

Małgorzata Szewczyńska
Małgorzata Pośniak
Elżbieta Dobrzyńska
Katarzyna Miranowicz-Dzierżawska



Zalecenia do ograniczenia narażenia na drobne frakcje cząstek w spalinach biodiesla

ISBN 978-83-7373-144-8

CIOP  **PIB**

Małgorzata Szewczyńska, Małgorzata Pośniak,
Elżbieta Dobrzyńska, Katarzyna Miranowicz-Dzierżawska

Zalecenia do ograniczenia narażenia na drobne frakcje cząstek w spalinach biodiesla

CIOP  **PIB**

Warszawa 2013

Opracowano i wydano w ramach II etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” (2011-2013) finansowanego w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego/Narodowego Centrum Badań i Rozwoju oraz zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej.

Koordynator programu:

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Autorzy

dr Małgorzata Szewczyńska, dr Małgorzata Pośniak,

mgr Elżbieta Dobrzyńska, dr Katarzyna Miranowicz-Dzierżawska

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Projekt okładki

Jolanta Maj

Copyright by Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa 2013

ISBN 978-83-7373-144-8

CIOP  **PIB**

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa
tel. (22) 623 36 98, fax (22) 623 36 93, 623 36 95, www.ciop.pl

Spis treści

Wprowadzenie	5
Wyniki pomiarów	9
Ograniczenie narażenia na drobne frakcje cząstek w spalinach biodiesla	12
Rozwiązania konstrukcyjne w silnikach	12
Wylimowanie źródeł emisji cząstek drobnych ze spalinami ON i biodiesla lub ograniczenie ich wydajności	14
Działania profilaktyczne ograniczające emisje cząstek drobnych, związane z konserwacją silnika	15
Środki ochrony zbiorowej	16
Izolowanie pracowników od źródeł emisji spalin	19
Środki ochrony indywidualnej	19
Podsumowanie	21
Piśmiennictwo	22



Podstawowym źródłem emisji pyłów do środowiska są zjawiska naturalne [2]. Należą do nich m.in.:

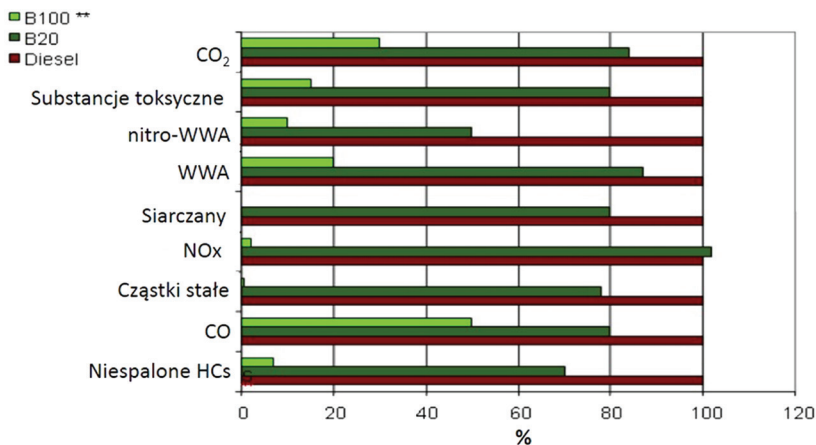
- wybuchy wulkanów,
- przemiany materiałów osadowych i aerozoli morskich, roślinnych i zwierzęcych,
- pożary lasów.

Jednak wydaje się, że największy wpływ na zanieczyszczenie środowiska pyłami mają źródła antropogenne, do których zalicza się:

- procesy produkcyjne,
- procesy spalania paliw,
- motoryzację [7-9].

W związku z rozwojem motoryzacji i wzrostem liczby samochodów, problem zanieczyszczenia środowiska przez spaliny jest intensywnie badany. Świadczą o tym liczne publikacje wyników analiz składu spalin, ocen narażenia zawodowego i środowiskowego, wyników badań toksykologicznych i epidemiologicznych, jak również publikacje przeglądowe wskazujące kierunki dalszych badań w obszarze motoryzacji. Dotychczasowe publikacje dotyczą głównie spalin emitowanych podczas spalania paliw konwencjonalnych. Jednak w związku z koniecznością ograniczenia emisji zanieczyszczeń przez silniki spalinowe, na całym świecie zwiększa się zainteresowanie stosowaniem paliw przyjaznych środowisku. W wielu krajach prowadzone są badania nakierowane na zastępowanie paliwa konwencjonalnego (petrodiesel) paliwami alternatywnymi, takimi jak biodiesel czy etanol. Na rys. 2 przedstawiono wyniki prezentowane przez Biotechx Energy International, pokazujące względne emisje cząstek ze spalin silników Diesla napędzanych paliwem tradycyjnym oraz biodieslem.

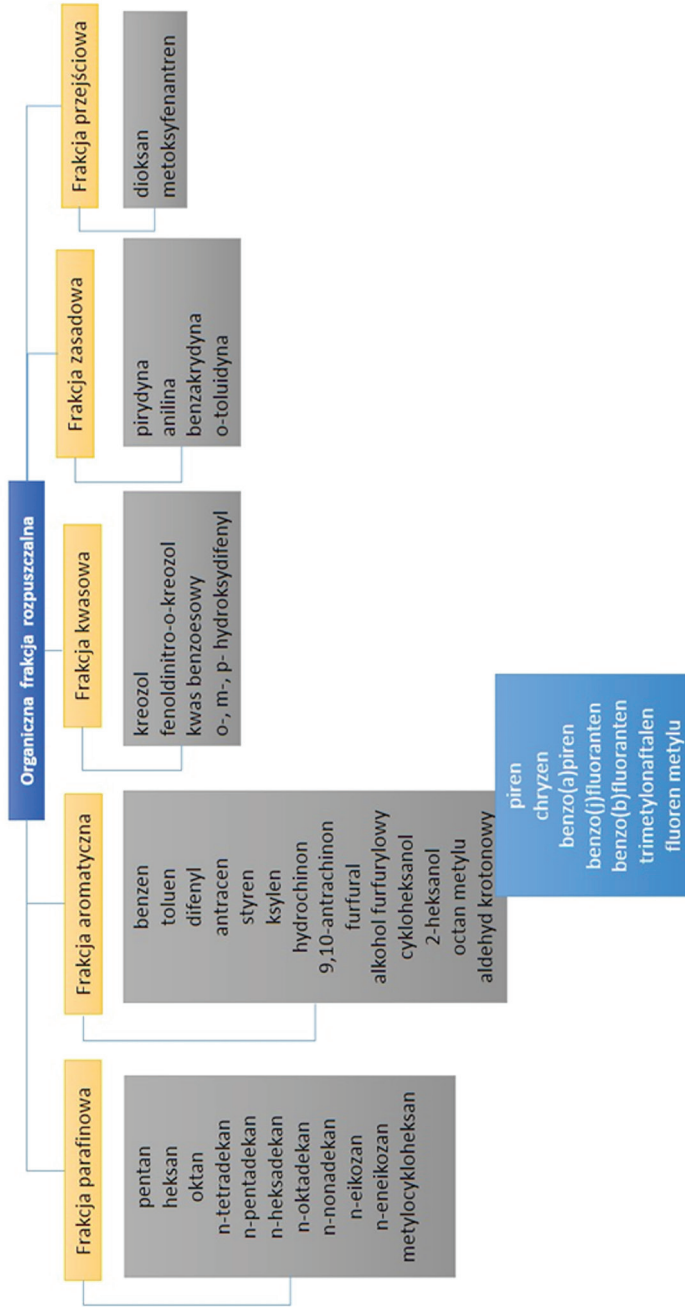
Cząstki stałe powstają głównie w wyniku ubogiego lub niecałkowitego ze względu na brak tlenu spalania oleju napędowego w silnikach wysokoprężnych. Zmniejszenie emisji cząstek stałych w silniku Diesla zależy przede wszystkim od konstrukcji kolektora dolotowego i komory spalania oraz od ciśnienia wtrysku paliwa.



Rysunek 2. Względne emisje ze spalin diesla i biodiesla [www. biotechx.com]

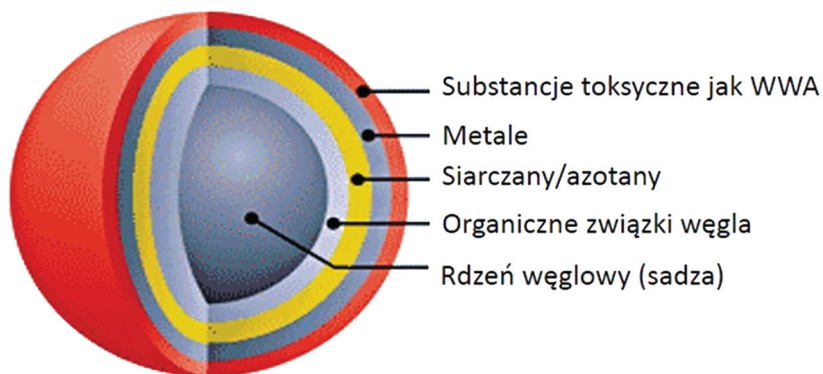
Cząstki stałe, charakterystyczne dla silników o zapłonie samoczynnym, tworzą dwie frakcje: organiczną frakcję rozpuszczalną, czyli część masy cząstek poddającą się ekstrakcji dichlorometanem (15–45% masy), oraz organiczną frakcję nierozpuszczalną, której podstawową część stanowi węgiel stały, będący formą zbliżoną do grafitu. Do pozostałych składników frakcji nierozpuszczalnej należą: azotany, metale oraz siarczany [1]. W skład organicznej frakcji rozpuszczalnej wchodzi pięć zasadniczych frakcji (rys. 3). Zawierają one produkty niecałkowitego spalania związków pośrednich, powstałych wskutek pirolizy węglowodorów. Niespalone paliwo bądź olej silnikowy może stanowić źródło od kilku do kilkudziesięciu procent całkowitej emisji cząstek stałych, przy czym ich ilość i skład są zależne od pracy silnika, rodzaju paliwa i temperatury spalin.

Organiczna frakcja nierozpuszczalna w dichlorometanie poza węglem (sadzą) zawiera również związki siarki, metale oraz wodę związaną z siarczanami. Metale obecne w tej frakcji pochodzą z produktów ścierania elementów silnika oraz z zanieczyszczeń paliwa. Szczególnie niebezpieczne są takie pozostałości katalizatorów przeróbki paliwa, jak tlenki krzemu i aluminium. Metale mogą pochodzić również z oleju silnikowego oraz z metalicznych dodatków do paliwa (związki wapnia bądź baru) stosowanych w celu zmniejszenia zadymienia paliwa. Metale stanowią jednak nie-



Rysunek 3. Skład organicznej frakcji rozpuszczalnej [1]

znaczną część całkowitej emisji cząstek stałych. Kolejną grupę stanowią związki siarki, głównie SO_2 tworzący kwas siarkowy. Ważnym składnikiem organicznej frakcji nierozpuszczalnej jest sadza w postaci chemicznie czystego węgla, która jest nośnikiem węglowodorów, w tym wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) (rys. 4).



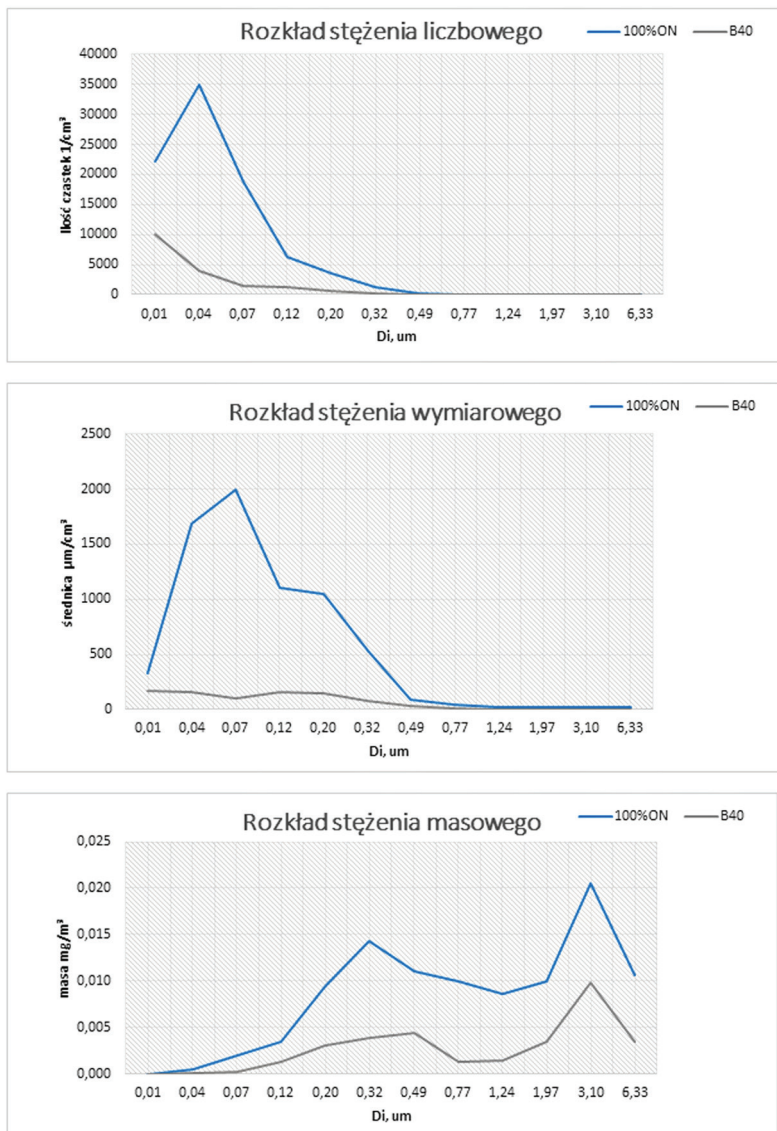
Rysunek 4. Cząstka spalin z silnika Diesla [www.catf.us]

Spaliny silników Diesla stwarzają zagrożenie zdrowotne ze względu na wydzielane frakcje cząstek ultradrobnych. Jednocześnie zwiększają ryzyko narażenia na związki rakotwórcze, a przede wszystkim na wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, które osadzają się na cząstkach spalin.

Wyniki pomiarów

Z pomiarów rzeczywistych przy zastosowaniu niskociśnieniowego impaktora kaskadowego, jak również z badań przy użyciu próbników kaskadowych Siutas Cascade Personal Impactor wynika, że główną

zawartość w spalinach silników Diesla, niezależnie od stosowanego paliwa, stanowi frakcja $< 0,25 \mu\text{m}$.



Rysunek 5. Rozkłady stężeń cząstek spalin

- ▶ Cząstki o wymiarach $< 0,25 \mu\text{m}$ stanowią średnio ok. 68% cząstek spalin silników Diesla napędzanych konwencjonalnie i ok. 50% cząstek emitowanych przy napędzie biopaliwem B40.
- ▶ Zastosowanie dodatku bioestru B100 do oleju napędowego (ON) powoduje zmniejszenie całkowitej emisji cząstek, a co za tym idzie zmniejszenie ilości substancji toksycznych na nich zaadsorbowanych.
- ▶ Na podstawie analizy wyników badań można stwierdzić, że w ten sposób uzyskuje się redukcję emisji całkowitej liczby cząstek:
 - ✦ 78% (B40) dla wartości rozkładu stężenia liczbowego,
 - ✦ 88% (B40) dla wartości stężenia wymiarowego,
 - ✦ 69% (B40) dla wartości stężenia masowego.
- ▶ Analiza składu chemicznego frakcji spalin $< 0,25 \mu\text{m}$ wykazała, że w spalinach paliwa ON występują głównie węglowodory 3- i 4-pierścieniowe: acenaftalen, fenantren, antracen, piren, benzo(a)antracen; natomiast w B40 – pojedyncze węglowodory o liczbie pierścieni 4 i 5: benzo(a)antracen, chryzen, benzo(k)fluoranten, benzo(a)piren.
- ▶ Sumaryczna zawartość WWA w spalinach ON wynosiła średnio $910 \text{ ng}/\text{m}^3$ i malała z dodatkiem bioestru B100 do mieszanki oleju napędowego. W spalinach B40 średnia sumaryczna zawartość WWA wynosiła $340 \text{ ng}/\text{m}^3$, co dało redukcję WWA w spalinach o 62%.
- ▶ Największą zawartość rozpuszczalnej frakcji organicznej (SOF) dla badanych paliw oznaczono we frakcjach poniżej $0,1 \mu\text{m}$ i wynosiła ona średnio: 2,814; 0,971; 0,708 mg/m^3 odpowiednio dla paliwa ON, B20 i B40.

Ograniczenie narażenia na drobne frakcje cząstek w spalinach biodiesla

Rozwiązania konstrukcyjne w silnikach

Ograniczenie emisji zanieczyszczeń do środowiska jest jednym z priorytetowych działań związanych z rozwojem motoryzacji.

Jednym z rozwiązań stosowanych w silnikach wysokoprężnych w celu ograniczenia emisji substancji szkodliwych oraz zużycia paliwa jest zastosowanie systemu wtrysku Common Rail.

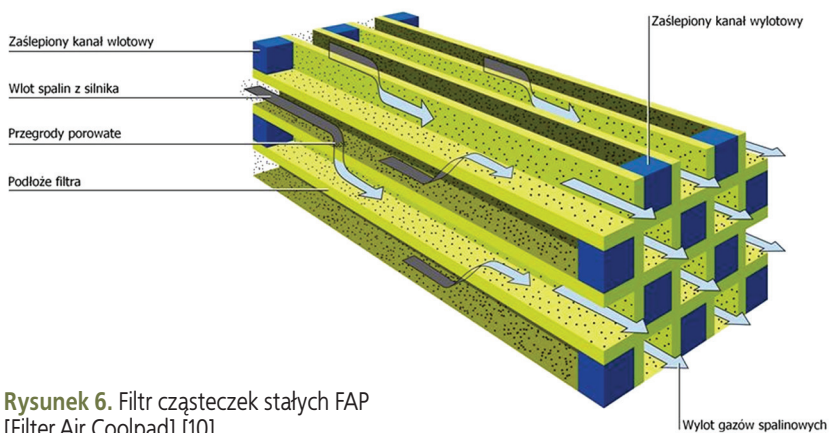
Silniki z systemem Common Rail po raz pierwszy zostały zastosowane w aucie osobowym w 1997 roku przez Fiata w modelach Alfa Romeo w silnikach JTD drugiej generacji. Mimo że system Common Rail stanowił istotny postęp, wciąż nie udało się rozwiązać m.in. problemu pojawiającej się, np. podczas gwałtownych przyspieszeń pojazdu, emisji cząstek stałych do środowiska [4].

Dyrektywy europejskie wprowadzają normy dopuszczalnych emisji spalin w nowych pojazdach sprzedawanych na terenie Unii Europejskiej. Standardy te (opracowywane w serii dyrektyw europejskich) sukcesywnie przez lata zwiększały swoją restrykcyjność. Norma czystości spalin EURO 4 (obowiązująca od 2005 roku) pięciokrotnie ogranicza emisję cząstek stałych w porównaniu z wcześniejszą normą EURO 3 (tab. 1) [11].

Wprowadzona w 2009 roku bardziej rygorystyczna norma EURO 5 dla lekkich samochodów osobowych i służbowych (dyrektywa 2007/715/EC) zawiera wymagania, których – ze względu na dużą ilość cząstek stałych powstających przy spalaniu paliwa – nie spełniały silniki Diesla. W związku z tym konieczne stało się zastosowanie w nich filtrów cząstek stałych (DPF) (rys. 6). Silniki Diesla bez filtra cząstek stałych spełniają jedynie wymagania normy EURO 4.

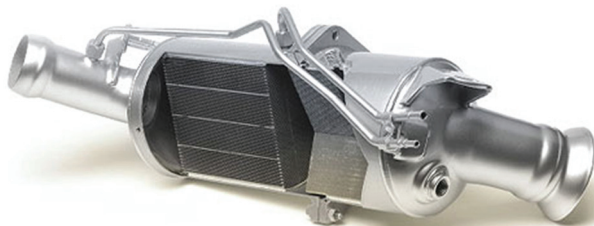
Tabela 1

Dopuszczalne wartości emisji spalin w poszczególnych normach EURO dla pojazdów z silnikiem wysokoprężnym						
[g/km]	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	EURO 6
CO	3,16	1	0,64	0,5	0,5	0,5
HC	–	0,15	0,06	0,05	0,05	0,09
NOx	–	0,55	0,5	0,25	0,18	0,08
HC+NOx	1,13	0,7	0,56	0,3	0,23	0,17
PM	0,14	0,08	0,05	0,009	0,005	0,005



Rysunek 6. Filtr cząstek stałych FAP [Filter Air Coolpad] [10]

Filtr cząstek stałych znajduje się w układzie wydechowym, za katalizatorem (rys. 7). Jest zbudowany z jednolitego elementu wykonanego ze specjalnego materiału ceramicznego. Gromadzenie się cząstek stałych w filtrze wymaga systematycznego ich usuwania w celu uniknięcia przepiętlenia filtra i powstania niedrożności układu wydechowego [4].



Rysunek 7. Umieszczenie filtra cząstek stałych [9]

Kolejnym rozwiązaniem stosowanym w celu eliminacji większej ilości cząstek stałych, jak również innych związków niebezpiecznych, jest zastosowanie filtra cząstek stałych w połączeniu z innymi układami zmniejszającymi emisję szkodliwych substancji i cząstek drobnych. Do takich układów należą katalizatory oxicat, DeNO_x lub ich kombinacja w postaci katalizatorów czterofunkcyjnych [4].

Wyeliminowanie źródeł emisji cząstek drobnych ze spalinami ON i biodiesla lub ograniczenie ich wydajności

W celu ograniczenia emisji drobnych cząstek i substancji toksycznych emitowanych wraz ze spalinami ON i biodiesla, należy rozpoznać źródło takiej emisji i je wyeliminować lub – jeśli jest to niemożliwe – ograniczyć wydajność procesu tworzenia spalin. Na wydajność procesu tworzenia spalin bardzo duży wpływ mają konstrukcja silnika wysokoprężnego oraz jego parametry eksploatacyjne.

Najbardziej szkodliwymi momentami dla pracy silnika, podczas których zachodzą niestabilizowane reakcje wewnątrz i na zewnątrz cylindra, zakłócające pracę i jednocześnie przyczyniające się do nadmiernej emisji cząstek drobnych i związków toksycznych, są:

- ▶ „zimne” rozruchy,
- ▶ stany niedogrzenia silnika,
- ▶ praca na biegu jałowym.

W tych warunkach, w pierwszej fazie spalanie paliwa jest niecałkowite, a niespalone paliwo staje się źródłem węglowodorów. W drugiej fazie rozruchu silnika, jeśli wystąpi samozapłon, to część paliwa ulega spaleni, ale w niekorzystnych warunkach przygotowania mieszanki paliwowo-powietrznej i przy zimnym cylindrze. To potęguje skutek niecałkowitego spalania i zwiększa emisję węglowodorów oraz cząstek stałych. Im dłużej trwa czas rozruchu, tym emisja związków toksycznych jest większa.

W związku z tym, w celu wyeliminowania zwiększonej emisji cząstek stałych ze spalin silnika Diesla do środowiska należy unikać niepotrzebnego wymuszania mocy przy nienagrzanym silniku.

Kolejnym źródłem emisji węglowodorów, cząstek stałych i WWA są silniki samochodów osobowych i ciężarowych o dużym przebiegu (samochody dłużej eksploatowane prawdopodobnie spalają większe ilości oleju).

Zaleca się, jeśli jest to możliwe, wymianę pojazdów z silnikiem Diesla na pojazdy napędzane tzw. czystą energią, w tym propanem, gazem ziemnym, energią elektryczną.

Działania profilaktyczne ograniczające emisje cząstek drobnych, związane z konserwacją silnika

- W miarę możliwości należy stosować jak najczystsze i jak najlepszej jakości paliwo do silników Diesla (zarówno konwencjonalne, jak i biodiesel).
- Wszystkie urządzenia wyposażone w silnik Diesla powinny przechodzić regularne konserwacje, serwisowanie i czyszczenie, m.in. pod kątem zużycia filtra DPF.
- Wszystkie uszczelki powinny być regularnie wymieniane.
- Układ wydechowy powinien być sprawdzany pod kątem wycieków.
- Filtry powietrza powinny być regularnie sprawdzane i wymieniane.
- Pojazdy nie powinny mieć żadnych otworów w podłodze.
- Praca silnika na biegu jałowym powinna być minimalizowana.
- Silniki pojazdów powinny być uruchomione tylko wtedy, gdy jest to wymagane.

Środki ochrony zbiorowej

W pomieszczeniach zamkniętych typu garaże, warsztaty samochodowe, hale i magazyny, gdzie uruchamiane są pojazdy z silnikiem wysoko-
prężnym napędzanym konwencjonalnie lub biodieslem, należy stosować
wszelkie środki umożliwiające odprowadzanie i usuwanie spalin z pomiesz-
czenia. W tym celu mogą być wykorzystywane:

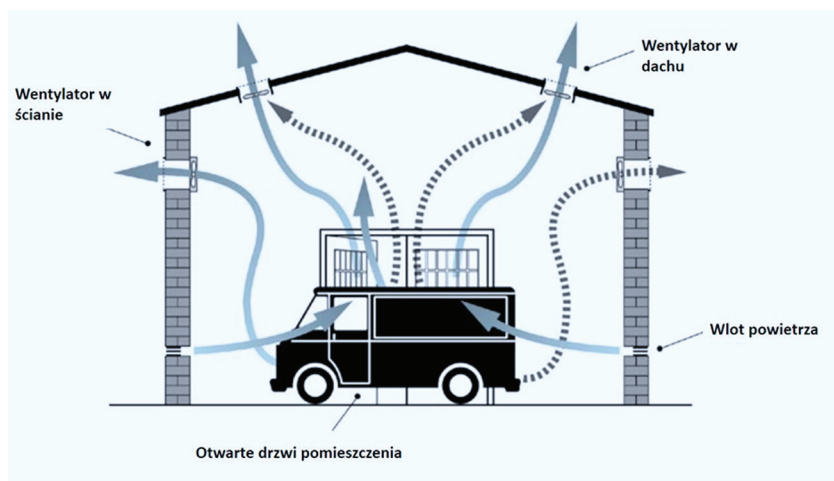
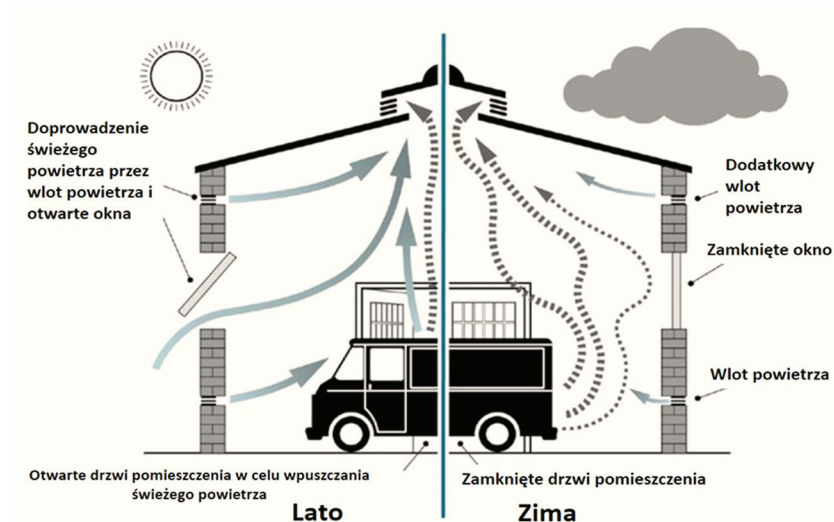
- ▶ wentylacja naturalna, czyli przewietrzanie pomieszczenia otworami wentylacyjnymi umieszczonymi w ścianach przeciwległych lub bocznych albo we wrotach garażowych,
- ▶ wentylacja mechaniczna w systemie nawiewano-wywiewanym,
- ▶ wentylatory podłogowe,
- ▶ wentylacja grawitacyjna,
- ▶ wentylacja miejscowa.

Wymagania ogólne dotyczące stosowania środków ochrony zbiorowej
w celu eliminacji spalin silników Diesla oraz metody kontroli działania tych
instalacji opisane są w broszurze „Zagrożenia spalinami silników Diesla”
w rozdziale „Ograniczenie narażenia na spaliny silników Diesla” [3]. Przed-
stawione zalecenia mogą być stosowane również do ograniczania naraże-
nia na cząstki drobne emitowane ze spalin silników Diesla pracujących na
biodieslu.

Na rys. 8–10 przedstawiono przykładowe rozwiązania wentylacji
w pomieszczeniach, w których pracują silniki wysokoprężne.

**Miejscowa wentylacja jest najbardziej efektywnym systemem wentyla-
cji, usuwa bowiem spaliny i emitowane cząstki drobne wraz z substan-
cjami chemicznymi, zanim dostaną się one do powietrza środowiska
pracy.**

Wszędzie tam, gdzie jest to możliwe, rury wydechowe i przewody spalinowe powinny być podłączone do odciągów miejscowych, które odprowadzają spaliny na zewnątrz pomieszczeń (np. na dach).



Rysunek 8. Schemat działania wentylacji naturalnej i mechanicznej [ze strony HSE]



Rysunek 9. Systemy wentylacyjne w warsztacie [<http://www.wsop.pl/pomysl-na-biznes/warsztat-niezalezny/technologie-projekty>]



Rysunek 10. Miejscowy odciąg spalin [<http://www.mechanicssystem.com.pl>]

Izolowanie pracowników od źródeł emisji spalin

W pomieszczeniach, gdzie nie ma możliwości całkowitej eliminacji źródeł emisji drobnych cząstek spalin z silników napędzanych tradycyjnym olejem napędowym lub biodieslem, można – w niektórych przypadkach – zastosować systemy izolujące pracowników od tych źródeł.

Kierowcy pojazdów z silnikiem Diesla powinni siedzieć w klimatyzowanych kabinach z zamkniętymi oknami (rys. 11).



Rysunek 11. Ciągnik Same Explorer z 4-cylindrowym silnikiem SDF serii 1000 mogącym pracować na paliwie B100 i klimatyzowaną kabiną [fot. SDF Group]

Środki ochrony indywidualnej

Środki ochrony indywidualnej powinny być wykorzystywane do ochrony pracowników przed szkodliwym działaniem drobnych cząstek uwalnianych podczas spalania klasycznego oleju napędowego oraz biodiesla, jeżeli stosowanie środków ochrony zbiorowej jest niemożliwe lub niewystarczające. Do ochrony dróg oddechowych przed cząstkami stałymi emitowanymi podczas spalania oleju napędowego i biodiesla zalecane są maski klasy P2. Poniżej przedstawiano przykładowe ochrony dróg oddechowych przed szkodliwym działaniem cząstek drobnych zawartych w spalinach silników Diesla napędzanych konwencjonalnie lub biodieslem:

- **Półmaski jednorazowe** z zaworkiem klasy P2. Odporna na zapadanie się konstrukcja tych masek sprawia, że są one wygodnymi i trwałymi środkami ochronnymi przydatnymi szczególnie w warunkach wysokiej temperatury i wilgotności. Zastosowany zawór skutecznie usuwa ciepło, co sprawia, że noszenie maski jest wygodne, a odprowadzenie powietrza ogranicza parowanie środków ochrony oczu (rys. 12).



Rysunek 12. Półmaska jednorazowa z zaworkiem [<http://catalogue.3m.eu>]

- **Półmaski oddechowe** wielokrotnego użytku z filtrami klasy P2. Zapewniają ochronę przed cząstkami stałymi oraz posiadają dodatkowe filtry węglowe, zmniejszające narażenie na substancje chemiczne emitowane w spalinach silników wysokoprężnych pracujących na paliwie konwencjonalnym lub biodieslu. Zawór wydechowy zapewnia zwiększoną trwałość i jest łatwy do utrzymania w czystości. Zmniejszone opory oddechowe pomagają minimalizować nagrzewanie maski i zwiększają komfort użytkownika. Wszystkie te maski wyposażone są w system złącza bagnetowego pozwalający na podłączanie szerokiego asortymentu podwójnych filtrów chroniących przed gazami, parami i pyłami, zależnie od potrzeb indywidualnych. Mogą być używane z systemami sprężonego powietrza (rys. 13).



Rysunek 13. Półmaska oddechowa wielokrotnego użytku [<http://www.horus.net.pl>]

- **Maski całotwarzowe** z filtrem klasy P2. Chronią drogi oddechowe poprzez połączenie z systemem nadmuchiowym umieszczonym na pasie biodrowym. System nadmuchiowy jest zasilany akumulatorem i dostarcza powietrze oczyszczone poprzez zamontowane filtry (rys. 14).



Rysunek 14. Maska całotwarzowa typu Power Air [http://catalogue.3m.eu]

Podsumowanie

Przepisy dotyczące bezpieczeństwa i ochrony zdrowia na stanowiskach pracy wymagają podjęcia wszelkich działań zmierzających do eliminacji lub ograniczenia narażenia pracowników na czynniki niebezpieczne dla zdrowia. W celu zapobiegania narażeniu lub ograniczania narażenia w miejscu pracy na drobne cząstki powstające w wyniku spalania konwencjonalnego oleju napędowego oraz biodiesla, należy w pierwszej kolejności zebrać wszystkie informacje pomocne przy podejmowaniu decyzji dotyczących zastosowania odpowiednich środków prewencyjnych.

Aby ograniczyć lub wyeliminować narażenie na frakcje cząstek drobnych w spalinach silników Diesla, występujące w pomieszczeniach, w których pracują silniki wysokoprężne, należy zastosować rozwiązania polegające na zmianie systemu pracy i modernizacji stanowisk pracy. W tych miejscach pracy, w których jest to możliwe, należy wyeliminować

źródła emisji spalin (np. w magazynach przez zastąpienie wózków widłowych napędzanych olejem napędowym lub mieszaniną oleju i bioestru wózkami zasilanymi gazem lub akumulatorowymi).

Piśmiennictwo

- [1] Czerczak S., Szymczak W., Lebrecht G., Hanke W.: *Spaliny silnika diesla – dokumentacja proponowanych wartości dopuszczalnych wielkości narażenia zawodowego*. Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy 2005; 3(45):89-133.
- [2] Harrison R.M., Jones A.M., Lawrence R.G.: *Major component composition of PM10 and PM2.5 from roadside and urban background sites*. Atmos. Environ 2004; 38: 4531–4538.
- [3] Pośniak M., Jankowska E., Szewczyńska M., Zapór L., Brochocka A., Pietrowski P.: *Zagrożenia spalinami silników Diesla*. CIOP-PIB, Warszawa 2010.
- [4] Rytel K.: *Serwis Motoryzacyjny* nr 6/2008.
- [5] Schwartz J., Laden F., Zanobetti A.: *The concentration–response relation between PM2.5 and daily deaths*. Environmental Health Perspectives 2002; 110: 1025–1029.
- [6] Siemiński M.: *Środowiskowe zagrożenie zdrowia*. PWN, Warszawa 2001.
- [7] Wilkinson P et al.: *Case-control study of hospital admission with asthma in children aged 5–14 years: relation with road traffic in north west London*. Thorax 1999; 54: 1070–1074.
- [8] Yuh-Shen Wu et al.: *The measurements of ambient particulates (TSP, PM2.5, PM2.5–10), chemical component concentration variation,*

and mutagenicity study during 1998–2001 in central Taiwan. Journal of Environmental Science and Health, Part C Environmental Carcinogenesis and Ecotoxicology Reviews 2002; 20: 45–59.

- [9] Żegota M.: *Modelowanie emisji cząstek PM10 z pojazdów samochodowych.* [Rozprawa doktorska] Politechnika Warszawska, Warszawa 2006.
- [10] <http://autokult.pl/2011/03/22/filtry-czastek-stalych-dpffap-czesc-1>
- [11] http://pl.wikipedia.org/wiki/Euro_4

