

Sławomir Brzeźnicki  
Jan Gromiec

## NARAŻENIE KIEROWCÓW AUTOBUSÓW KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ NA WYBRANE ALDEHYDY

EXPOSURE TO SELECTED ALDEHYDES AMONG MUNICIPAL TRANSPORT BUS DRIVERS

Z Zakładu Zagrożeń Chemicznych i Pyłowych  
Instytutu Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi  
Kierownik zakładu: prof. dr hab. M. Jakubowski

**STRESZCZENIE** Celem pracy było dokonanie oceny narażenia kierowców autobusów komunikacji miejskiej na wybrane związki z grupy aldehydów (formaldehyd, akroleina, aldehyd octowy).

Badaniami objęto 10 kierowców autobusów miejskich obsługujących linie, których kursy przebiegały przez różne części dużej aglomeracji miejskiej. Próbkę powietrza do oznaczeń pobierano w strefie oddychania kierowców (próbki indywidualne) oraz w kabinach pojazdów (próbki stacjonarne). Badane powietrze (około 10 l) przepuszczano przez kolumny wypełnione żelazem krzemionkowym pokrytym dinitrofenylohydrazyną.

Powstałe w wyniku reakcji tego związku z obecnymi w powietrzu aldehydami dinitrofenylohydrazony eluowano za pomocą acetonitrylu (10 ml) i analizowano metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej z detekcją spektrofotometryczną ( $\lambda = 360$  nm). Zastosowana procedura analityczna pozwala na oznaczenie wybranych aldehydów w zakresie 0,1–2,0 NDS. Analiza ilościowa oznaczanych aldehydów wykazała, że niezależnie od typu autobusu (kabinowe, bezkabinowe) stężenia oznaczanych aldehydów nie przekroczyły obowiązujących dla nich w Polsce wartości NDS. Stężenia formaldehydu i akroleiny zawierały się w granicach odpowiednio: 0,025–0,09 i 0,01–0,035 mg/m<sup>3</sup>.

Stężenia aldehydu octowego we wszystkich analizowanych próbkach znajdowały się znacznie poniżej oznaczalności metody. Obliczone wskaźniki łącznego narażenia na aldehydy we wszystkich analizowanych przypadkach nie przekraczały wartości przyjętych za bezpieczne dla zdrowia pracowników. Med. Pr. 2002, 53, 2, 115–117

**SŁOWA KLUCZOWE:** formaldehyd, aldehyd octowy, akroleina, kierowcy autobusów, ocena narażenia, spaliny silnika Diesla

**ABSTRACT** The objective of the study was to determine occupational exposure of municipal transport bus drivers to selected aldehydes: formaldehyde, acetaldehyde and acrolein.

Ten drivers serving 5 bus lines were selected for the study. Air samples were collected in the driver's breathing zone and in bus cabins. The test air (about 10 l) was drawn through columns filled with silicagel coated by dinitrophenylhydrazine (DNPH). The products of DNPH reaction with aldehydes were extracted with acetonitrile and analyzed by HPLC with a spectrophotometric detector ( $\lambda = 360$  nm). The analytical procedure enabled to determine the selected aldehydes in the concentration range equivalent to 0.1–2.0 of the Polish maximum allowable concentrations (MAC). In the quantitative analysis, the concentrations of selected aldehydes were found to be much lower than MAC values, regardless of the bus type. The concentrations of formaldehyde and acrolein ranged from 0.025 to 0.090 mg/m<sup>3</sup> and from 0.010 to 0.035 mg/m<sup>3</sup>, respectively.

In all samples, acetaldehyde concentrations were well below the limit of detection of the analytical method. The combined exposure to aldehydes was also below the limit value for mixtures. Med Pr 2002, 53, 2, 115–117

**KEY WORDS:** formaldehyde, acetaldehyde, acrolein, bus drivers, exposure assessment, Diesel engine emissions

### WSTĘP

Spaliny silnika Diesla są niepożądanymi produktami spalania olejów napędowych. Występują w powietrzu atmosferycznym przy ciągach komunikacyjnych, obsługiwanych przez autobusy, liniach kolejowych, obsługiwanych przez lokomotywy spalinowe, a także w powietrzu kopalń rud metali kolorowych wykorzystujących ciągniki spalinowe oraz w powietrzu zajezdni i garaży autobusów, hamowni silników, hal fabrycznych itp. (1,2,3). Ich skład zależy głównie od składu i właściwości stosowanego oleju napędowego, stopnia zużycia silnika, a główną przyczyną nadmiernej emisji związków toksycznych jest praca silnika w stanach nieustalonych („zimne” rozruchy, niedogrzanie silnika, praca na biegu jałowym oraz przy małym obciążeniu) (4). W skład spalin silnika Diesla wchodzi tysiące substancji chemicznych, zarówno w postaci gazowej (węglowodory C<sub>1</sub>–C<sub>18</sub>, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne – WWA, znitrowane i utlenione pochodne węglowodorów, aldehydy, amoniak, cyjanowodor, tlenki azotu, siarki i węgla) lub stałej (węgiel pierwiastkowy z zaadsorbowanymi na jego powierzchni węglowodorami i ich pochodnymi, WWA, nieorganiczne siarczany i azotany, ołów platyna itp.) (1,3,4).

Eksperci Międzynarodowej Agencji Badań nad Rakiem (IARC) uznali spaliny silnika Diesla jako mieszaninę prawdopodobnie rakotwórczą dla ludzi (grupa 2A) (1), spaliny te również w Polsce zaliczono do grupy czynników prawdopodobnie rakotwórczych dla ludzi (5). Do zawodowo narażonych na spaliny silnika Diesla należą kierowcy, pracownicy kolei, górnicy kopalń stosujących pojazdy i sprzęt z silnikami Diesla, pracownicy zajezdni autobusowych i warsztatów samochodowych, operatorzy dźwigów, wózków widłowych i podnośników, strażacy a także osoby pracujące w pobliżu urządzeń z silnikami Diesla, kontrolerzy ruchu drogowego itp.

W kabinach samochodów ciężarowych wykryto obecność m.in. tlenku węgla, ditlenku azotu, tlenku azotu, kwasu azotowego, węglowodorów alifatycznych i aromatycznych, formaldehydu i aldehydu octowego (6,7), natomiast w powietrzu garaży autobusowych stwierdzono występowanie tlenku węgla, tlenków azotu, ditlenku siarki, aldehydów, wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA), benzenu, toluenu oraz pyłu (8).

Celem pracy była ocena narażenia zawodowego na aldehydy wśród kierowców autobusów komunikacji miejskiej.

## MATERIAŁ I METODY

### Pobieranie próbek powietrza

Badaniami objęto 10 kierowców, obsługujących 5 linii autobusowych, w 5 autobusach kabina kierowcy oddzielona była od pasażerskiej części autobusu, a w 5 nie było konstrukcyjnie oddzielonej kabiny kierowcy. Próbki powietrza pobierane były w strefie oddychania za pomocą umieszczonych na odzieży roboczej pompek indywidualnych firmy SKC model 222-4. Badane powietrze przepuszczano ze strumieniem objętości 10 l/h przez kolumny wypełnione żelazem krzemionkowym, impregnowanym roztworem 2,4-dinitrofenylohydrazyny (DNFH) produkcji Supelco Bellafonte (USA). Próbki powietrza pobierano zgodnie z PN-89/Z-04008.07 (9), obejmując pomiarami całą zmianę roboczą (2 próbki na zmianę).

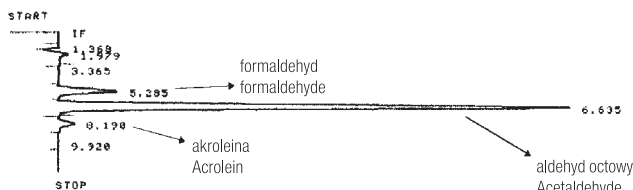
### Metodyka analizy aldehydów

Zasada metody polega na reakcji aldehydów z 2,4-dinitrofenylohydrazyną (DNFH), w wyniku której powstają trwałe barwne pochodne – dinitrofenylohydrazony, oznaczane techniką wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC) z detekcją spektrofotometryczną.

Pobrane do kolumn z DNFH próbki powietrza eluowano za pomocą 10 ml acetonitrylu do kolb pomiarowych, uzupełniano acetonitrylem do 10 ml i poddawano analizie chromatograficznej. Stosowano chromatograf cieczowy Varian 2500 wyposażony w binarny system pomp, dozownik pętłowy, detektor spektrofotometryczny i integrator. Rozdziałów chromatograficznych dokonywano w kolumnie HP ODS Hypersil 200 • 2,1 wypełnionej złożem typu C-18 o uziarnieniu 5 µm. Pozostałe parametry pracy chromatografu były następujące:

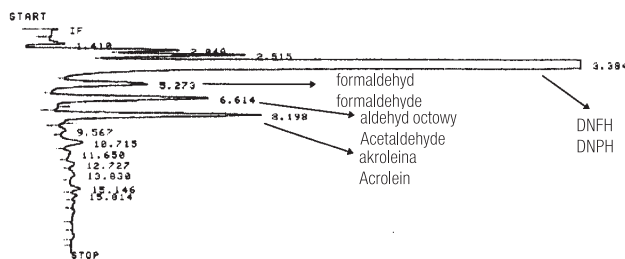
faza ruchoma	-	acetonitryl:woda (1:1)
przepływ fazy ruchomej	-	0,3 ml/min
objętość nastrzyku	-	5 µl
długość fali analitycznej	-	360 nm.

Identyfikacji oznaczanych związków dokonywano na podstawie porównania czasów retencji substancji oznaczanych z czasami retencji wzorców. Oznaczenia ilościowe wykonywano w oparciu o skalę wzorców, przygotowanych przez odpowiednie rozcieńczenie roztworu podstawowego mieszaniny fenylohydrazonów formaldehydu, aldehydu octowego i akroleiny. Oznaczalność metody wynosiła 0,05 mg/m<sup>3</sup> formal-



Ryc. 1. Chromatogram mieszaniny wzorców dinitrofenylohydrazonów formaldehydu, aldehydu octowego i akroleiny.

Fig. 1. A chromatogram of a standard mixture of dinitrophenylhydrazones of formaldehyde, acetaldehyde and acrolein.



Ryc. 2. Chromatogram próbki powietrza, zawierającej aldehydy.  
Fig. 2. A chromatogram of aldehydes containing air sample.

dehydu, 0,5 mg/m<sup>3</sup> aldehydu octowego oraz 0,02 mg/m<sup>3</sup> akroleiny. Chromatogram roztworu wzorcowego dinitrofenylohydrazonów oznaczanych aldehydów przedstawiono na ryc. 1, a jednej z analizowanych próbek na ryc. 2.

## OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Wyniki pomiarów narażenia zawodowego kierowców autobusów na wybrane aldehydy przedstawiono w tabeli I. W przypadku stężeń niższych od oznaczalności metody w obliczeniach stężeń średnich ważonych oraz wskaźników łącznego narażenia uwzględniano wartości odpowiadające 1/2 oznaczalności metody, odpowiednio 0,025 mg/m<sup>3</sup> dla formaldehydu, 0,25 mg/m<sup>3</sup> dla aldehydu octowego oraz 0,01 mg/m<sup>3</sup> dla akroleiny. Stężenia formaldehydu wahały się od poniżej oznaczalności metody do 0,09 mg/m<sup>3</sup>, w żadnej z analizowanych próbek powietrza nie wykryto aldehydu octowego w ilościach przekraczających oznaczalność metody, stężenia akroleiny były również znacznie niższe od wartości NDS i nie przekraczały 0,035 mg/m<sup>3</sup>. Narażenie łączne na aldehydy wahało się w granicach 0,15–0,30 dla autobusów kabinowych i 0,20–0,31 dla autobusów bezkabinowych, a różnica między narażeniem kierowców autobusów kabinowych i bezkabinowych nie były statystycznie znamienne. Uzyskane wyniki są zbliżone do stężeń formaldehydu i innych aldehydów w powietrzu garaży autobusowych, stwierdzonych przez Gamble`a i wsp. (8) i stężeń formaldehydu w kabinach kierowców samochodów ciężarowych w badaniach przeprowadzonych w Szwecji (6,7).

## WNIOSKI

Zastosowana metodyka analityczna okazała się przydatna do oznaczania stężeń aldehydów w strefie oddychania kierowców autobusowych.

Przeprowadzone badania wykazały, że stężenia aldehydu octowego w kabinach autobusowych są niższe od oznaczalności metody, a stężenia formaldehydu i akroleiny są bardzo niskie i nie stanowią zagrożenia dla zdrowia kierowców. Również łączne narażenie kierowców autobusów na aldehydy jest znacznie niższe od wartości dopuszczalnej.

**Tabela I.** Średnie ważone stężenia wybranych aldehydów w strefie oddychania kierowców autobusów komunikacji miejskiej**Table I.** Average concentrations of selected aldehydes in the breathing zone of urban bus drivers

Linia Bus line	Formaldehyd Formaldehyde mg/m <sup>3</sup>		Aldehyd octowy Acetaldehyde mg/m <sup>3</sup>		Akroleina Acrolein mg/m <sup>3</sup>		Wskaźnik narażenia łącznego Combined exposure factor	
	0,5 mg/m <sup>3</sup> *		5,0 mg/m <sup>3</sup> *		0,2 mg/m <sup>3</sup> *		NDS 1	
	autobus kabinowy Cabin bus	autobus bezkabinowy No cabin bus	autobus kabinowy Cabin bus	autobus bezkabinowy No cabin bus	autobus kabinowy Cabin bus	autobus bezkabinowy No cabin bus	autobus kabinowy Cabin bus	autobus bezkabinowy No cabin bus
1	<0,050	<0,050	<0,5	<0,5	<0,02	0,02	0,15	0,20
2	<0,050	0,043	<0,5	<0,5	<0,02	0,02	0,15	0,24
3	0,090	0,038	<0,5	<0,5	<0,015	<0,02	0,30	0,22
4	0,70	0,043	<0,5	<0,5	<0,02	0,02	0,25	0,24
5	0,070	0,070	<0,5	<0,5	<0,02	0,035	0,24	0,31

\* Aktualne najwyższe dopuszczalne stężenie (NDS).

## PIŚMIENNICTWO

- IARC Monographs on the evaluation to carcinogenic risks to humans. Tom 46. IARC, Lyon 1989, ss. 41-185.
- Merkisz J.: Emisja cząstek stałych przez silniki spalinowe o zapłonie samoczynnym. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1997.
- NIOSH Current Intelligence Bulletin 50: Carcinogenic effects of exposure to Diesel Exhaust. NIOSH, Cincinnati 1988.
- Lebrecht G., Czerczak S., Hanke W., Szymczak W.: Spaliny silnika Diesla. Wytyczne szacowania ryzyka zdrowotnego dla czynników rakotwórczych. Zeszyt 6. IMP, Łódź 1997, ss. 41-83.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 11.09.1996 w sprawie substancji chemicznych stwarzających zagrożenie dla zdrowia lub życia. DzU 1996, nr 121, poz. 571.
- Ulfarson U., Alexandersson R.: Reduction in adverse effect on pulmonary function after exposure to filtered Diesel exhaust. Am. J. Ind. Med. 1990, 17, 341-347.
- Ulfarson U., Alexandersson R., Dahlgvist M.: Pulmonary function in workers exposed to Diesel exhaust: the effect of control measures. Am. J. Ind. Med. 1991, 19, 283-289.
- Gamble J.F., Jones W.G., Minshall S.: Epidemiological-environmental study of Diesel bus garage workers: acute effects of NO<sub>2</sub> and respirable particulates on the respiratory system. Environ. Res. 1987, 42, 201-214.
- PN-89/Z-04008.07: Zasady pobierania próbek powietrza w środowisku pracy i interpretacji wyników.

Adres autorów: Św. Teresy 8, 90-950 Łódź

Nadesłano: 28.01.2002

Zatwierdzono 1.03.2002