

MOTORYZACYJNE SKAŻENIE ŚRODOWISKA - BADANIE EMISJI SKŁADNIKÓW TOKSYCZNYCH SPALIN POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH EKSPLOATOWANYCH NA TERENIE LUBLINA (CZ. 2)*

AUTOMOTIVE ENVIRONMENTAL POLLUTION - INVE- STIGATION OF TOXIC EMISSIONS FROM THE VEHI- CLES OPERATED IN THE CITY OF LUBLIN (PART 2)*

W artykule zostały przedstawione aktualnie obowiązujące w Polsce normy w zakresie dopuszczalnej emisji składników toksycznych spalin pojazdów samochodowych oraz wyniki badań toksyczności spalin pojazdów samochodowych (głównie samochodów osobowych i autobusów) eksploatowanych na terenie miasta Lublina. Badania zostały przeprowadzone przez Politechnikę Lubelską w roku 2000.

Słowa kluczowe: skażenie środowiska, motoryzacja.

The paper presents actual regulations in Poland limiting permissible levels of exhaust toxic emissions of the automotive vehicles and results of exhaust emissions measurements (mostly from the passenger cars and busses) which were done in Lublin. Research was made in year 2000 by the members of Dept. of Internal Combustion Engines from the Technical University in Lublin.

Keywords: environmental contamination, motorization.

1. Wstęp

Rozwój motoryzacji w naszym kraju, sprawia iż zanieczyszczenia powietrza toksycznymi składnikami spalin emitowanymi przez pojazdy samochodowe staje się ważnym problemem w ochronie środowiska. Szacuje się, iż udział motoryzacji w emisji substancji szkodliwych przekracza połowę ogólnego skażenia środowiska, natomiast udział pojazdów samochodowych w ogólnym zanieczyszczeniu powietrza w aglomeracjach miejskich aktualnie wynosi ok. 45-70% [1]. W tabeli 1 przedstawiono szacunkowe dane dotyczące emisji zanieczyszczeń środowiska przez środki transportu samochodowego. Intensywność wydobywania się toksycznych składników spalin z układów wydechowych silników spalinowych wynika z czynników konstrukcyjnych, rodzaju stosowanych paliw i olejów, jak również związana jest z warunkami pracy i stanem technicznym eksploatowanych silników. Podstawowymi składnikami toksycznymi

1. Introduction

Constant development of motorization in Poland cannot be separated from the problem of increasing levels of toxic exhaust emissions from the vehicles. Problem of automotive air pollution has become a very significant issue in the protection of environment. It is estimated, that share of automotive pollution is more than 50% of the general pollution level. Moreover, pollution generated by the automotive vehicles in big cities has reached level of 45-70% [1]. Table 1 presents estimated data regarding automotive pollution levels.

Intensity of exhaust emissions varies depending on such factors as type of construction, fuels and lubricants used, technical state of the engine and operating conditions.

* Część pierwsza ukazała się w kwartalniku Eksploatacja i Niezawodność nr 1/99.

* First part of the paper was published in Maintenance and Reliability Nr. 1/99.

Tab. 1. Emisja zanieczyszczeń przez środki transportu samochodowego (dotyczy obszaru Polski) [3]

Tab. 1. Toxic exhaust emissions form the means of road transport (in Poland) [3]

Specification	1991	1992	1993	1994	1996	1997
	In thousands of tons					
Carbon dioxide	27641	28577	27880	29691	35800	36786
Methane	8,38	8,77	8,35	8,92	10	9,4
Nitrous oxide	1,47	1,51	1,46	1,43	1,8	2,0
Carbon monoxide	1252,8	1318,9	1227,7	1152,3	1289,5	1189,8
Unmetal volatile organic compounds	320,1	339,2	306,5	290,8	317,9	290,8
Nitric oxide	445,8	456,7	437,1	430,7	482,9	440,7
Solid particles	26,92	27,97	26,84	27,69	32,1	32,6
Sulfur dioxide	40,51	30,68	24,37	24,19	27,7	28,3
Lead	0,67	0,48	0,29	0,28	0,42	0,37

Tab. 2. Liczba środków transportu zarejestrowanych w Polsce [3]

Tab. 2. Means of transport registered in Poland [3]

Vehicles	1985	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1997	1998
	in thousands								
General	7089	9041	9860	10207	10437	10858	11186	12284	12709
Passenger cars	3671	5261	6112	6505	6771	7153	7517	8533	8891
Busses	83	92	87	86	86	87	85	82	81
Trucks and trailers	780	1045	1151	1212	1235	1307	1354	1487	1563
Ballast tractors and farm tractors	919	1192	1183	1183	1192	1215	1212	1247	1267
Bikes and mopeds	1547	1357	1236	1134	1068	1008	929	842	820

występującymi w spalinach silników ZI są: tlenk węgla, tlenki azotu, niespalone węglowodory, cząstki stałe, związki ołowiu, związki siarki, aldehydy. Silniki ZS emitują natomiast cząstki stałe, tlenki azotu, węglowodory, tlenki siarki, tlenki węgla. Od początku lat 90-tych notujemy szybki wzrost ilości środków transportu samochodowego. W roku 1999 przybyło w Polsce około 640 tys. nowych samochodów. Dane przedstawione w tabeli 2 ilustrują dynamikę wzrostu liczby pojazdów samochodowych w naszym kraju. Obecnie ich liczba wynosi blisko 13 mln. sztuk. W tabeli 3 przedstawiono dane dotyczące liczby pojazdów samochodowych zarejestrowanych na terenie województwa lubelskiego. Trzeba zaznaczyć, że duża część aktualnie eksploatowanych pojazdów samochodowych jest na niskim poziomie technicznym. Są to pojazdy charakteryzujące się starymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi, które nie spełniają aktualnie obowiązujących norm w zakresie bezpieczeństwa i ochrony środowiska (brak reaktorów katalitycznych, zasilanie gaźnikowe). Zły stan techniczny, nieprzystosowanie dróg do obecnej ilości pojazdów sprawia, iż problem toksyczności spalin samochodowych nabiera w naszym kraju szczególnego znaczenia. Katedra Silników Spalinowych Politechniki Lubelskiej przy współudziale Policji prowadzi

Basic toxic emissions in exhaust of gasoline engines are: carbon monoxide, various nitric oxides, unburnt hydrocarbons, solid particles, lead and sulfur compounds, aldehydes. Exhaust gasses from diesel engines contain solid particles, nitric oxides, sulfur oxides and carbon monoxide.

From the early nineties a very rapid development of road transport can be observed. Poland in 1999 acquired approx. 640 thousand of new vehicles. Table 2 shows increase in amount of vehicles in Poland. At present, estimated total number is nearly 13 millions. Table 3 presents data of vehicles registered in Lublin province. It should be mentioned here, that large part of these vehicles is in rather poor technical condition.

These vehicles are of old construction, which do not satisfies actual safety and emissions regulations (lack of catalytic converters, carburetor fueling). Bad technical state of the vehicles as well as ill-adapted road system for the heavy traffic are factors which make the problem of toxic emissions in Poland a key issue. Department of Internal Combustion Engines with cooperation of local police units conducts sys-

systematyczne badania toksyczności spalin samochodów osobowych, dostawczych i autobusów na terenie miasta Lublina.

2. Przepisy prawne dotyczące dopuszczalnych zawartości składników toksycznych w spalinach samochodów^{*)}

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 7 listopada 1994 roku w sprawie warunków technicznych i badań pojazdów w Polsce, w spalinach samochodów z silnikiem ZI zawartość tlenu węgla (CO) i węglowodorów (HC) nie powinna przekraczać:

- a) 0,5% objętości spalin (CO) i 100 ppm (HC) mierzona na biegu jałowym silnika, 0,3% objętości spalin (CO) i 100 ppm (HC), mierzona dla podwyższonej prędkości obrotowej silnika (z zakresu 2000 obr/min do 3000 obr/min); wymóg ten nie dotyczy motocykli, z wyjątkiem pojazdu, dla którego w świadectwie homologacji potwierdzono wartości wyższe, stanowiące dla danego pojazdu kryterium oceny;
- b) wartość współczynnika nadmiaru powietrza λ powinna zawierać się w granicach od 0,97 do 1,03, mierzona na podwyższonej prędkości obrotowej silnika (z zakresu od 2000 obr/min do 3000 obr/min), w przypadku pojazdu wyposażonego w sondę lambda. Powyższe rozporządzenie obowiązuje dla pojazdów zarejestrowanych po raz pierwszy po dniu 30 czerwca 1995 roku.

Nie dotyczy ono pojazdów rejestrowanych po raz pierwszy:

- a) przed dniem 1 października 1986 r. w stosunku do których dopuszcza się zawartość tlenu węgla (CO) w wysokości 4,5% , a dla motocykli – 5,5%, mierzoną na biegu jałowym silnika;
- b) do dnia 30 czerwca 1995 r. dla pojazdów wyposażonych w silniki o pojemności skokowej poniżej 700 cm³ do dnia 31 grudnia 1996 r. w stosunku do których dopuszcza się zawartość tlenu węgla (CO) w wysokości 3,5% , a dla motocykli 4,5% objętości spalin, mierzoną na biegu jałowym silnika [5].

tematic research of toxic exhaust emissions from the passenger cars, medium trucks and busses in the city of Lublin.

2. Legal regulations concerning permissible toxic exhaust emissions levels ^{*)}

According to the decree of Ministry of Transportation in Poland permissible levels of toxic exhaust emissions for the gasoline fuelled cars are as follows:

- a) Carbon monoxide (CO) and hydrocarbons (HC) should not exceed:
0,5% of exhaust volume (CO) and 100 ppm (HC) during idling, 0,3% of exhaust volume (CO) and 100 ppm (HC), measured at increased engine rotational speed (form 2000 rpm to 3000 rpm);
- b) Air excess ratio λ should contain within limits 0,97–1,03, measured at increased engine rotational speed (form 2000 rpm to 3000 rpm), in vehicles equipped with lambda probe. Above requirement is obligatory for vehicles registered for the first time after 30th June 1995.

For the newly registered vehicles:

- a) Before 1st October, 1986, where permissible CO level is 4,5%, and for the bikes – 5,5%, measured at idling;
- b) Before 30th June 1995 for vehicles with engines smaller than 700 cm³ where permissible CO level is 3,5%, and for the bikes – 4,5% of the exhaust volume at idling [5].

Tab. 3. Liczba środków transportu samochodowego zarejestrowanych w województwie lubelskim [4]

Tab. 3. Means of transport registered in Lublin region [4]

Vehicles	1985	1990	1995	1996	1997
	In thousands				
General	165,7	226,7	280,9	316,0	337,5
Passenger cars	84,6	123,6	167,9	167,9	201,5
Busses	2,6	2,6	3,0	3,0	2,9
Trucks and trailers	21,7	29,2	37,4	40,3	41,9
Bikes and mopeds	30,3	29,7	25,7	25,7	25,7

^{*)} Dotyczy tylko badań kontrolnych

^{*)} Applies only to control investigations

Natomiast zgodnie z rozporządzeniem Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 17 marca 1993 r. w sprawie warunków technicznych i badań pojazdów wyposażonych w silniki ZS: zadymienie spalin, mierzone przy swobodnym przyspieszaniu silnika w zakresie od prędkości obrotowej biegu jałowego do prędkości obrotowej maksymalnej, wyrażone w postaci współczynnika pochłaniania światła, nie powinno przekraczać:

- a) 2,5 m⁻¹ dla silników wolnossących,
- b) 3,0 m⁻¹ dla silników z turbodoładowaniem.

Rozporządzenie to obowiązuje od dnia 1 maja 1993 roku i dotyczy wszystkich pojazdów samochodowych wyposażonych w tego typu silniki [5].

According to the decree of Ministry of Transportation in Poland permissible levels of toxic exhaust emissions for the diesel fuelled cars are as follows: Exhaust smoke measured during free acceleration of the engine for idle to maximum rotational speed should not exceed the following limits:

- a) 2,5 m⁻¹ for naturally aspirated engines,
- b) 3,0 m⁻¹ for turbocharged engines .

This regulation is obligatory for all the vehicles with diesel engines from 1st May 1993 [5].

Tab. 4. Struktura rodzajowa badanych pojazdów
Tab. 4. Structure of controlled vehicles

	Gasoline	Diesel	Together
Passenger cars and delivery trucks	411	140	551
Busses	-	100	100
Together	411	240	651

3. Badania eksploatacyjne

Od 1993 roku na terenie miasta Lublina prowadzone są badania toksyczności spalin pojazdów samochodowych. Poniżej przedstawione zostały wyniki badań przeprowadzonych przez Politechnikę Lubelską w roku 2000. Badania prowadzone były w okresie od 26.04.2000 do 19.05.2000 roku. Celem badań było określenie emisji tlenku węgla (CO), węglowodorów (HC) oraz zadymienia spalin silników samochodowych eksploatowanych na terenie miasta Lublina. Badania odbyły się przy współdziałaniu Komendy Wojewódzkiej Policji w Lublinie. Pomiary spalin były prowadzone na trasach wylotowych z Lublina: w Bystrzejowicach oraz w Konopnicy. Ponadto w dniach 15-17 maja 2000 roku na ulicy Czechowskiej w Lublinie przeprowadzone zostały badania zadymienia spalin autobusów Komunikacji Prywatnej. W silnikach ZI mierzono zawartość tlenku węgla (CO) i węglowodorów (HC) w spalinach na biegu jałowym oraz na podwyższonych prędkościach obrotowych z zakresu 2000 obr/min do 3000 obr/min przy pomocy analizatora spalin Herman 400. Dodatkowo odczytywano wartość współczynnika nadmiaru powietrza λ. W silnikach ZS dokonywano pomiaru zadymienia spalin metodą swobodnych przyspieszeń silnika przy pomocy dymomierza optycznego DO 9600 firmy Radiotechnika. Badaniami objęto 551 pojazdów osobowych i dostawczych oraz 100 autobusów należących do Miejskiej Komunikacji Prywatnej. Udział poszczególnych marek pojazdów z silnikami ZI przedstawiono w tabeli 5. Wśród pojazdów krajowych z silnikami ZI najliczniejszą grupę stanowiły FSO Polonez – 65 i Fiat 126p – 64. Wśród pojazdów zagranicznych Fiat – 58 i Daewoo – 23.

3. On road checks

Since 1993, Dept. of Internal Combustion Engines conducts regular investigations of toxic exhaust emissions from vehicles in Lublin. Following section presents some results which were gathered in 2000. Research was done in April and May 2000. The aim of investigation were measurement of CO, HC and smoke in exhaust gasses of vehicles in Lublin. Research was done with cooperation of police. Checkpoints were organized on main outlet routes leading from Lublin (Bystrzejowice and Konopnica). Additional measurements were organized for city busses of private enterprises. In case of vehicles with gasoline engines CO and HC content was measured at idle speed and at increased speeds in the range 2000-3000 rpm. For the measurements Pierburg-Herman HGA 400 gas analyzer was used. Additionally air excess ratio lambda was measured. In diesel engines smoke content was measured using free acceleration method using optical smokemeter DO 9600. In general, experimental data was gathered from 551 passenger cars and delivery trucks and 100 city busses from the private enterprises operating in Lublin. Table 5 shows comparison of investigated vehicle types with gasoline engines. The largest group were domestically made FSO Polonez – 65 and Fiat 126p – 64. Among foreign brands: Fiat – 58 vehicles, and Daewoo – 23. Percentage shares of vehicles with diesel engines are presented in table 6. Among domestically made vehicles the largest group was: Lublin – 7 and FSO Polonez – 3.

Tab.5. *Udział poszczególnych marek pojazdów z silnikami ZI*

Tab.5. *Comparison of investigated vehicle brands and types with gasoline engines*

Vehicle type	Number of vehicles	Brand share %
FSO Polonez	65	15,8
Fiat 126p	64	15,6
Fiat	58	14,1
Opel	23	5,6
Deawoo	23	5,6
Fiat 125p	21	5,1
Skoda	19	4,6
Ford	19	4,6
Renault	17	4,1
WV	15	3,6
Łada	14	3,4
Peugeot	10	2,4
Żuk	10	2,4
Seat	10	2,4
Rest ¹⁾	43	10,4

¹⁾ pojazdy, których udział procentowy w badaniach nie przekroczył 2%

¹⁾ vehicles with percent hare less than 2%.

Udziały procentowe poszczególnych marek pojazdów z silnikami ZS przedstawiono w tabeli 6. Wśród pojazdów krajowych z silnikami ZS najliczniejszą grupę stanowiły Lublin – 7 i FSO Polonez - 3. Wśród pojazdów zagranicznych VW – 29, Mercedes – 24, Ford - 14. Wśród autobusów najliczniejszą grupę stanowiły pojazdy marki Jelcz –80 i Ikarus - 18. Udział procentowy poszczególnych marek autobusów przedstawiono w tabeli 7. Na rysunku 1 przedstawiono udział procentowy poszczególnych marek pojazdów w zależności od rodzaju zapłonu. Podczas kontroli toksyczności spalin zapisywano szereg parametrów wpływających na skład spalin m. in. rok produkcji, przebieg pojazdu, prędkość obrotową biegu jałowego.

Among foreign brands: VW – 29, Mercedes – 24, Ford – 14. The largest group among busses were brands Jelcz – 80 and Ikarus - 18.

Comparison of investigated busses is shown in table 7 Fig. 1 compares investigated vehicles in relation to the combustion system. During emission measurements additional vehicle data was also gathered: year of manufacturing, mileage, nominal idle rotational speed.

Tab. 6. *Udział poszczególnych marek pojazdów osobowych z silnikami ZS*

Tab. 6. *Comparison of investigated vehicle brands and types with diesel engines*

Vehicle type	Number of vehicles	Brand share %
VW	29	23,9
Mercedes	24	19,8
Ford	14	11,6
Nissan	10	8,2
Opel	8	6,6
Fiat	7	5,8
Lublin	7	5,8
Renault	7	5,8
Audi	5	4,1
Citroen	4	3,3
Mazda	4	3,3
Pozostałe ¹⁾	17	13,6

¹⁾ Pojazdy których udział procentowy w badaniach nie przekroczył 3%

¹⁾ Vehicles with percent hare less than 3%.

Tab. 7. Udział poszczególnych marek autobusów

Tab. 7. Comparison of investigated busses

Vehicle type	Number of vehicles	Brand share %
Jelcz	80	80
Ikarus	18	18
Mercedes	1	1
Karosa	1	1

4. Analiza wyników

Opracowane wyniki przeprowadzonych badań zilustrowano na rysunkach 1-10.

4.1. Pojazdy z silnikami ZS (osobowe i dostawcze)

Pojazdy z silnikami ZS stanowiły 22% (rys.1) badanych pojazdów, przy czym były to głównie pojazdy produkcji zagranicznej. Średnia wartość zadymienia spalin wyrażona w postaci współczynnika pochłaniania światła k wyniosła $2,29 \text{ m}^{-1}$. Udział procentowy pojazdów przekraczających dopuszczalną normę dla silników wolnosących ($k = 2,5 \text{ m}^{-1}$) wyniósł 31,4%. Na podstawie porównania średnich wartości współczynnika pochłaniania światła k najczęściej badanych marek pojazdów (rys. 2) wynika, iż tylko grupa pojazdów Volvo przekroczyła wymaganą normę. Średni poziom zadymienia spalin pozostałych marek pojazdów był na poziomie niższym niż $2,5 \text{ m}^{-1}$. Analizując wyniki zadymienia spalin pod kątem wieku pojazdu i ich przebiegu, stwierdzono, iż średnia wartość zadymienia spalin pojazdów o roku produkcji 1986 i starszych nie spełnia obowiązującej normy. Pojazdy o przebiegu powyżej 200 tys. km wykazują średnie zadymienie spalin przekraczające dopuszczalną normę. Stwierdzono, że średnia wartość emisji cząstek stałych zależy od wieku pojazdu oraz od przebiegu. I tak dla przebiegu poniżej 200 tys. km średni współczynnik pochłaniania światła wynosił $2,20 \text{ m}^{-1}$, a dla przebiegu powyżej 200 tys. km średni współczynnik pochłaniania światła wynosił $2,78 \text{ m}^{-1}$. Średnia wartość współczynnika pochłaniania światła dla pojazdów o roku produkcji do 1986 wynosiła $2,26 \text{ m}^{-1}$. Dla pojazdów starszych średnia wartość współczynnika pochłaniania światła wynosiła $3,67 \text{ m}^{-1}$.

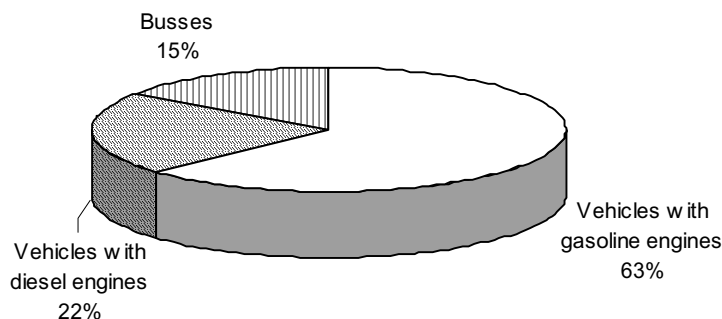
4. Analysis of results

Results of measurements are presented on figs. 1–10.

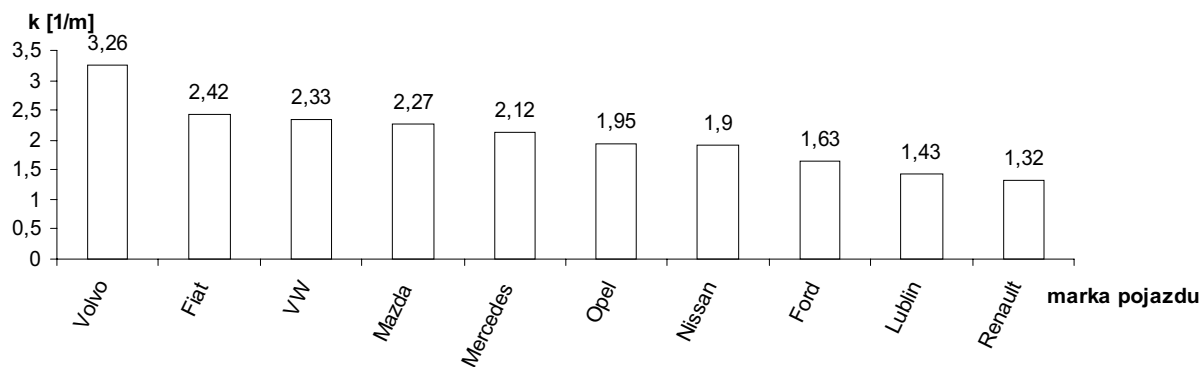
4.1. Vehicles with diesel engines (passenger and delivery trucks)

Vehicles equipped with diesel engines constituted 22% (fig. 1) and mostly they were foreign brands. Mean value of exhaust smoke expressed by light absorption coefficient was $2,29 \text{ m}^{-1}$. Percentage share of the naturally aspirated vehicles which exceeded permissible values ($k = 2,5 \text{ m}^{-1}$) was 31,4%. Analysis of the results revealed (fig. 2), that only group of Volvo cars was beyond limits. Mean smoke value for the rest of brands was below the limit, i.e. $2,5 \text{ m}^{-1}$.

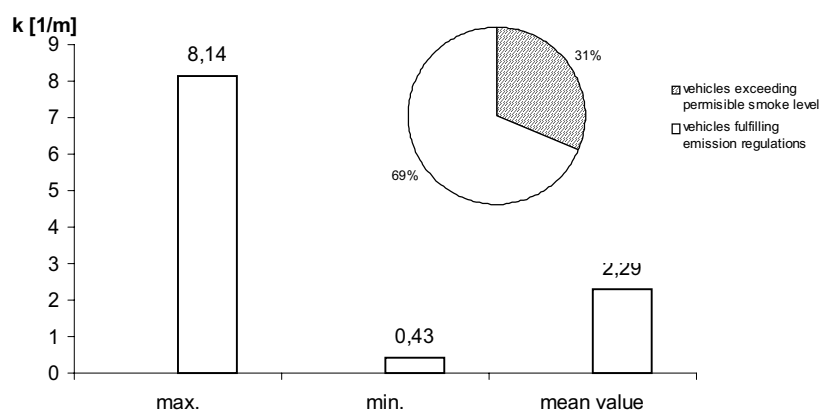
In relation to the age of vehicles and their mileage, it was observed, that mean smoke value for the vehicles produced in 1986 and older does not satisfies the regulations. Also vehicles with the mileage larger than 200 000 km had exhaust smoke exceeding permissible levels. Mean value of light absorption coefficient was $2,20 \text{ m}^{-1}$, and for mileages above 200 000 km: $2,78 \text{ m}^{-1}$. Mean value of light absorption coefficient for the vehicles produced before 1986 was $2,26 \text{ m}^{-1}$, and for older vehicles: $3,67 \text{ m}^{-1}$.



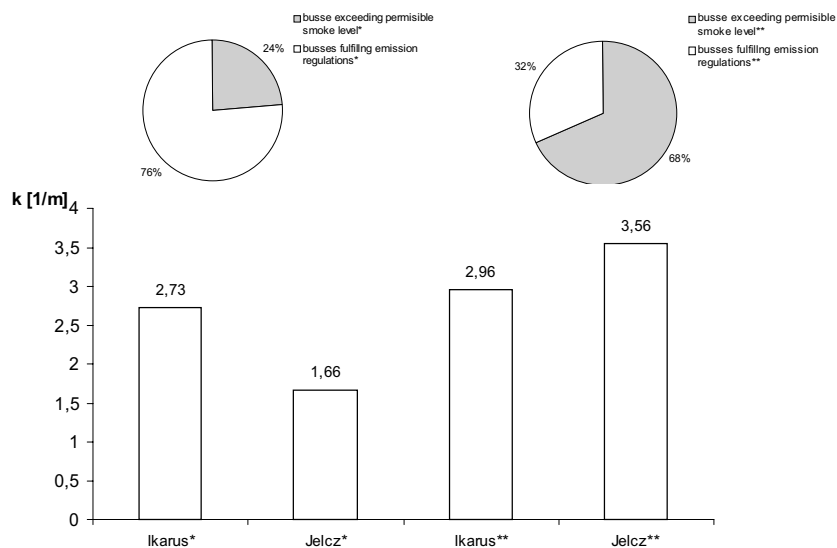
Rys. 1. Procentowy udział badanych pojazdów w zależności od rodzaju zapłonu
Fig. 1. Percentage share of investigated vehicles according to the engine type



Rys. 2. Średnie zadymienie dla najczęściej badanych marek pojazdów z silnikami ZS
 Fig. 2. Mean smoke values for the most frequently investigated vehicle with diesel engines



Rys. 3. Średnia wartość zadymienia spalin dla pojazdów z silnikami ZS
 Fig. 3. Mean values of smoke emission for the vehicles with diesel engines



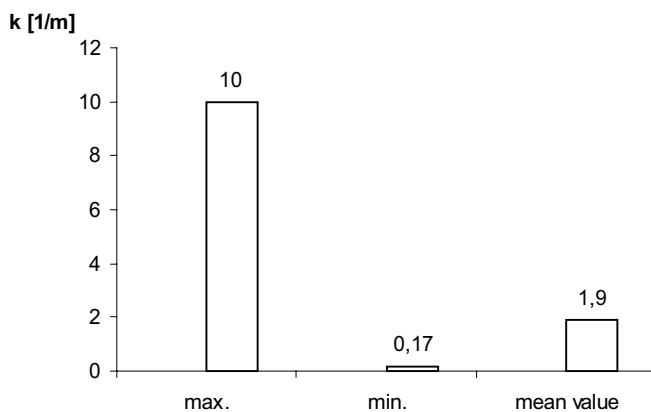
Rys. 4. Średnie zadymienie spalin dla najczęściej badanych marek autobusów
 Fig. 4. Mean value of the smoke emission for the most frequently investigated busses types

*) Wyniki badań PL z roku 2000

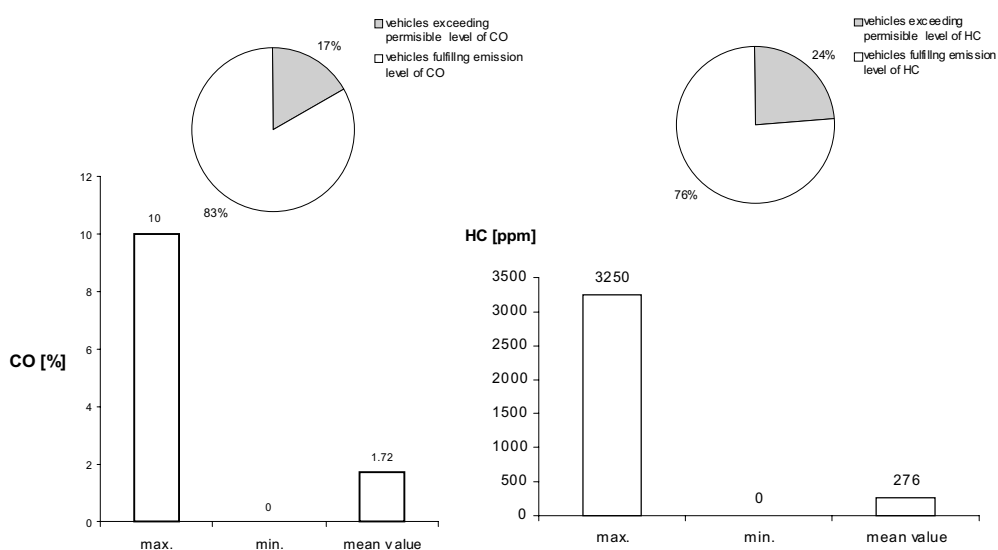
*) Results from 2000

***) Wyniki badań PL z roku 1995

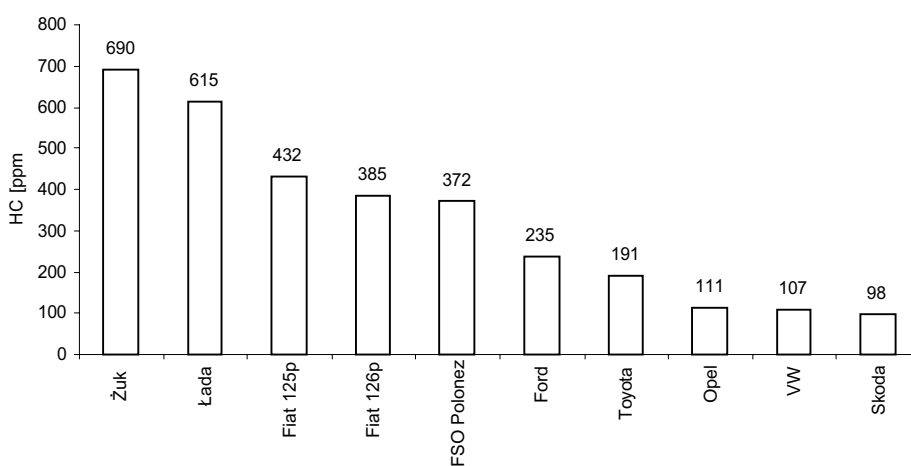
**) Results from 1995



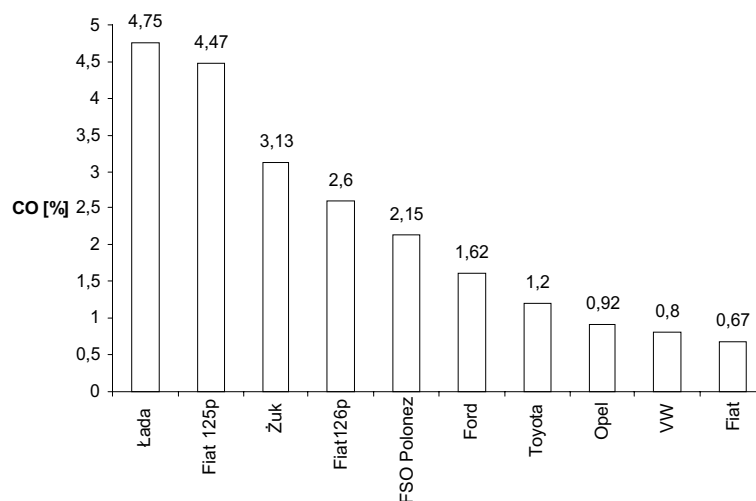
Rys. 5. Średnia wartość zadymienia spalin autobusów
Fig. 5. Mean smoke level for the busses



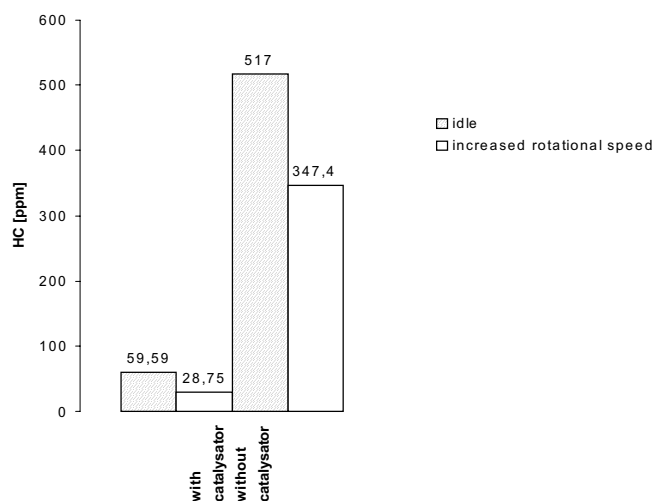
Rys. 6. Średnia wartość stężenia CO i HC dla badanych pojazdów z silnikami ZI
Fig. 6. Mean values of CO and HC concentrations for the vehicles with gasoline engines



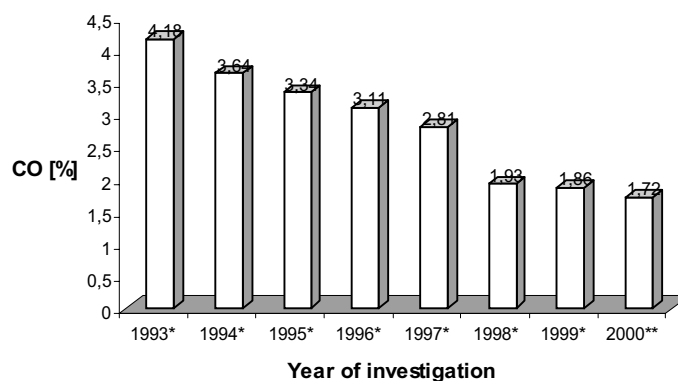
Rys. 7. Średnia wartość stężenia HC dla najczęściej badanych marek
Fig. 7. Mean value of HC emission for the most frequently investigated vehicles brands



Rys. 8. Średnie stężenie CO dla najczęściej badanych marek pojazdów
 Fig. 8. Mean value of CO emission for the most frequently investigated vehicles brands



Rys. 9. Średnia wartość stężenia HC z reaktorem katalitycznym i bez reaktora katalitycznego
 Fig. 9. Mean value of HC emission for the vehicles with and without catalysator



Rys. 10. Średnie wartości stężeń CO uzyskane w badaniach przeprowadzonych w kolejnych latach
 Fig. 10. Mean values of CO levels during consecutive years of investigations

*) dane WIOŚ
 **) dane PL

*) data from Regional Environment Protection Inspektorate
 **) data from TU Lublin

4.2. Autobusy

Autobusy stanowiły 15% (rys. 1) badanych pojazdów. Średnia wartość współczynnika pochłaniania światła będącego miarą zadymienia spalin wynosiła $1,90 \text{ m}^{-1}$ (rys. 5). Normy nie spełnia 24% badanych autobusów. Średnia wartość zadymienia przekroczyła normę dla autobusów marki Ikarus i wynosiła $2,73 \text{ m}^{-1}$. Dla autobusów marki Jelcz wynosiła odpowiednio $1,66 \text{ m}^{-1}$. Analizując wyniki badań zadymienia spalin pod względem przebiegu i wieku pojazdu, stwierdzono, iż średni współczynnik pochłaniania światła zależy od przebiegu oraz wieku autobusu. Autobusy o przebiegu powyżej 200 tys. km nie spełniały aktualnie obowiązującej normy. Średni współczynnik pochłaniania światła dla autobusów o roku produkcji 1982–1984 wynosił $2,26 \text{ m}^{-1}$. Dla autobusów starszych średni współczynnik pochłaniania światła wynosił odpowiednio $3,67 \text{ m}^{-1}$. I tak dla przebiegu autobusów 150–200 tys. km zadymienie spalin wynosiło $2,39 \text{ m}^{-1}$. Dla pojazdów o przebiegu 200–250 tys. km – $3,15 \text{ m}^{-1}$, ta ostatnia wartość przekroczyła dopuszczalną normę zadymienia spalin

4.3. Pojazdy z silnikami ZI

Średnia wartość stężenia objętościowego: CO i HC badanych pojazdów wyniosła odpowiednio 1,72 % i 276 ppm. Udział procentowy pojazdów przekraczających dopuszczalną wartość stężenia objętościowego CO wyniósł 17 % (dla biegu jałowego silnika). Rysunek 7 przedstawia średnią wartość stężenia objętościowego CO i HC dla najczęściej badanych marek pojazdów. Należy zwrócić uwagę na wysoki poziom stężenia objętościowego zarówno CO i HC przez samochody krajowe (Żuk – 3,13 % i 690 ppm HC, Fiat 125p – 4,47 % CO i 432 ppm HC, Fiat 126p – 2,60 % CO i 385 ppm HC, Polonez – 2,15 % CO i 372 ppm HC) oraz rosyjskie Łady – 4,75 % CO i 815 ppm HC. Poziom stężenia objętościowego CO tej grupy pojazdów jest około 2 krotnie wyższy niż dla samochodów zagranicznych. Grupę pojazdów o najniższym stężeniu objętościowym i stanowią pojazdy produkcji niemieckiej Opel i VW, dla których wyniosło odpowiednio 0,8 % CO i 107 ppm HC. Porównując samochody wyposażone w reaktor katalityczny i bez reaktora katalitycznego, stwierdza się dziewięciokrotnie wyższe stężenie objętościowe HC na biegu jałowym i dwunastokrotnie wyższe stężenie objętościowe na podwyższonych prędkościach obrotowych silnika przez samochody bez układu katalitycznego (rys. 9). Stwierdza się również, że samochody bez reaktora katalitycznego emitują dziewięciokrotnie więcej CO na biegu jałowym i dziewięciokrotnie więcej CO na podwyższonych prędkościach obrotowych w porównaniu do samochodów z reaktorem katalitycznym.

4.2. Busses

Busses constituted 15% of the investigated vehicles (fig. 1). Measured mean value of exhaust smoke for this group was $1,90 \text{ m}^{-1}$ (fig. 5). Beyond limits were 24% of the investigated group. Among the investigated busses, Ikarus having mean smoke value $2,73 \text{ m}^{-1}$ exceeded permissible value when in case of Jelcz, measured smoke was $1,66 \text{ m}^{-1}$. It was obvious, that exhaust smoke level will depend on age and mileage of the vehicles.

Mean value of exhaust smoke for the busses produced within 1982–1984 was $2,26 \text{ m}^{-1}$. For the older ones, average smoke was $3,67 \text{ m}^{-1}$. For the busses with mileage 150–200 thousand km and 200–250 thousand km, smoke level reached $2,39 \text{ m}^{-1}$ and $3,15 \text{ m}^{-1}$ respectively.

4.3. Vehicles with gasoline engines

Mean value of volume fraction of CO and HC in investigated vehicles was 1,72% and 276 ppm respectively. There were 17% vehicles exceeding permissible levels of CO emission (at idling). Fig 7 shows mean values of volume fraction for CO and HC for the most frequently investigated vehicle brands. A high level of volumetric concentration of CO and HC was measured in domestically made vehicles (Żuk – 3,13% CO and 690 ppm HC, Fiat 125p – 4,47% and 432 ppm, Fiat 126p – 2,60% and 385 ppm, Polonez – 2,15% and 815 ppm) and in Russian Łada – 4,75% and 815 ppm. Average levels of CO in this vehicle group is twice larger than for the foreign made cars. The lowest emission levels were recorded for German brands Opel and VW: 0,8% CO and 107 ppm. Comparing vehicles equipped with catalytic converters to those without it, it was stated, that at idling and at higher rotational speeds HC concentration is significantly lower (9 and 12 times). The same observation is relevant to CO emission (9 times).

5. Conclusions

Exhaust measurements were done for vehicles registered in city of Lublin and in the region. Measurements were made in field conditions – on the roads, vehicles were picked up at random by the assisting police patrol. Some of the cars were in bad technical conditions what resulted in confiscation of registration book. Average age of investigated vehicles with gasoline engines was 10,6 years and mileage: 142 000 km. Vehicles with diesels: 11,8 years and 214 500 km respectively. For the busses: 14,3 years and 153 600 km respectively. It was stated, that determination of factors influencing emission levels is difficult, as they depend on many constructional, control and operational parameters. The rea-

5. Podsumowanie

Badaniami zostały objęte pojazdy zarejestrowane w mieście Lublinie i w województwie lubelskim. Badania wykonano w warunkach drogowych, pojazdy były wybierane losowo do kontroli przez Policję. Sprawdzane samochody były niekiedy w złym stanie technicznym, dlatego Policja zatrzymywała niekiedy dowody rejestracyjne. Średnia wieku badanych samochodów napędzanych silnikami o ZI wyniosła 10,6 lat, natomiast średni przebieg – 142 tys. km. Natomiast w przypadku samochodów napędzanych silnikami o ZS średnia wieku – 11,8 lat, średni przebieg 214,5 tys. km. Dla autobusów odpowiednio średnia wieku wyniosła - 14,3 lat, średni przebieg 153,6 tys. km. Stwierdzono, iż określenie wpływu poszczególnych czynników na emisję toksycznych składników spalin jest utrudnione ze względu na zależność od wielu parametrów konstrukcyjnych, regulacyjnych i eksploatacyjnych oraz związany z tym duży rozrzut otrzymanych wyników pomiarów. Nie mniej dla pojazdów o większych przebiegach obserwuje się większe stężenie objętościowe CO, HC i współczynnik pochłaniania światła. Największą emisją toksyn odznaczają się pojazdy produkcji krajowej. Wiąże się to z tym, iż większość z nich (m.in. pojazdy marki Fiat 125p, Żuk, Fiat 126p) jest już wycofana z produkcji – wpływa to na ciągłe starzenie się i wzrost zużycia eksploatacyjnego wymienionej grupy pojazdów. W pozostałych grupach pojazdów wskaźniki zanieczyszczenia spalin są korzystniejsze. Analizując wyniki badań prowadzonych od 1993 roku (na terenie miasta Lublina) obserwuje się powolną tendencję spadkową średnich stężeń CO (rys. 10). Wiąże się to ze zwiększającym udziałem samochodów nowych napędzanych nowoczesnymi silnikami z reaktorami katalitycznymi. Stwierdzono, że 53% badanych pojazdów posiadało reaktor katalityczny. Odnotowano również spadek zadymienia spalin wśród autobusów Komunikacji Prywatnej. Nie mniej do grupy autobusów bardzo uciążliwych dla środowiska trzeba zaliczyć wyeksploatowane Ikarusy. Liczba autobusów, które nie spełniają normy zadymienia w porównaniu z rokiem 1995 spadła o ponad połowę. Ekologiczność pojazdów eksploatowanych na terenie miasta Lublina systematycznie się poprawia. Jednak nie możemy być z niej dumni w porównaniu z krajami zachodnimi. Wskazane jest prowadzenie zdecydowanych działań prowadzących do zminimalizowania skutków wynikających z użytkowania zwiększającej się liczby samochodów m. in. prowadzenie częstych kontroli drogowych spalin, powolne, ale systematyczne wycofywanie z eksploatacji pojazdów o nadmiernej emisji składników toksycznych. Promocja rozwiązań zmierzająca do ograniczenia toksyczności spalin, szerokie rozpowszechnianie wyników aktualnie prowadzonych badań toksyczności spalin w środkach masowego przekazu. Duże znaczenie ma też podniesienie świadomości ekologicznej i kultury technicznej naszego społeczeństwa.

son is also a high dispersion of obtained results. The main observed tendency was as follows: vehicles with higher mileages have higher emission levels. The highest levels of emissions were measured for old Polish cars – relatively old and no longer produced (Żuk, Fiat 125p, 126p). Comparing obtained results with previously gathered data, a constant tendency towards decrease in emissions can be observed. More 53% of investigated vehicles were equipped with catalytic converters. Number of busses which do not meet emission standards was twice lower as in 1995. In general, automotive emissions in the vicinity of Lublin is constantly decreasing, but still there is lot to be done, in comparison to the western standards. There should be certain initiatives aimed at neutralization of the effects of constantly increasing number of vehicles: frequent road controls, elimination of old vehicles and those in unacceptable technical conditions, promotion of environment friendly solutions leading to reduction of emissions. Of major importance is also constant advance in environmental consciousness and technical knowledge of the society.

6. Literatura

- [1] Merkisz J.: *Wpływ motoryzacji na skażenie środowiska naturalnego*. Wybrane zagadnienia. Poznań, Wyd. Politechniki Poznańskiej 1993.
- [2] Merkisz J.: *Emisja cząstek stałych przez silniki spalinowe*. Wyd. Politechniki Poznańskiej 1997.
- [3] Rocznik statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 1999.
- [4] Rocznik statystyczny województwa lubelskiego 1998.
- [5] Dziennik Ustaw Nr 21 1993r., Nr 116 1994 r., Nr 155 1996r.
- [6] Antol M.: *Analiza toksyczności spalin na terenie miasta Lublina w silnikach o ZS*. Praca dyplomowa. PL Lublin 2000.
- [7] Nowak P.: *Analiza toksyczności spalin na terenie miasta Lublina w silnikach o ZI*. Praca dyplomowa. PL Lublin 2000.
- [7] Koszałka G., Niewczas A., Szczęsny P.: *Badanie emisji szkodliwych składników spalin pojazdów samochodowych eksploatowanych na terenie miasta Lublina*. I Forum inżynierii ekologicznej Lublin- Nałęczów 1996.
- [8] Niewczas A., Potapczuk P.: *Motoryzacyjne skażenie środowiska - badanie emisji składników toksycznych spalin pojazdów samochodowych eksploatowanych na terenie Lublina (cz. 1)*. Eksploatacja i Niezawodność, nr 1/1999.

Prof. dr hab. inż. Andrzej Niewczas

Mgr inż. Mariusz Antol

Katedra Silników Spalinowych

Politechnika Lubelska

ul. Nadbystrzycka 36

20-618 Lublin

tel. (0-81) 53-81-194

fax: (0-81) 525-08-08

e-mail: niewczas@archimedes.pol.lublin.pl
