do 2025 roku.



Rys. 4. Założenia zmniejszenia emisji dwutlenku węgla dla producentów flot pojazdów lekkich na świecie w perspektywie do 2025 roku [19]

Fig. 4. Assumptions of reducing carbon dioxide emissions for light vehicle fleet manufacturers in the world in the perspective of 2025 [19]

W przypadku Europy producenci pojazdów mają za zadanie spełnić m.in. ustanowione normy emisji spalin Euro. Najnowszą i obecnie obowiązującą jest norma Euro 6 dla samochodów osobowych, a dla pojazdów ciężkich jest to Euro VI [18].

Warto zwrócić uwagę, że obowiązujące normy Euro nie narzucają producentom limitów związanych z emisją dwutlenku węgla. Jest to prawdopodobnie związane z faktem, że najskuteczniejszą metodą ograniczenia emisji CO₂ jest zmniejszenie zużycia paliwa, lub stosowanie paliw o małej zawartości węgla, np. paliw z dużą zawartością metanu CH₄ [14].

3. Przepisy dotyczące emisji dwutlenku węgla

Pojazdy lekkie – samochody osobowe i lekkie samochody ciężarowe są odpowiedzialne według Komisji Europejskiej za ok. 15% emisji CO₂ w krajach UE. Poniżej przytoczono unijne przepisy dotyczące emisji CO₂ dla ww. pojazdów.

Średnio, emisja drogowa z nowo sprzedanych w 2016 r. samochodów wyniosła 118,1 gCO₂/km, a więc poniżej limitu 130 g/km CO₂ w 2015 r. Powyższy limit z 2015 r. korespondował ze zużyciem paliwa ok. 5,6 dm³/100 km w przypadku benzyny lub 4,9 dm³/100 km w przypadku oleju napędowego.

Ta legislacja od początku 2010 r. spowodowała zmniejszenie emisji drogowej CO₂ o 22 g/km CO₂ (16%).

W dniu 8 listopada 2017 r. KE przedstawiła wniosek legislacyjny określający nowe normy emisji CO₂ w przypadku lekkich samochodów osobowych i ciężarowych, po

2020 r. Zaproponowano przy tym mechanizmy zachęt dla produkcji samochodów bezemisyjnych i niskoemisyjnych.

Począwszy od 2020 r. do 2021 r. średnia emisja drogowa CO₂ powinna wynieść dla wszystkich nowych samochodów osobowych danego producenta 95 g/km CO₂, co odpowiadałoby zużyciu paliwa 4,1 dm³/100 km (benzyna) i 3,6 dm³/100 km (olej napędowy).

W okresie od 2015 do 2021 r. spodziewane jest zmniejszenie emisji CO₂ od 18% do 40% w porównaniu do 2007 r. (przy średniej emisji drogowej CO₂ 158,7 g/km w tym roku).

Do 2025 r. omawiana emisja, zarówno w odniesieniu do samochodów osobowych, jak i lekkich samochodów ciężarowych, będzie o 15% mniejsza niż w 2021 r.

Średnia emisja CO₂ floty nowych samochodów osobowych w UE w 2030 r. będzie musiała być o 30% mniejsza niż w 2021 r.

W przypadku samochodów osobowych założono emisję CO₂ w latach 2020/2021 w wysokości 95 g/km CO₂ w oparciu o pomiary w cyklu NEDC.

Począwszy od 2021 r. docelowe poziomy emisji CO₂ oparte będą na badaniach w nowym cyklu WLTP, wprowadzonym 1 września 2017 r. Ponieważ procedura ta wprowadzana będzie stopniowo w ciągu kolejnych lat, zaproponowano procentowe zmniejszenia emisji CO₂ w porównaniu z wartości średniej w 2021 r. Producenci odpowiedzialni za mniej niż 1000 rejestracji rocznie zostali zwolnieni z ww. celów emisyjnych.

Proponowane zmiany łączą docelowe poziomy emisji CO₂ w latach 2025 i 2030 z neutralnym technologicznie mechanizmem zachęt w odniesieniu do pojazdów bezemisyjnych i małej emisji, dla promocji tzw. „czystych” pojazdów.

Zachęty te odnoszą się do pojazdów bezemisyjnych tj. pojazdów w pełni elektrycznych lub wyposażonych w ogniwa paliwowe oraz do pojazdów niskoemisyjnych (o emisji poniżej 50 g/km CO₂ (głównie samochody hybrydowe typu plug-in).

W stosunku do producentów ww. samochodów posiadających udział tych pojazdów we flocie ich pojazdów wynoszący 15% w 2025 r. i 30% w 2030 r. obowiązywać będą mniej rygorystyczne cele emisyjne CO₂. Uwzględnia się przy tym emisyjną efektywność omawianych pojazdów, w konsekwencji pojazd bezemisyjny będzie powodował większe korzyści przeliczeniowe dla danego producenta.

Limity emisji CO₂ są ustalane w zależności od masy pojazdu w oparciu o tzw. krzywą wartości granicznych, kształtowaną w oparciu o zasadę, że cięższe samochody charakteryzują się większą emisją niż lżejsze. Regulacja dotyczy w tym przypadku wartości średniej emisji, a więc producenci mogą wytwarzać pojazdy o wartościach emisji CO₂ powyżej wartości granicznej, o ile zrównoważone jest to przez produkcję pojazdów o wartościach emisji CO₂ poniżej wartości granicznej. Cel 130 g/km CO₂ wprowadzono w latach 2012-2015. Od 2015 r. emisja CO₂ wszystkich nowo zarejestrowanych samochodów musi kształtować się zgodnie z ww. krzywą. Limit 95 g/km CO₂ obowiązywać będzie krócej. Aż w 95% przypadków emisja CO₂ w nowych samochodach każdego producenta musi kształtować się w 2020 r. zgodnie z ww. krzywą, a w 2021 już w 100%.

Jeżeli średni poziom emisji CO₂ w gamie wszystkich pojazdów danego producenta przekracza wartość dopuszczalną w dowolnym roku począwszy od 2012 r., musi on uiścić opłatę z tytułu przekroczenia tej emisji w przypadku każdego zarejestrowanego samochodu. Opłata ta wynosi:

- 5 EUR za pierwszy g/km przekroczenia,

- 15 EUR za drugi g/km przekroczenia,
- 25 EUR za trzeci g/km przekroczenia,
- 95 EUR za każdy kolejny g/km przekroczenia.

Od 2019 r. ww. opłata będzie wynosić 95 EUR począwszy od pierwszego g/km przekroczenia.

Innowacyjne technologie będą brane pod uwagę nawet, jeżeli w niektórych przypadkach nie jest możliwe wykazanie w procedurze homologacji wpływu takiej technologii na zmniejszenie emisji CO₂. Producentom stosującym te technologie można bowiem przyznać kredyty emisyjne wynoszące maksymalnie 7 g/km CO₂ rocznie w przypadku ich floty.

Producentom pojazdów o wyjątkowo małej emisji (poniżej 50 g/km CO₂) przyznawane są super kredyty emisyjne. Każdy samochód o małej emisji uznawany jest za:

- 3,5 samochodów (z lat 2012-2013),
- 2,5 samochodu w 2014 r.,
- 1,5 samochodu w 2015 r.,
- 1,0 samochód (od 2016 do 2019 r.).

Super kredyty emisyjne będą również miały zastosowanie w drugim etapie zmniejszenia emisji tj. w latach od 2020 r. do 2022 r. Każdy samochód nieskoemisyjny będzie brany pod uwagę jako:

- 2 samochody w 2020 roku,
- 1,67 samochodu w 2021 roku,
- 1,33 samochodu w 2022 roku,
- 1 samochód w 2023 roku.

W przypadku najmniejszych producentów samochodów produkujących:

- od 10 000 do 30 000 samochodów rocznie można ubiegać się o stosowanie ustalonego celu zmniejszenia emisji CO₂ (25% średniej emisji w stosunku do poziomu z 2007 r., począwszy od 2020 r.),
- od 1000 do 10 000 samochodów rocznie będzie można zaproponować własny cel zmniejszenia emisji (zatwierdzenie przez Komisję Europejską w oparciu o uzgodnione kryteria),
- mniej niż 1000 samochodów rocznie, a także samochody specjalne (np. przystosowane do przewozu wózka inwalidzkiego), są wyłączone z omawianego prawodawstwa.

Nie będzie ustanowiony ten sam cel emisyjny CO₂ dla wszystkich producentów pojazdów. Poszczególne ww. cele będą ustanowione w zależności od średniej masy testowej wszystkich samochodów ciężarowych we flocie danego producenta.

Ważnym elementem nowej strategii w odniesieniu do emisji CO₂ będzie zapewnienie nadzoru rynku i zapewnienie stosowanych zgodności.

Skuteczność celów w zakresie zmniejszenia emisji CO₂ w rzeczywistości zależy bowiem od:

- reprezentatywności oficjalnej procedury badania dla dobrego określenia rzeczywistej emisji w warunkach drogowych,
- zakresu w jakim pojazdy wprowadzone do obrotu są zgodne z badanymi pojazdami wzorcowymi, badanymi w ramach homologacji typu.

4. Podsumowanie

Unia Europejska nie pozostawia producentom pojazdów swobody w przypadku emisji CO₂. Narzuca im (2020 r.) limit 95 g/km CO₂, który jest uśrednioną wartością dla całej gamy modelowej dla każdej marki. Oznacza to, że posiadanie pojazdów zużywających więcej paliwa, a tym samym emitujących więcej CO₂, będzie możliwe, jednak będzie to musiało być rekompensowane przez obecność w ofercie, pojazdów o małym zużyciu paliwa i małej emisji CO₂ czy wręcz pojazdów bezemisyjnych. Aby zachęcić producentów do inwestowania w ekologiczne pojazdy, wprowadzono dodatkowe zachęty w postaci korzystniejszego wyżej przedstawionego, stosownego przelicznika dla samochodów emitujących poniżej 50 g/km CO₂. W 2020 r. każdy taki samochód będzie liczony jako dwa, w 2021 r. jako 1,67, w 2022 jako 1,33 i od 2023 już jako jeden pojazd. Taki handicap będzie istotny, gdyż od 2019 r. za każdy g/km powyżej dozwolonego limitu producenci będą płacić kary w wysokości 95 euro [8].

Od 2025 r. mają wejść w życie kolejne, jeszcze bardziej restrykcyjne normy emisji CO₂. Rozważane są dwa warianty – zakładający redukcję o 18% z limitem na poziomie 78 g/km i bardziej agresywny, gdzie pojazdy nie mogłyby emitować więcej niż 68 g/km CO₂ (zmniejszenie aż o 28% od limitów z 2021 r.) [5].

LITERATURA:

- [1] Ambrozik A., Kruczyński P., Orliński P.: Wpływ zasilania silnika o ZS paliwami alternatywnymi na wybrane parametry procesu spalania oraz emisję składników toksycznych spalin. Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów/Politechnika Warszawska, 157-163.
- [2] Berhardt M., Michałowska J., Radzimirski St.: Motoryzacyjne skażenia powietrza. WKŁ. W-wa 1976.
- [3] Bednarski M., Samoilenko D., Orliński P. and Sikora M.: Evaluation of the Diesel Engine Parameters after Regeneration of its Fuel Delivery System. TRANSPORT MEANS. 2017. Vol. 2, p. 547–553.
- [4] [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Greenhouse_gas_emissions_\(including_international_aviation,_indirect_CO2_and_excluding_LULUCF\)_trend,_EU-28,_1990_-_2015_\(Index_1990%3D100\)-Fig1.png#filehistory](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Greenhouse_gas_emissions_(including_international_aviation,_indirect_CO2_and_excluding_LULUCF)_trend,_EU-28,_1990_-_2015_(Index_1990%3D100)-Fig1.png#filehistory) (dostęp: 24.01.2018r.).
- [5] http://www.kaizenfleet.pl/nowe_normy_emisji_spalin/ (dostęp: 23.01.2018 r.).
- [6] <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-emissions-of-greenhouse-gases/transport-emissions-of-greenhouse-gases-10> (dostęp: 22.01.2018 r.).
- [7] <http://zssplus.pl/silniki/SPALANIE.pdf> (dostęp: 28.12.2017 r.).
- [8] Kruczyński St.: Trójfunkcyjne reaktory katalityczne. Biblioteka Problemów Eksploatacji. Warszawa-Radom 2004.
- [9] Kutrzyk A., Filipczyk J.: Określanie poziomu emisji składników spalin dla różnych warunków pracy silnika. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Gliwice 2008.
- [10] Merkisz J., Pielecha J., Radzimirski St.: Pragmatyczne podstawy ochrony powietrza atmosferycznego w transporcie drogowym. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej. Poznań 2009 rok.
- [11] Merkisz J.: Ekologiczne problemy silników spalinowych. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1998.
- [12] Merkisz J.: Ekologiczne problemy silników spalinowych. Tom 1. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej. Poznań 1998.
- [13] Merkisz J.: Ekologiczne problemy silników spalinowych. Tom 2. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej. Poznań 1999.

- [14] Myszkowski S.: Analiza składu spalin silnika ZI cz.1. Kompendium praktycznej wiedzy. Dodatek techniczny do wiadomości Inter Cars S.A. nr 28/Wrzesień 2008.
- [15] Rokosch U.: Układy oczyszczania spalin i pokładowe systemy diagnostyczne samochodów OBD. WKiŁ, Warszawa 2007.
- [16] The Fourth Assessment Raport of the IPCC (AR4) (dostęp: 18.12.2017 r.).
- [17] United Nations. Economic and Social Council. Economic Commission for Europe. Trans/WP29/78/Rev.1/Amend 2. 16 April 1999.
- [18] www.gazeo.pl (dostęp: 01.01.2018 r.)
- [19] www.newsweek.pl (dostęp: 10.01.2018 r.)