

Krzysztof BRODZIK, Joanna FABER, Anna GOŁDA-KOPEK,  
Damian ŁOMANKIEWICZ, Jan NOWAK, Antoni ŚWIĄTEK

## WPŁYW TEMPERATURY NA EMISJĘ LOTNYCH ZWIĄZKÓW ORGANICZNYCH Z ELEMENTÓW WYPOSAŻENIA KABINY SAMOCHODU OSOBOWEGO

### Streszczenie

*Obecność lotnych związków organicznych (LZO) w powietrzu wewnątrz kabiny samochodu osobowego może mieć negatywny wpływ na samopoczucie, bezpieczeństwo i zdrowie użytkowników. W nowych samochodach obecność LZO jest wynikiem emisji z elementów wyposażenia kabiny, która jest silnie zależna od warunków atmosferycznych. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań dotyczących wpływu temperatury na skład ilościowy i jakościowy emitowanych z różnych elementów wyposażenia mieszanin substancji lotnych.*

### WSTĘP

Powietrze wewnątrz kabiny nowego samochodu zawiera dziesiątki, a nawet setki lotnych związków organicznych (LZO ang. *Volatile Organic Compounds*). Ich obecność jest wynikiem emisji z tworzyw sztucznych wykorzystanych do produkcji elementów wyposażenia [1-3]. W zależności od właściwości LZO obecnych w powietrzu wewnątrz samochodu można spodziewać się występowania trzech zjawisk: a) zamglenia (ang. *fogging*) – spowodowanego kondensacją stosunkowo ciężkich związków organicznych na powierzchni wewnętrznej szyby samochodu, b) zapachu wynikającego z obecności substancji zapachowych, bardzo często o śladowym stężeniu, c) obecności lekkich związków organicznych i innych mogących mieć wpływ na uczucie komfortu oraz zdrowie użytkowników.

W trakcie eksploatacji samochodu do wnętrza kabiny przedostają się zanieczyszczenia z zewnątrz, przede wszystkim spaliny innych pojazdów biorących udział w ruchu drogowym, oraz zanieczyszczenia pochodzące z innych źródeł takie jak np. opary paliwa z układu paliwowego, substancje obce wynikające z nawyków użytkowników np. dym papierosowy, zanieczyszczenia pochodzące z układu nawiewu powietrza/klimatyzacji. Wcześniejsze badania wskazują, że głównym źródłem obecności LZO w kabinie nieeksploatowanego samochodu jest emisja tych substancji z tworzyw sztucznych [4, 5]. W przypadku związków takich jak np. benzen, toluen czy ksyleny, w trakcie eksploatacji samochodu obserwuje się początkowo zmniejszenie ich stężenia, wynikające zarówno z wentylowania wnętrza pojazdu, jak i zmniejszenia wielkości emisji z materiałów w czasie. Po pewnym czasie stężenie tych związków zwiększa się na skutek wprowadzania do kabiny powietrza ze zewnętrznego zanieczyszczonego między innymi spalinami.

Zjawisko emisji lotnych związków organicznych z materiałów znajdujących się we wnętrzu kabiny samochodu jest silnie zależne od temperatury. Wahań temperatury wewnątrz pojazdu mogą, w ciągu doby, w skrajnych przypadkach wynosić nawet kilkadziesiąt stopni. Producenci samochodów przyjmują, że temperatura elementów wyposażenia kabiny narażonych na bezpośrednie działanie promieni słonecznych może osiągać 80 °C. Kondycjonowanie elementów w takich warunkach poprzedza między innymi niektóre z badań zapachu emitowanego z materiałów [6-8]. Wyższa temperatura powoduje nie tylko zwiększenie stężenia LZO w kabinie samochodu ale istotnie wpływa jednocześnie na skład jakościowy mieszaniny substancji lotnych [9]. W niniejszej pracy skoncentrowano

się na badaniach wpływu temperatury na rodzaj i ilość substancji lotnych emitowanych z wybranych elementów wyposażenia kabiny samochodu osobowego.

### 1. PROCEDURA BADAWCZA

#### 1.1. Obiekty badań

Badania wpływu temperatury na ilość i rodzaj emitowanych substancji lotnych prowadzono dla kierownic z tworzywa sztucznego (poliuretan), daszków przeciwsłonecznych z polichlorkiem winylu jako materiałem poszycia, osłony dźwigni hamulca ręcznego z polichloru winylu oraz poszycia wewnętrznego dachu kabiny wykonane z wielowarstwowego materiału, w skład którego wchodzi warstwa pianki poliuretanowej i włókna bawełny. Badane elementy były fabrycznie nowe i pochodziły z tych samych partii produkcyjnych.

#### 1.2. Kondycjonowanie elementów

Badane elementy umieszczano w szczelnej komorze środowiskowej WKE 1000 (Weiss, Niemcy) o pojemności roboczej 1 m<sup>3</sup>, przeznaczonej do prowadzenia badań emisji (Rys. 1). Ściany komory badawczej wykonane są ze stali elektropolerowanej, co umożliwia całkowite pozbycie się substancji organicznych po zakończeniu badania. Element badany umieszczano w komorze po ustabilizowaniu temperatury i wilgotności strumienia powietrza. Elementy pochodzące z tych samych partii produkcyjnych poddawano badaniom w temperaturze 20, 35, 50 i 65 °C, przy względnej wilgotności powietrza wynoszącej odpowiednio: 54, 22, 10 i 5 %RH. Badania prowadzono w trybie dynamicznym, z wymianą powietrza 5,4 L/min. Tunel doprowadzający próbkowane powietrze ogrzewany był do temperatury 65 °C w celu uniknięcia kondensacji i osadzania się mniej lotnych substancji na jego ściankach. Próbkę powietrza pobierano po 2 i 5 godzinach testu. Badania we wszystkich czterech warunkach przeprowadzono dla każdego z badanych elementów w ciągu 10 dni w celu uniknięcia znaczącego wpływu czasu magazynowania na uzyskiwane wyniki [6].

#### 1.3. Pobieranie i analiza próbek powietrza

Próbki powietrza zawierające lotne związki organiczne pobierane były z wnętrza komory badawczej poprzez ogrzewany tunel probierczy na złoża sorbentów Tenax TA umieszczonych w rurkach stalowych (Markes, Wlk. Brytania) oraz na złoża silkażelu pokrytego 2,4-dinitrofenylohydrazyną (2,4-DNPH) (Sigma-Aldrich, Polska). Do

pobierania próbek wykorzystano aspiratory PCMTX-8 (SKC, Wlk. Brytania) kalibrowane kalibratorem DRYCAL (BIOS, USA). Próbki powietrza pobierane na rurki z sorbentem Tenax TA przeznaczone były do analizy i identyfikacji LZO. Próbki pobierane na złoża silikażu pokrytego 2,4-DNPH przeznaczone były do analizy związków karbonylowych. Próbki pobierano z przepływem powietrza ustalonym na 100 mL/min w przypadku Tenax TA oraz 750 mL/min w przypadku 2,4-DNPH, całkowita objętość pobranych próbek powietrza wynosiła odpowiednio 2000 i 15000 mL.



**Rys. 1.** Szczelna komora WKE 1000 do badań emisji LZO wraz z akcesoriami do pobierania próbek i detektorem FID

Próbki pobrane na złożo sorbentu Tenax TA poddawane były desorpcji temperaturowej w układzie Unity2 (Markes, Wlk. Brytania) w temperaturze 300 °C przez 15 minut. Próbki po desorpcji z zimnej pułapki trafiały do chromatografu gazowego ogrzewaną linią transferową. Rozdział chromatograficzny prowadzony był na niepolarniej kolumnie kapilarnej DB-5MS Ultra Inert (60m x 1 μm x 0,32 mm) (Agilent, USA). Analiza związków lotnych prowadzona była jednocześnie na detektorze płomieniowo-jonizacyjnym (7890A, Agilent, USA) i spektrometrze masowym (MSD 5975C, Agilent, USA). Szczegółowe parametry analizy przedstawione w Tablicy 1 były identyczne do poprzednio opisanych [8, 9].

Identyfikację związków obecnych w pobranych próbkach powietrza realizowano w oparciu o własną bazę związków zawierająca informacje o ponad 130 wzorcach oraz o bazę NIST08. Analiza ilościowa wykrytych związków oparta była na krzywej kalibracyjnej toluenu.

Związki karbonylowe analizowane były w formie swoich pochodnych 2,4-DNPH po ekstrakcji ze złoża 5 mL acetonitrylu (Sigma-Aldrich, Polska). Analizę tej grupy związków prowadzono metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC) (Agilent 1260 Infinity, USA). Rozdział chromatograficzny realizowany był na kolumnie ZORBAX Stablebond C18. Analiza ilościowa oparta była na krzywych kalibracyjnych przygotowanych dla każdego z analizowanych związków karbonylowych.

**Tab. 1.** Parametry analizy chromatograficznej

Desorber temperaturowy	Grzanie rurki: 280 °C Przepłukiwanie: 1 min. Zimna pułapka: -30 °C do 300 °C z szybkością ok 60 °C/s Ciśnienie na kolumnie: 23 psi Współczynnik podziału (split): 5:1
Chromatograf gazowy (GC/FID)	Kolumna kapilarna DB5-5MS UI(60 m x 1 μm x 0,32 mm) Gaz nośny: hel 6.0 Program temperaturowy: od 40 °C (2 min) 3 °C/min do 92 °C, 5 °C/min do 160 °C, 10 °C/min do 290 °C (12 min)
Spektrometr masowy (MS)	Linia transferowa do MS: 300 °C Źródło jonów: EI Temperatura źródła jonów: 230 °C Tryb skanowania: SCAN m/z: 35-260 amu biblioteka NIST08

## 2. WYNIKI BADAŃ

### 2.1. Całkowite stężenie lotnych związków organicznych

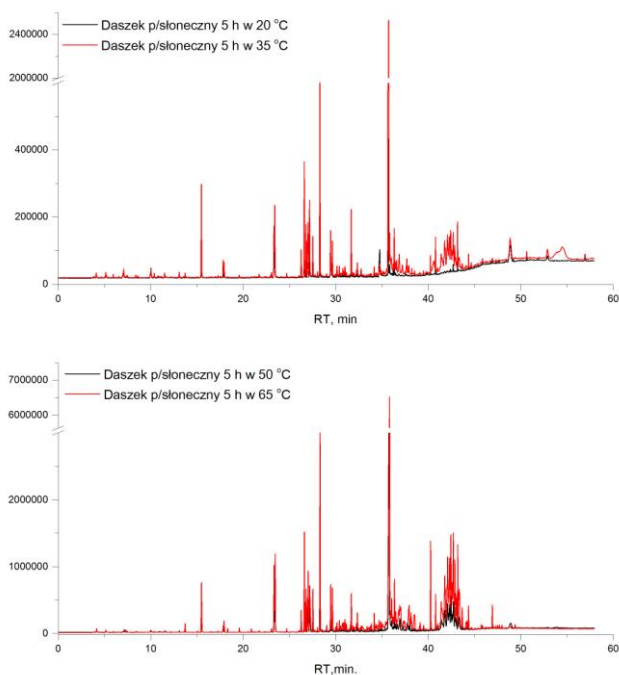
Za całkowite stężenie lotnych związków organicznych uznano sumaryczne stężenie związków w zakresie od heksanu (C<sub>6</sub>) do heksadekanu (C<sub>16</sub>) oznaczonych metodą chromatografii gazowej. Analiza ilościowa opierała się na sygnałach uzyskanych z detektora płomieniowo-jonizacyjnego. Stężenia poszczególnych związków oznaczono jako ekwiwalent toluenu, co oznacza że pole powierzchni pików chromatograficznych odnoszono do krzywej kalibracyjnej uzyskanej dla związku odniesienia – toluenu. Zestawienie uzyskanych wyników przedstawiono w Tablicy 2. W temperaturze 20 °C całkowite stężenie LZO w zakresie od C<sub>6</sub> do C<sub>16</sub> wyemitowanych z badanych elementów w komorze nie przekraczało w żadnym z analizowanych przypadków 1 mg/m<sup>3</sup>. Wzrost temperatury już o 15 stopni do 35 °C powodował trzykrotnie zwiększenie stężenia we wszystkich przypadkach poza poszczególnym wewnętrznym dachu. Wyraźnie widoczne są różnice wpływu temperatury na całkowitą ilość substancji lotnych emitowanych z różnych elementów wyposażenia kabiny. Z przedstawionych danych jednoznacznie wynika, że spośród porównywanych elementów największa ilość substancji lotnych emitowana jest z kierownicy, przy czym wzrost temperatury o 45 stopni Celsjusza powoduje ponad pięćdziesięciokrotne zwiększenie stężenia substancji lotnych podczas testu.

Różnicom w całkowitym stężeniu LZO towarzyszą również różnice w składzie jakościowym wyemitowanych związków. Wyraźnie widoczne jest to podczas analizy chromatogramów próbek pochodzących z testów prowadzonych na tego samego rodzaju elemencie w różnych temperaturach. W przypadku badań daszków przeciwslonecznych, pomimo bardzo istotnych różnic wielkości emisji w skrajnych temperaturach, już w 20 °C można zauważyć obecność sygnałów (Rys. 2) pochodzących od butoksyetoksyetanolu (RT = 35,78 min.), 1,2,3trimetylobenzenu (RT = 28,31 min.), toluenu (RT = 15,50 min.) i butoksyetanolu (RT = 23,44 min.), które to związki są dominującymi niemalże w każdej temperaturze. Istotnie zmienia się jednak skład jakościowy mieszaniny LZO emitowanej z elementu wyposażenia. W niskiej temperaturze praktycznie nie występują

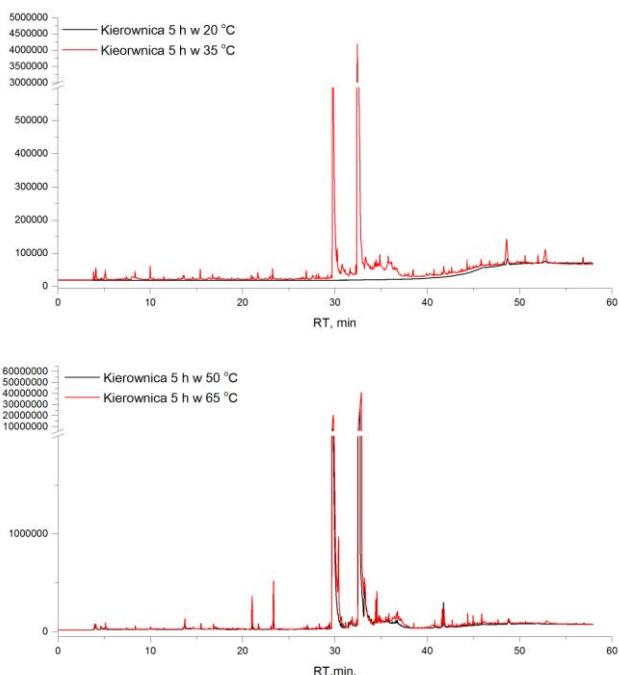
**Tab. 2.** Całkowite stężenie LZO po 2 i 5 godzinach testu emisji

Badany element	Daszek p/słoneczny PVC		Czarna kierownica PUR		Osłona dźwigni hamulca ręcznego PVC		Poszycie sufitu SF/PUR/SF	
	2h	5h	2h	5h	2h	5h	2h	5h
Temperatura	Całkowite stężenie LZO, μg/m <sup>3</sup>							
20 °C	528	658	813	965	302	611	435	380
35 °C	1 964	2 391	2 572	3 560	1 146	1 133	437	331
50 °C	5 879	5 741	19 318	21 178	1 861	1 790	1 939	1 621
65 °C	14 677	13 507	47 280	49 553	5 109	4 437	5 451	4 371

związki o czasach retencji powyżej 40 minut, które są emitowane w znaczącej ilości w podwyższonej temperaturze.



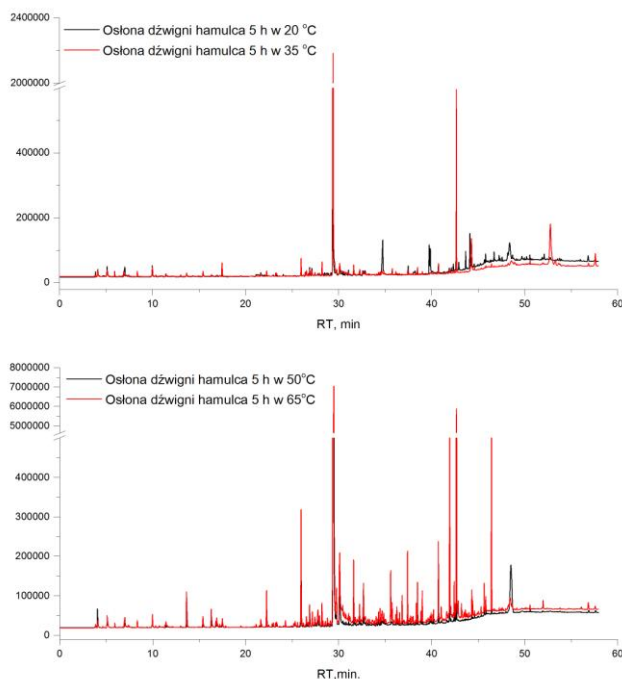
**Rys. 2.** Chromatogramy próbek LZO pobranych po 5 godzinach testu emisji z kompletu daszków przeciwsłonecznych



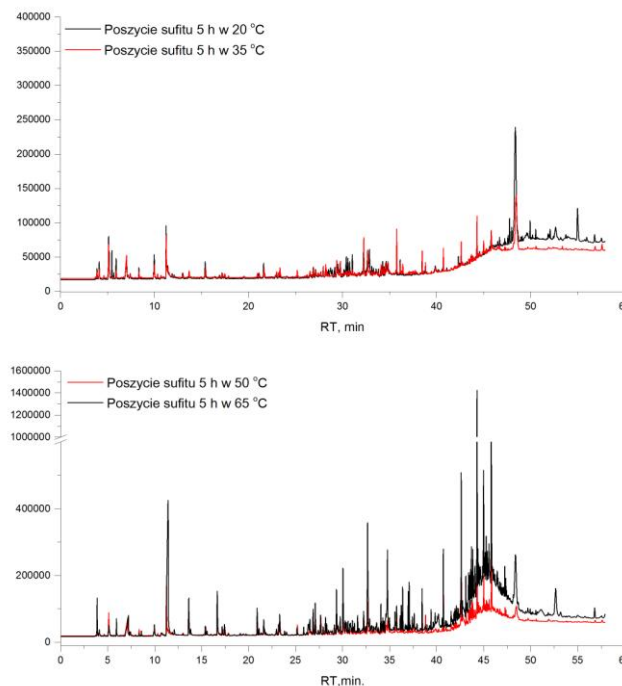
**Rys. 3.** Chromatogramy próbek LZO pobranych po 5 godzinach testu emisji z kierownicy

Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku badań kierownicy wykonanej z tworzywa sztucznego (Rys. 3). Dominujące związki, zidentyfikowane jako trietylenodiamina (RT = 29,73 min.) i trimetylo-1,3-propanodiamina (RT = 32,84 min.), obecne są już w najniższej temperaturze. Z tego elementu emitowanych jest około dwustu związków lotnych, jednak ich udział w całkowitej emisji jest bez porównania mniejszy, niż wspomnianych powyżej. Pierwsza z wy-

mienionych amin jest odpowiedzialna za ok. 21 %, druga natomiast za ok. 69 % całkowitego stężenia LZO po 5 godzinach testu w 65 °C.



**Rys. 4.** Chromatogramy próbek LZO pobranych po 5 godzinach testu emisji z osłony dźwigni hamulca



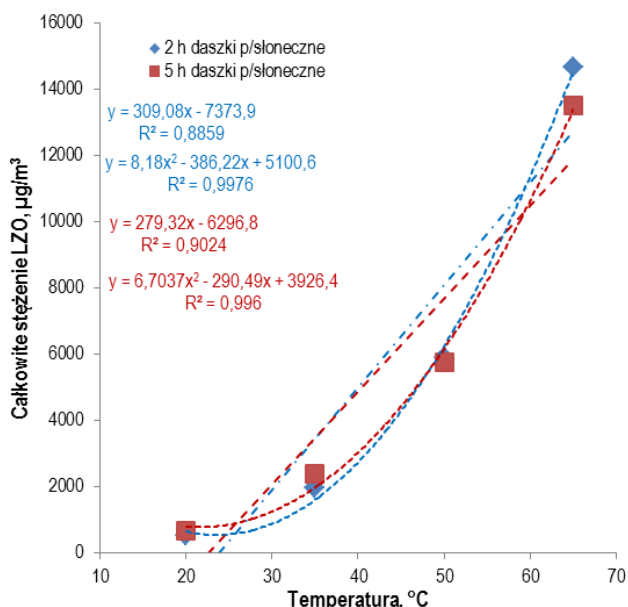
**Rys. 5.** Chromatogramy próbek LZO pobranych po 5 godzinach testu emisji z poszycia sufitu

W przypadku badań emisji prowadzonych na osłonie dźwigni hamulca ręcznego wykonanej z polichloroku winylu również widoczna jest obecność związków dominujących (Rys. 4), jednak ich stężenie jest znacznie mniejsze, niż związków dominujących w dwóch wcześniejszych przypadkach. W związku z tym na chromatogramach wyraźnie widoczne są sygnały pochodzące od substancji lotnych

emitowanych w mniejszym stopniu. Co więcej, widoczny jest również wpływ temperatury na zwiększanie udziału ciężkiego bis(2-etyloheksylo)eteru (RT = 42,65 min.) w stosunku do etyloheksanolu (RT = 29,44 min.). Stosunek stężeń tych dwóch związków wynosi ok. 1:5 w 20 i 30 °C, 1:3 w 50 °C i 1:2,5 w 65 °C. Należy podkreślić istotne różnice w składzie jakościowym mieszaniny LZO emitowanej z dwóch elementów wykonanych z PVC, daszków przeciwsłonecznych i osłony dźwigni hamulca ręcznego. Występowanie tak istotnych różnic (Rys. 2 i 4) sugeruje, że informacja na temat użytego materiału nie jest wystarczająca do przewidywania składu emitowanych z niego substancji lotnych.

Badania emisji LZO z poszycia sufitu wykazały, że pomimo dużej powierzchni zajmowanej w kabinie samochodu, element ten emituje znacznie mniej substancji lotnych niż pozostałe badane części. W tym przypadku trudno również wskazać dominujące związki lotne wydzielające się z materiału. Poszycie sufitu kabiny jako jedyne spośród badanych elementów wyposażenia nie wykazało zwiększenia sumarycznej emisji LZO na skutek zmiany temperatury badania z 20 °C na 35 °C (Tab. 1, Rys. 7). Podobnie jak w przypadku daszków przeciwsłonecznych, obecność niektórych mniej lotnych związków organicznych uwidacznia się dopiero w podwyższonej temperaturze (Rys. 5). W przypadku tego elementu warto podkreślić znacząco zwiększone stężenie związków stosunkowo lekkich, takich jak glikol etylenowy (RT = 11,26 min.).

Na podstawie uzyskanych wyników możliwa była szczegółowa analiza zmian stężeń kilkudziesięciu związków w zależności od temperatury badania. Wyniki analizy pozwalają na określenie różnic w charakterystykach emisji oraz stanowią punkt wyjścia do dyskusji o zmianach jakościowych w mieszaninach emitowanych LZO, będących wynikiem oddziaływania warunków środowiskowych.

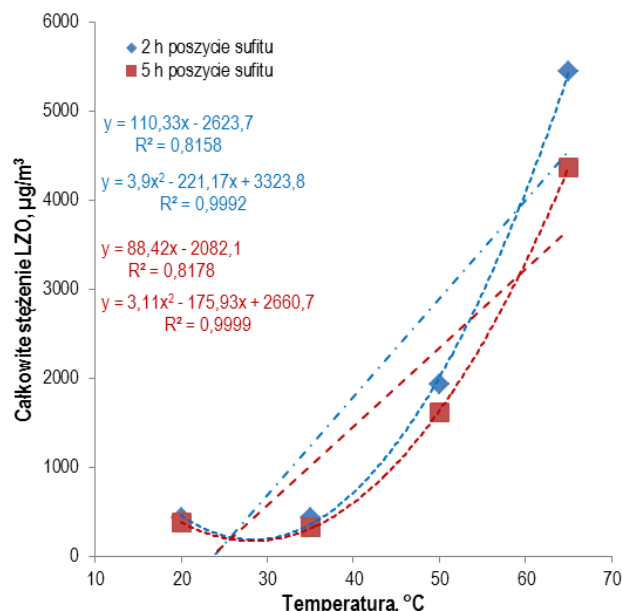


**Rys. 6.** Zmiany całkowitego stężenia LZO w funkcji temperatury badania daszków przeciwsłonecznych

Zmiany całkowitego stężenia lotnych związków organicznych w funkcji temperatury dobrze opisują krzywe wielomianowe drugiego stopnia (Rys. 6). Przybliżenie wyników równaniami pierwszego stopnia powoduje przeszacowanie całkowitego stężenia substancji w umiarkowanej temperaturze i jego niedoszacowanie w temperaturach wysokich. Należy jednak podkreślić, że współczynnik dopasowania  $R^2$  jest stosunkowo wysoki (powyżej 0,8), również dla równań pierwszego stopnia. Porównanie zmian całkowitego stężenia LZO

po 2 i 5 godzinach testu emisji wskazuje, że dłuższe badania pozwalają na uzyskanie lepszego dopasowania krzywych do danych eksperymentalnych. Zależność taką zaobserwowano we wszystkich badanych przypadkach.

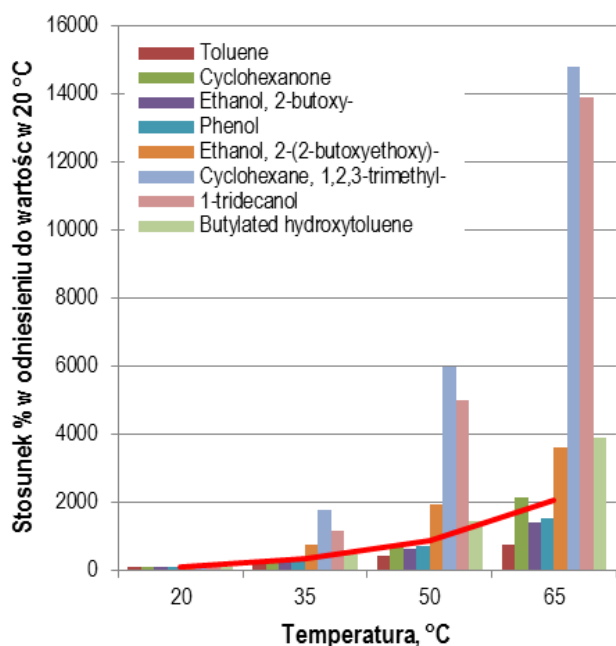
Analizy wyników dotyczących poszczególnych związków przeprowadzono analogicznie do procedury dotyczącej całkowitego stężenia LZO w funkcji temperatury. W przypadku analizowania zmian stężenia poszczególnych substancji lotnych w funkcji temperatury również lepsze dopasowanie do wyników eksperymentalnych uzyskuje się w oparciu o równania wielomianów drugiego stopnia.



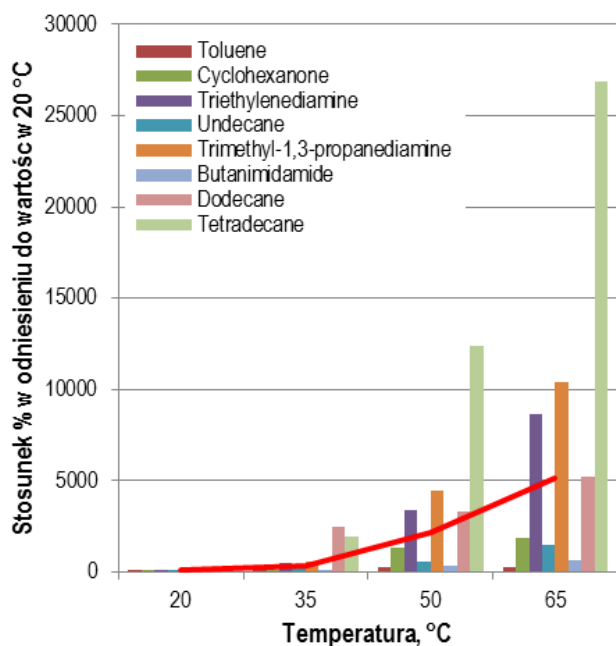
**Rys. 7.** Zmiany całkowitego stężenia LZO w funkcji temperatury badania poszycia sufitu

## 2.2. Wpływ temperatury na emisję poszczególnych substancji lotnych

Jak wskazano wcześniej temperatura wpływa zarówno na skład ilościowy jak i jakościowy mieszaniny emitowanych z elementu wyposażenia substancji lotnych. Przedstawione na Rys. 8 porównanie względnego przyrostu stężeń poszczególnych związków, jak i stężenia sumarycznego, w sposób przystępny wizualizuje niejednorodny wpływ temperatury na emisję LZO. Na zaprezentowanym przykładzie widoczne są zmiany stężenia ośmiu wytypowanych związków o różnej masie cząsteczkowej od stosunkowo lekkiego toluenu do ciężkiej cząsteczki inhibitora utleniania – butylowanego hydroksytoluenu. Przedstawione porównanie wskazuje, że zwiększenie sumarycznego stężenia LZO podczas badania daszków przeciwsłonecznych wynika głównie z bardzo istotnego wpływu temperatury na emisję stosunkowo ciężkich związków. W przypadku badań kierownicy analogiczne porównanie (Rys. 9) wskazuje, że spośród wybranych związków największy przyrost stężenia w stosunku do wartości wyjściowej w 20 °C obserwuje się dla tetradekanu. Pozostaje to w zgodzie ze wcześniejszymi obserwacjami świadczącymi o tym, że zwiększenie temperatury ma największy wpływ na emisję stosunkowo ciężkich związków, w przypadku tetradekanu, obserwowano niemalże trzystukrotne zwiększenie stężenia. Po uwzględnieniu stężeń wyjściowych okazuje się jednak, że tak jak stwierdzono wyżej dwie najbardziej istotne substancje, trietylenodiamina i trimetylo-1,3-propanodiamina mają decydujący wpływ na poziom stężenia sumarycznego.



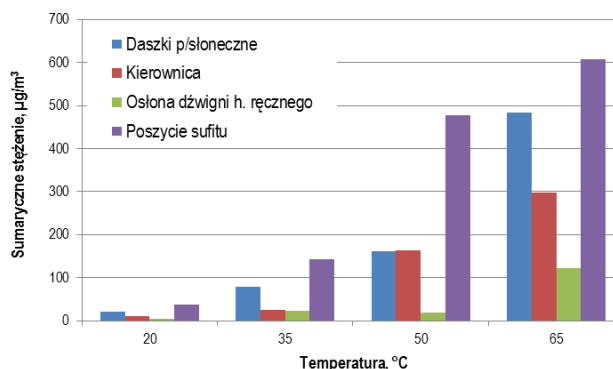
Rys. 8. Względny przyrost stężeń substancji emitowanych z daszków przeciwsłonecznych w funkcji temperatury



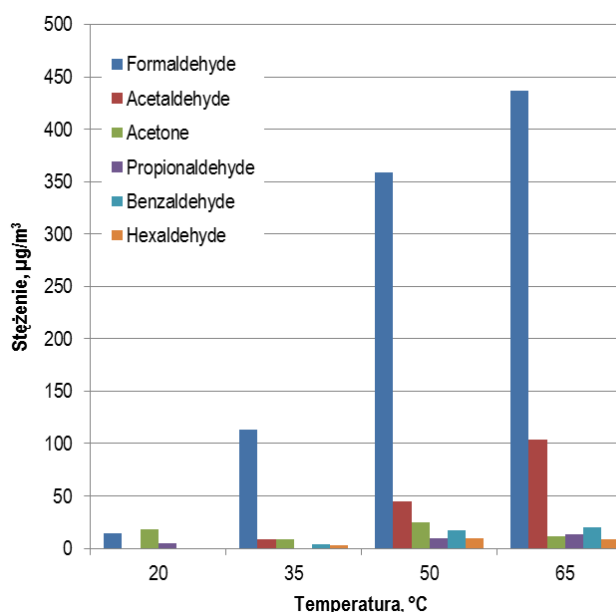
Rys. 9. Względny przyrost stężeń substancji emitowanych z kierownicy w funkcji temperatury

Wpływ temperatury na emisję związków karbonylowych można podsumować podobnie do opisanej powyżej analizy LZO pobieranych na sorbent Tenax TA. Na Rys. 10 przedstawiono zmiany sumarycznego stężenia związków karbonylowych emitowanych z badanych elementów wyposażenia kabiny samochodu. W przeciwieństwie do LZO oznaczanych w oparciu o próbki pobierane na sorbenty Tenax TA i analizowanych metodą chromatografii gazowej z detekcją mas, gdzie liczba oznaczonych substancji waha się w granicach 200 związków, analiza związków karbonylowych dotyczy wąskiej grupy substancji. W niniejszej pracy spośród związków karbonylowych oznaczano: formaldehyd, acetaldehyd, aceton, aldehyd propionowy, 2-butanon, benzaldehyd, cykloheksanon i

heksaldehyd. W trakcie badania daszków przeciwsłonecznych stwierdzono, że emitowany jest z nich głównie formaldehyd i cykloheksanon. W przypadku koła kierownicy głównymi związkami emitowanymi są cykloheksanon, formaldehyd i aceton. Osłona dźwigni hamulca ręcznego emitowała niewielkie ilości acetonu. Powyżej 35 °C wśród emitowanych związków obecny jest również formaldehyd. Emisja LZO z poszycia sufitu kabiny ma całkiem inny charakter. Widoczna jest niemalże liniowa zależność od temperatury. Największy wkład w emisję związków karbonylowych ma formaldehyd stanowiący ok. 71 % emisji tej grupy związków. Istotne są również acetaldehyd, aceton i benzaldehyd. Zmiany stężenia związków karbonylowych wyemitowanych z osłony dźwigni hamulca ręcznego przedstawiono na Rys. 11.



Rys. 10. Zmiany całkowitego stężenia związków karbonylowych w funkcji temperatury badania elementów



Rys. 11. Zmiany stężenia poszczególnych związków karbonylowych w funkcji temperatury badania poszycia sufitu kabiny

## PODSUMOWANIE

Badania emisji lotnych związków organicznych z czterech rodzajów elementów wyposażenia kabiny samochodu pozwoliły na stwierdzenie istotnych różnic zarówno w ilości jak i składzie jakościowym emitowanych substancji lotnych. Spośród badanych części wyposażenia największe stężenie wyemitowanych substancji lotnych zaobserwowano w przypadku badań kierownicy wykonanej z tworzywa sztucznego – pianki poliuretanowej. Różnice w rodzaju

emitowanych substancji z elementów wykonanych z polichlorku winylu, daszków przeciwsłonecznych i osłony dźwigni hamulca ręcznego, wskazują, że informacja o rodzaju użytego materiału nie jest wystarczająca do przewidywania składu mieszaniny LZO emitowanej z niego.

Stwierdzono, że zmiany temperatury wpływają istotnie nie tylko na zwiększenie ilości emitowanych składników lotnych, ale również na ich rodzaj. Sumaryczne stężenie LZO emitowanych z materiałów zwiększa się w większym stopniu niż wywołująca te zmiany temperatura, dane eksperymentalne lepiej przybliżają równania potęgowe lub wykładnicze niż równania wielomianów pierwszego stopnia. Analogiczne wnioski nie są prawdziwe w przypadku pojedynczych związków lotnych, w tym przypadku obserwowane są zarówno zmiany stężenia zachodzące w sposób liniowy jak i wykładniczy.

Wykazano, że analizy substancji lotnych emitowanych z materiałów wykorzystanych w elementach wyposażenia kabiny samochodu powinny uwzględniać różne techniki analityczne. Przykładem może tu służyć stosunkowo niewielka wartość sumarycznego stężenia LZO oznaczonego techniką chromatografii gazowej z detekcją mas w przypadku poszycia sufitu kabiny w porównaniu do największego stężenia związków karbonylowych, w tym formaldehydu, oznaczonego dla tego elementu.

Praca została sfinansowana ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach projektu rozwojowego N R10 0048 10.

## BIBLIOGRAFIA

1. Brodzik K., Faber J., Gołda-Kopek A., Łomankiewicz D., In-vehicle VOCs composition of unconditioned, newly produced cars, *Journal of Environmental Sciences – China* 26 (5) 2014, str. 1052-1061
2. Yoshida T., Matsunaga I., Tomioka K., Kumagai S., Interior air pollution in automotive cabins by volatile organic compounds diffusing from interior materials: I survey of 101 types of Japanese domestically produced cars for private use, *Indoor and Built Environment* 2006, nr 15 str. 425-444
3. Jo W.-K., Park K.-H., Concentrations of volatile organic compounds in the passenger side and the back seat of automobiles, *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology* 1999, nr 9, str. 217-227
4. Faber J., Brodzik K., Gołda-Kopek A., Łomankiewicz D., Benzene, toluene and xylenes levels in new and used vehicles of the same model, *Journal of Environmental Sciences – China* 25 (11) 2013, str. 2324-2330
5. Yoshida T., Matsunaga I., A case study on identification of airborne organic compounds and time courses of their concentrations in the cabin of a new car for private use, *Environment International* 2006, nr 32, str. 58-79
6. VDA 270:1992, Determination of the odour characteristics of trim materials in motor vehicles.
7. PV 3900:2000, Components in passenger compartment, Odor test
8. Faber J., Brodzik K., Łomankiewicz D., Gołda-Kopek A., Nowak J., Świątek A., Wpływ temperatury na jakość powietrza wewnątrz kabiny samochodu kondycjonowanego, Silniki spalinowe 2 (149) 2012, str. 49-56
9. Brodzik K., Faber J., Gołda-Kopek A., Łomankiewicz D., Nowak J., Świątek A., Wpływ czasu magazynowania na emisję LZO z wybranych elementów wyposażenia kabiny samochodu osobowego, *Logistyka* 3/2015, str. 567-575

## TEMPERATURE INFLUENCE ON VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS EMISSION FROM PASSENGER CAR CABIN EQUIPMENT

### Abstract

*Presence of volatile organic compounds (VOCs) inside car cabin may have a negative influence on users' comfort, safety and health. In the case of new vehicles VOCs presence is a result of car cabin equipment emissions, which is strongly influenced by atmospheric conditions. This paper presents results of temperature influence studies on qualitative and quantitative composition of VOCs mixtures emitted from different car cabin equipment.*

Autorzy:

dr inż. **Krzysztof Brodzik** – Instytut Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL Sp. z o.o., krzysztof.brodzik@bosmal.com.pl

dr inż. **Joanna Faber** – Instytut Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL Sp. z o.o.

dr **Anna Gołda-Kopek** - Instytut Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL Sp. z o.o.

mgr inż. **Damian Łomankiewicz** - Instytut Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL Sp. z o.o.

mgr inż. **Jan Nowak** - Instytut Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL Sp. z o.o.

dr hab. inż. **Antoni Świątek** - Instytut Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL Sp. z o.o.