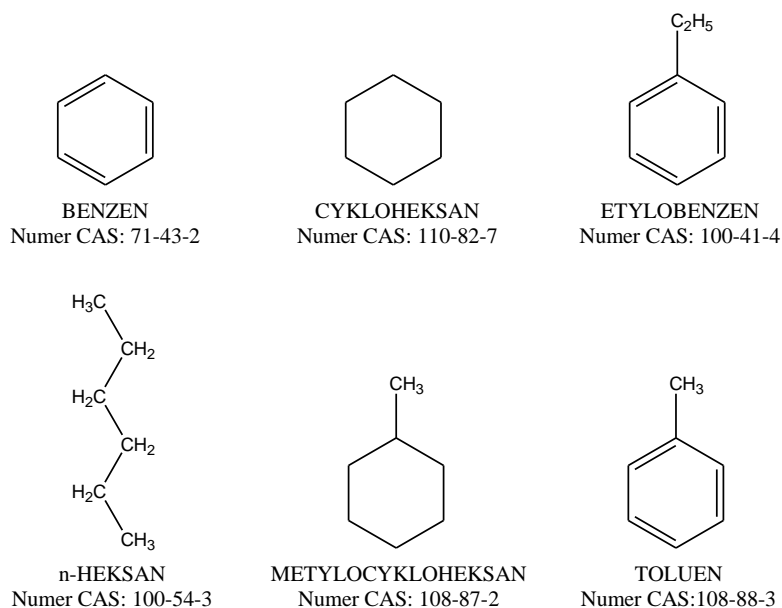


dr inż. WOJCIECH DOMAŃSKI  
Centralny Instytut Ochrony Pracy –  
Państwowy Instytut Badawczy  
00-701 Warszawa  
ul. Czerniakowska 16

# Benzen, cykloheksan, etylobenzen, n-heksan, metylocykloheksan, toluen

- metoda oznaczania



**Słowa kluczowe:** benzen, cykloheksan, etylobenzen, n-heksan, metylocykloheksan, toluen, metoda chromatografii gazowej, powietrze na stanowiskach pracy.

**Keywords:** benzene, cyclohexane, ethylbenzene, n-hexane, methylcyclohexane, toluene, gas chromatography method, workplace air.

Metoda polega na adsorpcji na węglu aktywnym zawartych w powietrzu par: benzenu, cykloheksanu, etylobenzenu, n-heksanu, metylocykloheksanu i toluenu, a następnie desorpcji disiarczkiem węgla oraz analizie chromatograficznej roztworu uzyskanego w wyniku desorpcji.

Metodę stosuje się do oznaczania wymienionych węglowodorów w powietrzu na stanowiskach pracy podczas przeprowadzania kontroli warunków sanitarnych.

Oznaczalność metody wynosi: 0,15 mg benzenu, 7,5 mg cykloheksanu, 5 mg etylobenzenu, 3,75 mg n-heksanu, 25 mg metylocykloheksanu i 5 mg toluen w 1 m<sup>3</sup> powietrza.

## UWAGI WSTĘPNE

Benzen, cykloheksan, etylobenzen, n-heksan, metylocykloheksan i toluen w normalnych warunkach są lżejszymi od wody bezbarwnymi cieczami o charakterystycznym zapachu. Pary tych związków są cięższe od powietrza i mogą tworzyć z powietrzem mieszaniny wybuchowe. Właściwości fizykochemiczne omawianych węglowodorów przedstawiono w tabeli 1.

**Tabela 1.**

**Właściwości fizykochemiczne oznaczanych węglowodorów**

Związek	Masa cząsteczkowa	Gęstość, g/ml	Temperatura topnienia, °C	Temperatura wrzenia, °C	Gęstość par względem powietrza	DGW, % obj.	GGW, % obj.	Prężność par w temp. 20°C, kPa
Benzen	78,11	0,879	5,53	80,1	2,7	1,2	8	101
Cykloheksan	84,15	0,78	6,47	80,7	2,91	1,2	8,3	104
Etylobenzen	106,16	0,87	-94,9	136,2	3,7	1	7,8	93
n-Heksan	86,17	0,659	-95,3	68,7	2,97	1,2	7,4	160
Metylocykloheksan	98,2	0,77	-126	101	3,4	1,1	6,7	48
Toluen	92,1	0,873	-95	110,6	3,18	1,2	7	29

Pary węglowodorów przedstawionych w tabeli 1. przenikają do organizmu przez drogi oddechowe, a ciekłe węglowodory mogą wnikać do organizmu człowieka przez skórę i układ pokarmowy.

### Benzen

#### *Objawy zatrucia ostrego*

Narażenie na działanie par benzenu o stężeniu przekraczającym 160 mg/m<sup>3</sup> po paru godzinach wywołuje: ból głowy, znużenie i mdłości. Po narażeniu na działanie par o bardzo dużych stężeniach obserwowano: krótkotrwałe pobudzenie, zawroty głowy, zaburzenia koordynacji ruchów i równowagi, senność, drgawki, utratę przytomności z zaburzeniami oddychania, arytmia, migotaniem komór i zatrzymaniem akcji serca, a także śmierć, która szybko następowała po utracie przytomności.

Skażenie dużej powierzchni skóry ciekłym benzenem zagraża wchłonięciem go przez skórę. Skażenie oczu ciekłym benzenem wywołuje: ból, łzawienie oczu i zaczerwienienie spojówek.

Wypicie benzenu może wywołać: mdłości, wymioty, ból głowy i objawy narkotyczne. Dawka toksyczna benzenu wynosi 0,5 ÷ 1 g/kg masy ciała (tj. 0,5 ÷ 1,1 ml/kg).

#### *Objawy zatrucia przewlekłego*

Długotrwałe oddziaływanie benzenu powoduje uszkodzenie układu krwiotwórczego szpiku kostnego: skazę krwotoczną, zmniejszenie liczby białych krwinek (leukopenię) oraz niedokrwistość. Mogą występować krwawienia z dziąseł i z nosa, sinienie skóry, długotrwałe krwawienia po skaleniach, np. po usunięciu zęba, a także przedłużone miesiączki. Późnym następstwem narażenia

jest białaczka. W konsekwencji stałe narażenie na działanie benzenu przez długi okres prowadzi do białaczki.

## **Cykloheksan**

### ***Objawy zatrucia ostrego***

Pary cykloheksanu mogą powodować: łzawienie oczu, zaczerwienienie spojówek i kaszel. Narażenie na działanie par cykloheksanu o dużym stężeniu wywołuje: pobudzenie psychoruchowe, niepokój, zaburzenia równowagi, zawroty głowy, senność i zaburzenia świadomości. Po narażeniu na działanie par cykloheksanu o bardzo dużych stężeniach, znacznie przekraczających dopuszczalne stężenia chwilowe, może nastąpić zatrzymanie oddechu i śmierć.

Skażenie skóry ciekłym cykloheksanem może wywołać miejscowe zaczerwienienie, natomiast skażenie oczu ciekłą substancją może spowodować ból i przekrwienie spojówek.

Połknięcie cykloheksanu może powodować: mdłości, wymioty i objawy narkotyczne, podobnie jak zatrucie drogą oddechową. Prawdopodobnie cykloheksan uszkadza wątrobę i nerki.

### ***Objawy zatrucia przewlekłego***

Powtarzany lub długotrwały kontakt cykloheksanu ze skórą może wywołać jej wysuszenie i stan zapalny.

## **Etylobenzen**

### ***Objawy zatrucia ostrego***

Etylobenzen w postaci par powoduje: łzawienie oczu i zaczerwienienie spojówek, następnie kaszel, ból gardła, uczucie ściskania w klatce piersiowej, ból i zawroty głowy. Parogodzinne narażenie na działanie węglowodorów o stężeniach przekraczających wartość najwyższego dopuszczalnego stężenia chwilowego (NDSCh) wywołuje, poza podrażnieniem błon śluzowych, także senność, utratę świadomości, drgawki, a także ryzyko porażenia ośrodka oddechowego.

Skażenie skóry ciekłym związkami wywołuje jej zaczerwienienie. Oblanie dużej powierzchni skóry może spowodować ogólne objawy zatrucia po przedłużonym kontakcie. Skażenie oczu ciekłym etylobenzenem, zwłaszcza nierozcieńczonym, powoduje łzawienie oczu i ból.

Wypicie etylobenzenu wywołuje: mdłości, wymioty i ból brzucha, może także wystąpić toksyczne zapalenie płuc. Zatrucie wywołane dużą dawką etylobenzenu może doprowadzić do utraty przytomności i zaburzeń rytmu serca. Następstwem zatrucia może być uszkodzenie wątroby i nerek.

### ***Objawy zatrucia przewlekłego***

Powtarzający się kontakt skóry na ciekły etylobenzen może wywołać przewlekłe zapalenie i pęknięcie skóry.

## **n-Heksan**

### *Objawy zatrucia ostrego*

Pary n-heksanu działają drażniąco na błony śluzowe, a pary o dużym stężeniu powodują: łzawienie oczu oraz przekrwienie spojówek i górnych dróg oddechowych. Zaobserwowano, że po narażeniu na działanie n-heksanu o stężeniu powyżej 18 000 mg/m<sup>3</sup> po 10 min może wystąpić: ból, zawroty głowy i mdłości oraz dezorientacja, a po narażeniu na działanie n-heksanu o stężeniu większym – nawet utrata świadomości.

Skażenie oczu ciekłym n-heksanem może spowodować: ból, zaczerwienienie spojówek i uszkodzenie rogówki. Oblanie skóry może wywołać: uczucie pieczenia, zaczerwienienie i obrzęk skóry. Wnikanie n-heksanu drogą pokarmową powoduje takie objawy jak w zatruciu inhalacyjnym, z ryzykiem zachłystowego zapalenia płuc oraz zaburzeń rytmu serca.

### *Objawy zatrucia przewlekłego*

Objawami zatrucia przewlekłego są zaburzenia czucia (parestezje) w obrębie rąk i stóp (symetryczne), osłabienie mięśni – objawy czuciowe i ruchowe polineuropatii (zmiany w obrębie nerwów obwodowych).

## **Metylocykloheksan**

### *Objawy zatrucia ostrego*

Wdychanie metylocykloheksanu w postaci par może wywołać kaszel, a o dużych stężeniach także ból i zawroty głowy oraz senność. Następstwem zatrucia może być zapalenie płuc. Skażenie skóry może wywołać miejscowe podrażnienie – zaczerwienienie i ból. Skażenie oczu ciekłą substancją może wywołać łzawienie i zaczerwienienie spojówek, ból oczu oraz światłowstręt.

Wypicie metylocykloheksanu wywołuje: ból w przełyku, mdłości, wymioty, ból brzucha, ból i zawroty głowy oraz senność.

### *Objawy zatrucia przewlekłego*

Powtarzający się kontakt skóry z ciekłą substancją może spowodować miejscowe podrażnienie, owrzodzenia, a po wygojeniu – zgrubienie naskórka.

## **Toluen**

### *Objawy zatrucia ostrego*

Toluen w postaci par o stężeniach przekraczających wartość najwyższego dopuszczalnego stężenia (NDS) może wywoływać: łzawienie oczu, kaszel oraz ból i zawroty głowy. Pary toluenu o stężeniach około 3 000 mg/m<sup>3</sup> mogą spowodować: zaburzenia równowagi i koordynacji ruchów, stan zbliżony do upojenia alkoholowego z pobudzeniem, a następnie senność. Utrata przytomności może wystąpić w wyniku narażenia na pary toluenu o bardzo dużym stężeniu (ponad 18 000 mg/m<sup>3</sup>). Objawami zatrucia spowodowanymi działaniem par toluenu o tak dużych stężeniach są: zaburzenia przewodnictwa w mięśni sercowym, arytmia, migotanie komór i śmierć. Następstwem narażenia

może być także: uszkodzenie wątroby, nerek i ośrodkowego układu nerwowego oraz zapalenie płuc.

Skażenie skóry ciekłym toluenem może wywołać miejscowe jej zaczerwienienie i swędzenie. Skażenie oczu ciekłym toluenem wywołuje ból i zaczerwienienie spojówek.

Objawy zatrucia drogą pokarmową są podobne w skutkach do zatrucia inhalacyjnego. Toksyczna dawka toluenu wynosi  $0,5 \div 1$  g/kg masy ciała, tj.  $0,5 \div 1,1$  ml/kg.

### **Objawy zatrucia przewlekłego**

Długotrwały kontakt z toluenem prowadzi do zaburzeń ze strony ośrodkowego układu nerwowego – zaburzeń emocjonalnych i zaburzeń koordynacji ruchów. Może również powodować uszkodzenie wątroby, a także zapalenie skóry objawiające się jej wysuszeniem, zaczerwienieniem i pękaniem.

W tabeli 2. podano obowiązujące normatywy higieniczne omawianych węglowodorów.

**Tabela 2.**

#### **Wartości dopuszczalnych stężeń (NDS) węglowodorów**

Nazwa związku i numer CAS	Wartość NDS, mg/m <sup>3</sup>	Wartość NDSCh, mg/m <sup>3</sup>	Wartość NDSP, mg/m <sup>3</sup>
Benzen 71-43-2	1,6	–	–
Cykloheksan 110-82-7	300	1000	–
Etylobenzen 100-41-4	200	400	–
n-Heksan 100-54-3	72	–	–
Metylocykloheksan 108-87-2	1600	3000	–
Toluen 108-88-3	100	200	–

## **PROCEDURA ANALITYCZNA**

### **1. Zakres stosowania metody**

Metodę stosuje się do oznaczania w powietrzu na stanowiskach pracy: benzenu, cykloheksanu, etylobenzenu, n-heksanu, metylocykloheksanu i toluenu, podczas przeprowadzania kontroli warunków sanitarnohigienicznych. Metody nie należy stosować w przypadku obecności związków o takim samym czasie retencji jak wymienione związki w warunkach wykonywania analizy chromatograficznej.

### **2. Oznaczalność**

Najmniejsze ilości, jakie można oznaczyć w warunkach pobrania próbek w 1 m<sup>3</sup> powietrza wg punktu 7. i wykonania oznaczenia wg punktu 10., wynoszą:

- 0,15 mg benzenu
- 7,5 mg cykloheksanu
- 5 mg etylobenzenu

- 3,75 mg n-heksanu
- 25 mg metylocykloheksanu
- 5 mg toluenu.

### 3. Zasada metody

Metoda polega na adsorpcji zawartych w powietrzu par: benzenu, cykloheksanu, etylobenzenu, n-heksanu, metylocykloheksanu i toluenu, na rurkę z węglem aktywnym, następnie desorpcji disiarczkiem węgla i analizie chromatograficznej otrzymanego roztworu.

### 4. Wymagania ogólne

Do analizy należy stosować odczynniki cz.d.a. i wykonywać ważenie z dokładnością do 0,0001 g. Wszystkie prace należy wykonywać pod sprawnie działającym wyciągiem.

### 5. Odczynniki, roztwory i materiały

- 5.1. Benzen.
- 5.2. Cykloheksan.
- 5.3. Disiarczek węgla.
- 5.4. Etylobenzen.
- 5.5. n-Heksan.
- 5.6. Metylocykloheksan.
- 5.7. Toluen.
- 5.8. Gazy sprężone do chromatografu. Stosować hel lub azot jako gaz nośny oraz wodór i powietrze do detektora wg opisu zawartego w instrukcji chromatografu.
- 5.9. Roztwór wzorcowy benzenu. Do zważonej kolby pomiarowej o pojemności 10 ml odmierzyć 0,1 g (około 0,11 ml) benzenu, kolbę z zawartością ponownie zważyć, następnie uzupełnić ją disiarczkiem węgla do kreski, wymieszać i obliczyć stężenie benzenu. Stężenie benzenu w tak przygotowanym roztworze wynosi około 10 mg/ml.
- 5.10. Roztwór wzorcowy cykloheksanu. Do zważonej kolby pomiarowej o pojemności 10 ml odmierzyć 6 g (około 7,7 ml) cykloheksanu, kolbę z zawartością ponownie zważyć, następnie uzupełnić ją disiarczkiem węgla do kreski, wymieszać i obliczyć stężenie cykloheksanu. Stężenie cykloheksanu w tak przygotowanym roztworze wynosi około 600 mg/ml.
- 5.11. Roztwór wzorcowy etylobenzenu. Do zważonej kolby pomiarowej o pojemności 10 ml odmierzyć 4 g (około 4,6 ml) etylobenzenu, kolbę z zawartością ponownie zważyć, następnie uzupełnić ją disiarczkiem węgla do kreski, wymieszać i obliczyć stężenie etylobenzenu. Stężenie etylobenzenu w tak przygotowanym roztworze wynosi około 400 mg/ml.
- 5.12. Roztwór wzorcowy n-heksanu. Do zważonej kolby pomiarowej o pojemności 10 ml odmierzyć 3 g (około 4,6 ml) n-heksanu, kolbę z zawartością ponownie zważyć, następnie uzupełnić ją disiarczkiem węgla do kreski, wymieszać i obliczyć stężenie n-heksanu. Stężenie n-heksanu w tak przygotowanym roztworze wynosi około 300 mg/ml.
- 5.13. Roztwór wzorcowy metylocykloheksanu  
Do zważonej kolby pomiarowej o pojemności 10 ml odmierzyć 4,6 g (około 5,9 ml) metylocykloheksanu, kolbę z zawartością ponownie zważyć, następnie uzupełnić ją disiarczkiem węgla do

kreski, wymieszać i obliczyć stężenie metylocykloheksanu. Stężenie metylocykloheksanu w tak przygotowanym roztworze wynosi około 460 mg/ml.

5.14. Roztwór wzorcowy toluenu. Do zważonej kolby pomiarowej o pojemności 10 ml odmierzyć 4 g (około 4,6 ml) toluenu, kolbę z zawartością ponownie zważyć, następnie uzupełnić ją disiarczkiem węgla do kreski, wymieszać i obliczyć stężenie toluenu. Stężenie toluenu w tak przygotowanym roztworze wynosi około 400 mg/ml.

5.15. Pośredni roztwór wzorcowy ( $c_p$ ). Do kolby pomiarowej o objętości 10 ml odmierzyć po 1 ml podstawowego roztworu wzorcowego benzenu wg punktu 5.9., cykloheksanu wg punktu 5.10., etylobenzenu wg punktu 5.11., n-heksanu wg punktu 5.12. oraz toluenu wg punktu 5.14. i dopełnić disiarczkiem węgla do kreski. Stężenie benzenu, cykloheksanu, etylobenzenu, n-heksanu i toluenu w roztworach obliczyć w miligramach na mililitr na podstawie wzoru:

$$c_{pn} = \frac{c_n \cdot I}{10},$$

w którym:

$c_n$  – stężenie benzenu, cykloheksanu, etylobenzenu, n-heksanu lub toluenu w podstawowym roztworze wzorcowym.

5.16. Robocze roztwory wzorcowe. Przygotować roztwory w kolbach pomiarowych wg punktu 6.3. o objętości 2 ml, odmierzając do kolejnych kolb po: 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,15 i 0,2 ml pośredniego roztworu wzorcowego wg punktu 5.15. oraz podstawowego roztworu wzorcowego metylocykloheksanu wg punktu 5.13. i dopełnić disiarczkiem węgla do kreski.

5.17. Rurki z węglem aktywnym (100 + 50 mg).

## 6. Aparatura i przyrządy

6.1. Chromatograf gazowy z detektorem płomieniowo-jonizacyjnym (FID) i integratorem elektronicznym.

6.2. Niepolarna kolumna kapilarna o wymiarach 60 m x 0,32 mm x 1  $\mu$ m z dimetylopolisiloksanową fazą stacjonarną.

6.3. Kolby pomiarowe o pojemności 2 i 10 ml.

6.4. Mikrostrzykawki do cieczy o pojemności: 10; 20; 50; 250 i 1000  $\mu$ l.

6.5. Pompa z przepływomierzem umożliwiającą pobieranie powietrza ze stałym przepływem 0,2 l/min.

6.6. Szklane naczynka do desorpcji, zakręcane lub kapslowane, z membranami z gumy silikonowej pokrytej od strony wewnętrznej folią teflonową.

6.7. Wanna ultradźwiękowa.

## 7. Pobieranie próbek powietrza

Podczas pobierania próbek powietrza należy stosować się do wymagań zawartych w normie PN-Z-04008-7:2002/Az1:2004. W miejscu pobierania próbek otworzyć rurkę wg punktu 5.17. (rurka w czasie pobierania próbki powietrza powinna być w pozycji pionowej) i połączyć z pompką wg punktu 6.5. od strony krótszej warstwy węgla. Przez rurkę przepuścić 20 l powietrza ze stałym strumieniem objętości 0,2 l/min. Po pobraniu próbki rurkę natychmiast zamknąć.

## 8. Warunki pracy chromatografu

Warunki pracy chromatografu należy tak ustalić, aby uzyskać dobry rozdział: benzenu, cykloheksanu, etylobenzenu, n-heksanu, metylocykloheksanu, toluenu oraz substancji współwystępujących. W przypadku stosowania chromatografu gazowego wg punktu 6.1. i kapilarnej kolumny wg punktu 6.2. oznaczenie można wykonać w następujących warunkach:

- praca dozownika w trybie „split” :
  - temperatura 200 °C
  - podział próbki 1:10
  - objętość dozowanej próbki 1 µl
- program temperaturowy pieca:
  - temperatura początkowa 35 °C/1 min
  - szybkość przyrostu temperatury 8 °C/min
  - temperatura końcowa 220 °C/0 min
  - strumień objętości gazu nośnego (hel) 1 ml/min
- detektor FID:
  - temperatura detektora 250 °C
  - strumień objętości powietrza 450 ml/min
  - strumień objętości wodoru 45 ml/min.

## 9. Sporządzanie krzywej wzorcowej

Do chromatografu wprowadzić mikrostrzykawką o objętości 10 µl wg punktu 6.4. kolejno po 1 µl roboczych roztworów wzorcowych wg punktu 5.16. i wykonać analizę. Dla każdego roztworu należy wykonać co najmniej dwa oznaczenia, odczytać powierzchnie pików według wskazań integratora i obliczyć średnią arytmetyczną dla każdego roztworu i każdego związku. Różnica między wynikami pomiarów a wartością średnią nie powinna być większa niż 5% tej wartości. Następnie sporządzić krzywe wzorcowe dla poszczególnych węglowodorów.

## 10. Wykonanie oznaczenia

Po pobraniu próbek powietrza każdą warstwę węgla z rurki pochłaniającej przenieść oddzielnie do naczyniek do desorpcji wg punktu 6.6. i dodać po 1 ml disiarczku węgla wg punktu 5.3. Naczynie szczelnie zamknąć i umieścić na 30 min w wannie ultradźwiękowej wg punktu 6.7. Po zakończeniu desorpcji pobrać 1 µl roztworu znad dłuższej warstwy węgla i wykonać analizę chromatograficzną. Oznaczenie wykonać dla każdego roztworu co najmniej dwukrotnie. Odczytać powierzchnie pików według wskazań integratora i obliczyć wartość średnią. Różnica między wynikami pomiarów a wartością średnią nie powinna być większa niż 5% tej wartości. Podobnie wykonać analizę roztworów znad krótszej warstwy węgla. Zawartość oznaczanego węglowodoru w krótszej warstwie węgla nie powinna przekraczać 10% masy oznaczonej w roztworze znad dłuższej warstwy węgla.

## 11. Obliczenia wyniku oznaczania

Stężenia w badanym powietrzu benzenu, cykloheksanu, etylobenzenu, n-heksanu, metylocykloheksanu i toluenu obliczyć w miligramach na 1 m<sup>3</sup> na podstawie wzoru:



$$X_n = \frac{m_{n1} + m_{n2}}{V} \cdot 1000,$$

w którym:

$m_{n1}$  – masa benzenu, cykloheksanu, etylobenzenu, n-heksanu, metylocykloheksanu lub toluenu w roztworze z nad dłuższej warstwy węgla odczytana z krzywej wzorcowej, w miligramach,

$m_{n2}$  – masa benzenu, cykloheksanu, etylobenzenu, n-heksanu, metylocykloheksanu lub toluenu w roztworze z nad krótszej warstwy węgla odczytana z krzywej wzorcowej, w miligramach,

$V$  – objętość powietrza przepuszczona przez rurkę sorpcyjną, w litrach.

U w a g a

Współczynnik desorpcji dla węglowodorów: benzenu, cykloheksanu, etylobenzenu, n-heksanu, metylocykloheksanu i toluenu, podczas trzydziestominutowej desorpcji 1 ml disiarczku węgla w wannie ultradźwiękowej wynosi 1.

## 12. Obliczanie wskaźnika łącznego narażenia

Podczas oceny narażenia na działanie kilku czynników chemicznych niewykazujących działania rakotwórczego, mutagennego czy teratogennego należy stosować wskaźnik łącznego narażenia (*WLN*), którym jest suma kolejnych ilorazów wskaźnika narażenia czynnika badanego do wartości NDS tego czynnika. Wskaźnik łącznego narażenia dla cykloheksanu (*cyk*), etylobenzenu (*ety*), n-heksanu (*hek*), metylocykloheksanu (*met*) i toluenu (*tol*) obliczamy na podstawie wzoru:

$$\frac{X_{\text{cyk}}}{\text{NDS}_{\text{cyk}}} + \frac{X_{\text{ety}}}{\text{NDS}_{\text{ety}}} + \frac{X_{\text{hek}}}{\text{NDS}_{\text{hek}}} + \frac{X_{\text{met}}}{\text{NDS}_{\text{met}}} + \frac{X_{\text{tol}}}{\text{NDS}_{\text{tol}}} \leq 1,$$

w którym:

$X$  – stężenie odpowiednio: cykloheksanu, etylobenzenu, n-heksanu, metylocykloheksanu lub toluenu w roztworze z nad krótszej warstwy węgla odczytane z krzywej wzorcowej, wyrażone w miligramach na 1 m<sup>3</sup>

NDS – najwyższe dopuszczalne stężenie odpowiednio: cykloheksanu, etylobenzenu, n-heksanu, metylocykloheksanu lub toluenu.

## INFORMACJE DODATKOWE

Badania wykonano, stosując chromatograf gazowy firmy Perkin-Elmer model AutoSystem XL wyposażony w kolumnę kapilarną PE-1 (60 m × 0,32 mm × 1 μm), detektor płomieniowo-jonizacyjny i autosampler. Chromatograf i autosampler były sterowane przez komputer z programem TotalChrom.

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań uzyskano następujące dane walidacyjne przedstawione w tabeli 3.

**Tabela 3.****Dane walidacyjne oznaczanych węglowodorów**

Związek	Granica wykrywalności, $x_{gw}$ , $\mu\text{g/ml}$	Granica oznaczania ilościowego, $x_{ozn}$ , $\mu\text{g/ml}$	Liniowość, $R$	Całkowita precyzja badań, $v_c$ , %	Niepewność całkowita, $u_c$ , %
Benzen	0,0502	0,1674	0,9999	14,45	29,44
Cykloheksan	0,0568	0,1892	0,9998	14,42	29,54
Etylobenzen	0,2641	0,8804	0,9999	14,34	29,88
n-Heksan	0,0568	0,1892	0,9998	14,42	29,54
Metylocykloheksan	0,0518	0,1727	0,9996	14,87	30,77
Toluen	0,0307	0,1024	0,9998	14,44	29,66

---

---

WOJCIECH DOMAŃSKI

**Benzene cyclohexane, ethylbenzene, n-hexane, methylcyclohexane, toluene – a determination method**

Abstract

This method is based on the adsorption of benzene cyclohexane, ethylbenzene, n-hexane, methylcyclohexane and toluene vapors on active charcoal, desorption with carbon disulphide and determination with gas chromatography with an FID detector.

The determination limit of this method in the air sample is 0.15 mg/m<sup>3</sup> for benzene, 7.5 mg/m<sup>3</sup> for cyclohexane, 5 mg/m<sup>3</sup> for ethylbenzene, 3.75 mg/m<sup>3</sup> for n-hexane, 25 mg/m<sup>3</sup> for methylcyclohexane and 5 mg/m<sup>3</sup> for toluene.