



Gdański Uniwersytet Medyczny  
Wydział Nauk o Zdrowiu z Oddziałem Pielęgniarstwa  
i Instytutem Medycyny Morskiej i Tropikalnej  
Zakład Toksykologii Środowiska

*Rozprawa doktorska*

mgr inż. Joanna Ratajczyk

## **CZYNNIKI CHEMICZNE W ŚRODOWISKU PRACY PIELĘGNIARKI**

Promotor: prof. dr hab. Lidia Wolska

Promotor pomocniczy: dr inż. Ewa Olkowska

**GDAŃSK 2021**



*Praca doktorska była częściowo finansowana ze środków  
Grant Młodych Naukowców Nr MN 01-0383/08/322*



*Pragnę serdecznie podziękować:*

*Promotorowi mojej pracy doktorskiej Pani **prof. dr hab. Lidii Wolskiej**  
za obudzenie pasji do nauki,  
umożliwienie realizacji badań w wybranej tematyce  
oraz zaufanie i wiarę w moje możliwości.*

*Pani **dr Renacie Wigłusz** za głos doradczy i cenne wskazówki.*

*Pani **dr inż. Grażynie Gałęzowskiej**  
za przekazaną wiedzę w zakresie chromatografii cieczowej  
oraz pomoc merytoryczną.*

*Swoim **rodzicom i teściom**  
za wsparcie, życzliwe słowo i nieustającą pomoc.*

***Mężowi**  
za zaangażowanie, motywację i nieocenione wsparcie.*

*Swoim **koleżankom i kolegom** z Zakładu Toksykologii Środowiska, GUMed  
za przyjazną atmosferę, miłą i owocną współpracę.*



*Mojej mamie...*





**SPIS TREŚCI**

<b>SPIS TREŚCI</b> .....	9
<b>WYKAZ SKRÓTÓW I AKRONIMÓW</b> .....	13
<b>WSTĘP</b> .....	15
<b>1. Część teoretyczna</b> .....	17
1.1 Podział czynników występujących w środowisku pracy.....	17
1.1.1 Czynniki chemiczne na stanowisku pracy pielęgniarki.....	17
1.1.2 Wpływ czynników chemicznych na zdrowie i samopoczucie .....	19
1.2 LZO w powietrzu wewnętrznym.....	20
1.2.1 Charakterystyka LZO i ich źródła występowania .....	20
1.2.2 Całkowita zawartość LZO w powietrzu wewnętrznym .....	21
1.2.3 Poziomy stężenie identyfikowanych substancji w powietrzu wewnętrznym.....	22
1.2.4 Pomieszczenia ochrony zdrowia jako specyficzne miejsca narażenia na LZO.....	27
1.2.5 Wpływ LZO występujących w powietrzu wewnętrznym na zdrowie.....	27
1.3 Pył zawieszony i kurz – źródło informacji analitycznej na temat występowania LZO w pomieszczeniach .....	29
1.3.1 Charakterystyka pyłu zawieszonego .....	30
1.3.2 Wpływ LZO występujących w pyłe zawieszonym na zdrowie.....	30
1.3.3 Charakterystyka kurzu .....	32
1.3.4 Wpływ LZO występujących w kurzu na zdrowie .....	32
1.4 Ftalany w powietrzu wewnętrznym.....	33
1.4.1 Charakterystyka ftalanów, ich zastosowanie oraz źródła występowania w powietrzu wewnętrznym.....	33
1.4.2 Poziomy zawartości ftalanów w powietrzu wewnętrznym .....	35
1.4.3 Wyniki oznaczeń ftalanów w placówkach ochrony zdrowia .....	38
1.4.4 Ftalany – wpływ na zdrowie.....	39
<b>CEL I ZAKRES PRACY</b> .....	42
<b>2. Część doświadczalna</b> .....	43
2.1 Aparatura i odczynniki .....	43
2.1.1 Oznaczanie LZO w próbkach powietrza, pyłu zawieszonego i kurzu oraz ftalanów w próbkach powietrza.....	43
2.1.1.1 Odczynniki i substancje wzorcowe .....	43
2.1.1.2 Sprzęt laboratoryjny .....	43
2.1.1.3 Aparatura .....	44
2.1.2 Identyfikacja wybranych cytostatyków w próbkach moczu oraz badanie toksyczności próbek moczu wobec bakterii <i>Vibrio fischeri</i> .....	44
2.1.2.1 Odczynniki i substancje wzorcowe .....	44
2.1.2.2 Sprzęt laboratoryjny .....	45
2.1.2.3 Aparatura .....	46
2.2 Badanie kwestionariuszowe .....	47
2.3 Analiza statystyczna .....	48
2.4 Procedury analityczne.....	50

2.4.1	Oznaczanie LZO oraz ftalanów w próbkach powietrza.....	50
2.4.1.1	Procedura pobierania i przygotowania próbek do analizy .....	50
2.4.1.2	Przygotowanie roztworów wzorcowych .....	53
2.4.1.3	Pobieranie próbek.....	54
2.4.1.4	Analiza TD-GC/MS .....	54
2.4.1.5	Zapewnienie jakości pomiarów analitycznych .....	56
2.4.2	Oznaczanie LZO w próbkach pyłu zawieszonego oraz kurzu .....	57
2.4.2.1	Procedura pobierania i przygotowania próbek do analizy .....	57
2.4.2.2	Przygotowanie roztworu wzorcowego .....	59
2.4.2.3	Pobieranie próbek.....	59
2.4.2.4	Analiza TD-GC/MS .....	60
2.4.2.5	Zapewnienie jakości pomiarów analitycznych .....	60
2.4.3	Identyfikacja wybranych cytostatyków w próbkach moczu .....	61
2.4.3.1	Procedura przygotowania próbek do analizy .....	61
2.4.3.2	Przygotowanie roztworów wzorcowych .....	62
2.4.3.3	Pozyskanie próbek .....	63
2.4.3.4	Analiza LC-MS/MS .....	63
2.4.3.5	Zapewnienie jakości pomiarów analitycznych .....	65
2.4.4	Badanie toksyczności próbek próbek moczu wobec bakterii <i>Vibrio fischeri</i> .....	66
2.4.4.1	Procedura przeprowadzania badań toksyczności ostrej z wykorzystaniem bakterii <i>Vibrio fischeri</i> .....	67
2.4.4.2	Pozyskanie i przygotowanie próbek.....	68
2.4.4.3	Analiza Microtox® .....	68
2.4.4.4	Zapewnienie jakości pomiarów analitycznych .....	68
2.4.5	Badanie kwestionariuszowe .....	69
2.4.5.1	Analiza kwestionariuszy ankiet.....	69
2.4.5.2	Zapewnienie jakości badań .....	69
2.4.6	Analiza statystyczna.....	69
2.4.6.1	Zapewnienie jakości badań .....	69
2.5	Obszar badawczy .....	70
2.5.1	Organizacja badań.....	70
2.5.2	Charakterystyka obszaru badawczego .....	71
2.5.3	Charakterystyka grupy badanej.....	74
<b>3.</b>	<b>Wyniki</b> .....	<b>75</b>
3.1	Oznaczanie LZO w próbkach powietrza.....	75
3.1.1	Identyfikacja LZO w próbkach powietrza .....	76
3.1.2	Oszacowanie zawartości LZO w próbkach powietrza .....	80
3.1.3	Całkowita zawartość LZO w próbkach powietrza .....	83
3.2	Oznaczanie LZO w próbkach pyłu zawieszonego i kurzu.....	86
3.2.1	Identyfikacja LZO w próbkach pyłu zawieszonego i kurzu .....	87
3.2.2	Oszacowanie zawartości LZO w próbkach pyłu zawieszonego i kurzu .....	89
3.2.3	Całkowita zawartość LZO w próbkach pyłu zawieszonego i kurzu .....	91
3.3	Oznaczanie ftalanów w próbkach powietrza .....	100
3.3.1	Zawartość poszczególnych ftalanów w próbkach powietrza .....	101

3.3.2 Całkowita zawartość ftalanów w próbkach powietrza .....	106
3.4 Identyfikacja wybranych cytostatyków w próbkach moczu.....	108
3.5 Badanie toksyczności próbek moczu wobec bakterii <i>Vibrio fischeri</i> .....	110
3.6 Badanie kwestionariuszowe .....	111
3.7 Analiza statystyczna .....	120
<b>DYSKUSJA WYNIKÓW</b> .....	<b>129</b>
<b>PODSUMOWANIE</b> .....	<b>179</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>183</b>
Załącznik 1 .....	207
Załącznik 2 .....	208
Załącznik 3 .....	209
Załącznik 4 .....	210
Załącznik 5 .....	211
Załącznik 6 .....	225
Załącznik 7 .....	228
Załącznik 8 .....	231
Załącznik 9 .....	254
Załącznik 10 .....	257
Załącznik 11 .....	260



## WYKAZ SKRÓTÓW I AKRONIMÓW

SKRÓT/AKRONIM	TERMIN W JĘZYKU ANGIELSKIM	TERMIN W JĘZYKU POLSKIM
<b>4-BrFB</b>	4-bromofluorobenzene	4-bromofluorobenzen
<b>BBP</b>	benzyl butyl phthalate	ftalan benzylu butylu
<b>BMI</b>	Body Mass Index	wskaźnik masy ciała
<b>BRI</b>	Building Related Illness	choroby związane z budynkiem
<b>CE</b>	collision energy	energia kolizyjna
<b>DBP</b>	dibutyl phthalate	ftalan dibutylu
<b>DCHP</b>	dicyclohexyl phthalate	ftalan dicykloheksylu
<b>DEHP</b>	di(2-ethylhexyl)phthalate	ftalan di(2-etyloheksylu)
<b>DEHP-d</b>	di(2-ethylhexyl)phthalate-3,4,5,6-d <sub>4</sub>	ftalan di(2-etyloheksylu)-3,4,5,6-d <sub>4</sub>
<b>DEP</b>	diethyl phthalate	ftalan dietylu
<b>DHP</b>	di-n-hexyl phthalate	ftalan di-n-heksylu
<b>DiBP</b>	diisobutyl phthalate	ftalan diizobutylu
<b>DiDP</b>	diisodecyl phthalate	ftalan diizodecylu
<b>DiNP</b>	diisononyl phthalate	ftalan diizononylu
<b>DMP</b>	dimethyl phthalate	ftalan dimetylu
<b>DMP-d<sub>4</sub></b>	dimethyl phthalate-3,4,5,6-d <sub>4</sub>	ftalan dimetylu-3,4,5,6-d <sub>4</sub>
<b>DMPP</b>	dimethylpropyl phthalate	ftalan dimetylopropylu
<b>DnOP</b>	di-n-octyl phthalate	ftalan di-n-oktylu
<b>DNP</b>	dinonyl phthalate	ftalan dinonylu
<b>DPP (C3)</b>	dipropyl phthalate	ftalan dipropylu
<b>DPP (C5)</b>	dipentyl phthalate	ftalan dipentylu
<b>EC<sub>20</sub></b>	effective concentration	stężenie efektywne powodujące wystąpienie 20% reakcji testowej
<b>EC<sub>50</sub></b>	effective concentration	stężenie efektywne powodujące wystąpienie 50% reakcji testowej
<b>EI</b>	electron ionisation	jonizacja elektronowa
<b>ESI</b>	Electrospray Ionization	jonizacja przez elektrorozpylanie
<b>GUMed</b>	Medical University of Gdańsk	Gdański Uniwersytet Medyczny
<b>IARC</b>	International Agency for Research on Cancer	Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem
<b>LC-MS/MS</b>	Liquid chromatography–double mass spectrometry	chromatograf cieczerw sprężony z podwójnym detektorem masowym
<b>Lit.</b>	-	literatura
<b>LOD</b>	limit of detection	granica wykrywalności
<b>LOQ</b>	limit of quantification	granica oznaczalności
<b>LZO/VOC</b>	volatile organic compound	lotne związki organiczne
<b>MeOH</b>	methanol	metanol
<b>MRM</b>	multiple reaction monitoring	monitorowanie reakcji fragmentacji
<b>NIOSH</b>	National Institute for Occupational Safety and Health	Narodowy Instytut Zdrowia i Bezpieczeństwa Pracy
<b>NZOZ</b>	-	Niepubliczny Zakład Opieki Zdrowotnej
<b>p</b>	pressure	ciśnienie
<b>PM</b>	particulate matter	pył zawieszony
<b>POZ</b>	-	podstawowa opieka zdrowotna

WYKAZ SKRÓTÓW I AKRONIMÓW

<b>Q1 Pre Biast</b>	declusterization potential on the first quadrupole	potencjał deklasteryzacji na pierwszym kwadrupolu
<b>Q3 Pre Biast</b>	declusterization potential on the third quadrupole	potencjał deklasteryzacji na trzecim kwadrupolu
<b>SBS</b>	Sick Building Syndrome	syndrom chorego budynku
<b>SCAN</b>	full scan	przemiatanie całego widma
<b>sezon met.</b>	-	sezon meteorologiczny
<b>SIM</b>	Selected Ion Monitoring	monitorowanie wybranych jonów
<b>stężenie min.</b>	-	stężenie minimalne
<b>stężenie max.</b>	-	stężenie maksymalne
<b>T</b>	temperature	temperatura
<b>TD-GC/MS</b>	thermal desorption-gas chromatography/mass spectrometry	chromatograf gazowy sprzężony z termicznym desorberem i spektrometrem masowym
<b>Tenax TA</b>	Tenax TA (polymer of 2,6-diphenyl-p-phenylene oxide)	Tenax TA (polimer tlenku 2,6-difenylo-p-fenyleny)
<b>t<sub>r</sub></b>	retention time	czas retencji
<b>TSP</b>	Total Suspended Particles	całkowity pył zawieszony
<b>UCK</b>	-	Uniwersyteckie Centrum Kliniczne
<b>US EPA</b>	United States Environmental Protection Agency	Agencja Ochrony Środowiska Stanów Zjednoczonych
<b>w</b>	humidity	wilgotność
<b>WWA</b>	Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH)	wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA)

## WSTĘP

Pracownicy jednostek ochrony zdrowia stanowią 13% zasobów światowej siły roboczej i jest to jedna z najliczniejszych grup zawodowych, w której zatrudnionych jest łącznie 56 milionów osób [1]. W placówkach medycznych występuje ryzyko ekspozycji na różnego rodzaju czynniki narażenia zawodowego, z których najczęściej rozpatrywane w literaturze naukowej są czynniki biologiczne, a znacznie rzadziej chemiczne [2, 3].

W zakładach opieki zdrowotnej może być wykorzystywanych nawet 400 różnych substancji chemicznych, stosowanych podczas odkażania, sterylizacji, znieczulania i leczenia farmakologicznego, wykazujące różnego rodzaju negatywne działania (m.in.: drażniące, kancerogenne, teratogenne bądź mutagenne). Narodowy Instytut Zdrowia i Bezpieczeństwa Pracy w USA (ang. NIOSH-National Institute for Occupational Safety and Health) zwraca szczególną uwagę, aby zapobiegać ekspozycji zawodowej na leki przeciwnowotworowe i inne niebezpieczne substancje chemiczne stosowane w placówkach ochrony zdrowia, z których znaczna część zaliczana jest do grupy lotnych związków organicznych (LZO). Zatem wykonywanie procedur medycznych stwarza pewne prawdopodobieństwo wystąpienia problemów zdrowotnych u pracowników opieki medycznej. Szczególnie narażoną grupą zawodową są pielęgniarki, które bezpośrednio wykonują większość czynności medycznych, a ponadto stanowią ponad 60% osób zatrudnionych w tym sektorze [4].

Równie istotna jest ekspozycja na związki chemiczne emitowane z materiałów budowlanych, wyposażeniowych, wykończeniowych, a także z takich źródeł jak powietrze zewnętrzne, klimatyzacja bądź wentylacja. Problem związany z zanieczyszczeniem powietrza wewnątrz stosowanymi środkami czystości, dezynfekcyjnymi, a także pielęgnacji ciała i kosmetykami nie jest dotychczas wystarczająco przeanalizowany w literaturze naukowej.

W krajach rozwiniętych pielęgniarki spędzają ponad 90% swojego czasu w pomieszczeniach zamkniętych, gdzie występuje narażenie na szereg czynników, które ściśle związane są ze zdrowiem, samopoczuciem oraz ogólną wydajnością. Powietrze wewnętrzne powinno charakteryzować się pożądaną, dobrą jakością, tak aby nie powodowało złego samopoczucia i negatywnych skutków zdrowotnych użytkowników pomieszczeń [5]. Powietrze wewnętrzne pomieszczeń ochrony zdrowia jest bardzo rzadko badane, pomimo że dane literaturowe jednoznacznie wskazują na występowanie w placówkach medycznych substancji wpływających szkodliwie na stan zdrowia oraz samopoczucie. [6].

Przedmiotem niniejszej pracy była identyfikacja czynników chemicznych na stanowisku pracy pielęgniarki oraz oszacowanie poziomów ich stężeń. Przeprowadzono analizę możliwych zagrożeń zdrowotnych powiązanych z występowaniem określonych substancji chemicznych w pomieszczeniach ochrony zdrowia, na przykładzie trójmiejskich placówek medycznych. Pracę zrealizowano w oparciu o przegląd literatury światowej, co pozwoliło na odniesienie się do istniejącego stanu wiedzy.

Kompleksowa ocena narażenia na czynniki chemiczne na stanowisku pracy pielęgniarki została przeprowadzona w oparciu o:

- nowoczesne metody analityczne (TD-GC/MS; LC-MS/MS) obejmujące pobieranie próbek, identyfikację związków i oszacowanie poziomu ich stężeń w powietrzu wewnątrz, powietrzu zewnętrznym, kurzu i pyłe zawieszonym oraz w moczu pielęgniarek,
- prekursorskie badanie kwestionariuszowe opracowane do oceny samopoczucia;
- badania ekotoksykologiczne moczu - narzędzie zastosowane w celu powiązania narażenia na czynniki chemiczne z samopoczuciem,
- współczesne metody statystyczne.



## 1. Część teoretyczna

### 1.1 Podział czynników występujących w środowisku pracy

W środowisku pracy mogą występować czynniki, które na skutek ich oddziaływania na pracownika mogą przyczynić się do złego samopoczucia, utraty zdrowia, w tym powstania chorób zawodowych lub nawet utraty życia. Czynniki zagrożenia, które zmniejszają wydajność lub utrudniają wykonywanie obowiązków służbowych dzieli się na:

- niebezpieczne,
- szkodliwe,
- uciążliwe.

W zależności od wykazywanego charakteru działania, można wyróżnić następujące grupy czynników niebezpiecznych i szkodliwych:

- fizyczne,
- chemiczne,
- biologiczne,
- psychofizyczne.

Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 30 grudnia 2004 r. w *sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy związanej z występowaniem w miejscu pracy czynników chemicznych* (Dz.U. 2005 nr 11 poz. 86, z późn. zm.) określa w § 1 definicję czynnika chemicznego, zgodnie z którą:

- „czynnik chemiczny - każdy pierwiastek lub związek chemiczny, w postaci własnej lub w mieszaninie, w stanie, w jakim występuje w przyrodzie, lub w stanie, w jakim jest wytwarzany, stosowany lub uwalniany w środowisku pracy, w tym podczas usuwania go w postaci odpadów, w trakcie każdej pracy, niezależnie od faktu, czy jest albo nie jest wytwarzany celowo lub jest albo nie jest wprowadzany do obrotu” [7].

#### 1.1.1 Czynniki chemiczne na stanowisku pracy pielęgniarki

Środowisko pracy pielęgniarki pod względem występowania w nim czynników chemicznych ulega nieustannym zmianom, co wynika z pojawiania się nowych zagrożeń w placówkach ochrony zdrowia. Dochodzi do tego na skutek wdrażania nowych technologii, procesów oraz organizacji pracy [8]. Czynniki chemiczne mogą występować w miejscu pracy w postaci gazów, cząstek stałych lub ciekłych [9], których przykłady zilustrowano na Rysunku 1.



Rys. 1. Czynniki chemiczne występujące w miejscu pracy pielęgniarki

Narażenie pielęgniarek na czynniki chemiczne związane jest ze stosowaniem w miejscu pracy: produktów leczniczych (m.in. radiofarmaceutycznych, krwiopochodnych, immunologicznych), gazów anestetycznych (zawierających halotan, izofluran, sewofluran, podtlenek azotu, formaldehyd, tlenek etylenu, glutaraldehyd), a także narzędzi metalowych (wykonanych ze stopów chromu, kobaltu lub niklu) [10, 11]. W pomieszczeniach placówek medycznych w dużych ilościach stosowane są środki dezynfekcyjne, sterylizujące, myjące oraz czyszczące. Berrube i in. wykazali, iż w szpitalach może być wykorzystywanych nawet 112 komercyjnych środków czyszczących oraz 125 różnych substancji chemicznych [12]. Ważnym produktem, rutynowo stosowanych w trakcie pracy są środki ochrony osobistej (rękawice ochronne), które wykonane są z lateksu [13].

### 1.1.2 Wpływ czynników chemicznych na zdrowie i samopoczucie

Środowisko pracy pielęgniarki ulega ciągłym zmianom, na skutek pojawiania się nowych czynników chemicznych powodujących określone, negatywne skutki zdrowotne [8], choroby zawodowe, a nawet wypadki śmiertelne. Wpływają one również na uciążliwość pracy, a tym samym przyczyniają się do obniżania efektywności pracownika. Wpływ czynników chemicznych na zdrowie oraz samopoczucie uzależniony jest od: ich stężenia lub natężenia, czasu trwania ekspozycji, częstości występowania, dróg narażenia, rodzaju wykonywanej pracy, a także od wieku pracownika oraz jego płci. Niemniej jednak, duża liczba potencjalnych źródeł emisji czynników chemicznych może mieć poważne skutki zdrowotne (Tabela 1), które obejmować mogą m.in.: podrażnienie, dyskomfort lub choroby zagrażające życiu i zdrowiu.

Tabela 1. Skutki zdrowotne związane z występowaniem czynników chemicznych w środowisku pracy pielęgniarki [9]

<b>ZESPÓŁ DOLEGLIWOŚCI ZDROWOTNYCH</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• syndrom chorego budynku (SBS-Sick Building Syndrome)</li> <li>• choroby związane z budynkiem (BRI-Building Related Illness)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• wielokrotna wrażliwość chemiczna</li> </ul> </li> </ul>	
<b>OGÓLNE SKUTKI ZDROWONE</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ból, zawroty głowy                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• letarg</li> <li>• osłabienie</li> <li>• nudności</li> </ul> </li> <li>• drżenie mięśni</li> <li>• osłabienie koncentracji</li> </ul>	
<b>MIEJSCE WYSTĄPIENIA SKUTKU ZDROWOTNEGO</b>	<b>SKUTEK ZDROWOTNY</b>
narząd wzroku	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podrażnienie</li> <li>• alergiczne zapalenie spojówek</li> </ul>
narząd słuchu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ewakuacja płynu z jamy bębnekowej                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• infekcje</li> </ul> </li> </ul>
narząd węchu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• przewlekłe zapalenie zatok                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• niedrożność nosa</li> <li>• nieżyt nosa</li> </ul> </li> </ul>
układ oddechowy	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ucisk w klatce piersiowej                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• kaszel</li> </ul> </li> <li>• uczucie duszności                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• astma</li> </ul> </li> <li>• alergiczne zapalenie pęcherzyków płucnych                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• nieswoiste zapalenie płuc                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>• nowotwór płuc</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
przewód pokarmowy (jama ustna, gardło)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podrażnienie</li> <li>• kserostomia (suchość w gardle)</li> </ul>
skóra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• podrażnienie</li> <li>• suchość</li> <li>• wysypka</li> </ul>
układ nerwowy	<ul style="list-style-type: none"> <li>• śpiączka</li> </ul>

## 1.2. LZO w powietrzu wewnętrznym

### 1.2.1. Charakterystyka LZO i ich źródła występowania

Lotne związki organiczne (LZO) są najbardziej rozpowszechnionymi zanieczyszczeniami występującymi w pomieszczeniach wewnątrz. Należą do nich związki zbudowane głównie z atomów węgla i tlenu, których temperatura wrzenia wynosi od 50-100 do 240-260 °C. Właściwości fizykochemiczne, takie jak względnie wysoka prężność par oraz niska temperatura wrzenia, wpływają na ich łatwość przedostawania się do fazy gazowej, głównie na skutek odparowania lub sublimacji z fazy stałej [14]. Lotne związki organiczne ulegają różnym procesom wewnątrz pomieszczeń (transport, emisja pierwotna, wtórna, adsorpcja, desorpcja, parowanie, reakcje chemiczne), które mają wpływ na poziom ich zawartości w powietrzu [15].

LZO emitowane są z wielu źródeł: mogą pochodzić z materiałów budowlanych i wyposażeniowych oraz być związane z procesami i czynnościami wykonywanymi przez człowieka wewnątrz pomieszczeń. Poniżej przedstawiono najczęściej wymieniane w literaturze źródła obecności LZO w fazie gazowej:

- budynek – znajdujące się w nim materiały budowlane, wykończeniowe, wyposażeniowe oraz procesy metaboliczne grzybów i bakterii;
- działalność człowieka oraz wszystkie wykonywane przez niego czynności – pieczenie, smażenie, sprzątanie (używanie detergentów), higiena osobista (stosowanie kosmetyków, wody wodociągowej), palenie papierosów, wykonywanie określonych prac (drukowanie, kserowanie, procesy produkcyjne i spalania);
- bytowanie człowieka – oddychanie, pocenie się, wydalanie moczu;
- powietrze zewnętrzne w bezpośrednim sąsiedztwie – przedostające się na skutek wentylacji, klimatyzacji oraz wietrzenia pomieszczeń [16-24].

Lotne związki organiczne emitowane z poszczególnych źródeł należą do czynników chemicznych narażenia zawodowego.

### 1.2.2 Całkowita zawartość LZO w powietrzu wewnętrznym

Pierwsze badania związane z oznaczaniem LZO przeprowadzono w Los Angeles, gdzie w 1968 r. Lonneman oznaczył stężenie benzenu w powietrzu zewnętrznym. Od tego momentu coraz częściej określano stężenie benzenu i poszczególnych związków z tej grupy w fazie gazowej [25], jednakże bardzo rzadko podawano informacje dotyczące całkowitej zawartości LZO. Może to wynikać z dużej trudności oznaczenia całego spektrum substancji, których może występować w pomieszczeniach wewnątrz nawet kilka tysięcy. W bazach naukowych, zawierających publikacje z ostatnich dziesięciu lat istnieje kilkanaście doniesień literaturowych na temat całkowitej zawartości lotnych związków organicznych w powietrzu wewnętrznym. Poniżej w Tabeli 2 uwzględniono wyniki badań (całkowitej zawartości LZO), które prowadzono w pomieszczeniach mieszkalnych, użyteczności publicznej oraz budynkach przeznaczonych na stały pobyt ludzi, które znajdowały się w różnych regionach świata.

Tabela 2. Porównanie całkowitej zawartości LZO w powietrzu wewnętrznym w różnych krajach, rodzajach pomieszczeń i sezonach meteorologicznych (skrót: stężenie min.-stężenie minimalne; stężenie max.-stężenie maksymalne; <LOQ-poniżej granicy oznaczalności; sezon met.-sezon meteorologiczny; lit.-cytowana literatura)

KRAJ	RODZAJ POMIESZCZENIA	STĘŻENIE ŚREDNIE [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	STĘŻENIE MIN. [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	STĘŻENIE MAX. [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	SEZON MET.	LIT.
Anglia	budynki mieszkalne	210	15	3360	-	[26]
		137	48	713	zima	[27]
		160	63	365	lato	
		415	79	1688	-	[28]
Grecja		234,0	0	16079	-	[29]
Chiny		56	-	94	jesień	[30]
		556	-	1214	zima	
		100	0,97	840	-	[31]
Japonia		120-328	-	-	-	[32]
Australia		240; 320	-	-	-	[21]
Kuwejt	16277	970	29200	-	[33]	
Korea Południowa	szpitale	151,1	21,8	486,3	-	[34]
	szpitale geriatryczne	120,0	15,2	265,0	-	
	domy spokojnej starości	108,8	16,3	603,7	-	
	placówki poporodowe	173,8	94,9	312,2	-	
Zjednoczone Emiraty Arabskie	szkoły	815	252	1615	-	[35]
Europa		41,3	7,8	192,7	-	[36]
Chiny	centrum handlowe	1452	<LOQ	3560	-	[25]
Europa	budynki użyteczności publicznej	48,6	7,7	281,8	-	[36]

Największą ilość badań wykonano w pomieszczeniach mieszkalnych. Na podstawie dostępnych danych można zauważyć, iż całkowita zawartość związków z tej grupy przyjmowała poziomy od <LOD do 29200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Średnie zawartości wynosiły od 41,3 do 1452  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  i były bardzo zróżnicowane w zależności od kraju, miejsca prowadzenia badań, rodzaju pomieszczenia oraz sezonu meteorologicznego.

Autorzy publikacji podkreślali, iż całkowita zawartość LZO była minimum dwukrotnie wyższa w pomieszczeniach wewnętrznych, w stosunku do zawartości w powietrzu zewnętrznym [36-38]. Natomiast całkowita zawartość LZO zależy od udziału poszczególnych wewnętrznych i zewnętrznych źródeł emisji, przy czym w głównej mierze od czynności wykonywanych w pomieszczeniach wewnątrz.

### 1.2.3 Poziomy stężenie identyfikowanych substancji w powietrzu wewnętrznym

W badaniach literaturowych zidentyfikowano łącznie około 800 substancji w powietrzu wewnętrznym, w tym 500 z grupy LZO [39]. Związki te należą do powszechnych zanieczyszczeń występujących w pomieszczeniach wewnątrz, o czym świadczy tak duża liczba zidentyfikowanych substancji. Najczęściej analizowanymi LZO w literaturze naukowej są:

- węglowodory aromatyczne, alifatyczne, cykliczne, halogenowe;
- aldehydy;
- ketony;
- alkohole;
- estry;
- terpeny.

Poniżej w Tabeli 3 przedstawiono najczęściej identyfikowane substancje w powietrzu wewnętrznym wraz z ich poziomami zawartości dostępnymi w literaturze naukowej.

Tabela 3. Zawartości lotnych związków organicznych w powietrzu wewnętrznym, z podziałem na poszczególne grupy oraz rodzaj pomieszczeń, w których wykonywano badanie

NAZWA SUBSTANCJI	STĘŻENIE ŚREDNIE [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	ZAKRES STĘŻEŃ		RODZAJ POMIESZCZEŃ	LIT.
		STĘŻENIE MIN. [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	STĘŻENIE MAKS. [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]		
<b>WĘGLOWODORY ALIFATYCZNE (N-ALKANY)</b>					
n-heksan	2,4	0,02	145,82	budynek mieszkalny	[40]
	1,9	0,6	39	szpital	[6]
	-	-	54,04	budynek mieszkalny	[41]
n-heptan	6-18	-	-	budynek mieszkalny	[32]
	4,2	0,02	407,52	budynek mieszkalny	[40]
	0,9	0,6	6,1	szpital	[6]
	2,8	-	8,2	budynek mieszkalny	[42]

CZĘŚĆ TEORETYCZNA

n-oktan	0,9	-	1,7	budynek mieszkalny	[42]
	1,25	0,04	73,4	budynek mieszkalny	[40]
n-nonan	1,3	-	6,4	budynek mieszkalny	[42]
	5-19	-	-	budynek mieszkalny	[32]
	1,6	0,02	198,93	budynek mieszkalny	[40]
n-dekan	16-35	-	-	budynek mieszkalny	[32]
	4,33	0,01	527,56	budynek mieszkalny	[40]
	-	<LOD	1774,1	budynek mieszkalny	[43]
	2,5	-	11,4	budynek mieszkalny	[42]
n-undekan	3,8	2,9	5,5	szpital	[6]
	-	<LOD	471,6	budynek mieszkalny	[43]
	1,9	-	6,3	budynek mieszkalny	[42]
	3,81	0,01	342,31	budynek mieszkalny	[40]
n-dodekan	19-49	-	-	budynek mieszkalny	[32]
	3,35	0,02	132,23	budynek mieszkalny	[40]
	0,7	-	2,7	budynek mieszkalny	[42]
n-tridekan	0,8	-	4,5	budynek mieszkalny	[42]
	1,78	0,02	165,41	budynek mieszkalny	[40]
n-tetradekan	1,9	-	11,7	budynek mieszkalny	[42]
	6,16	0,15	467,28	budynek mieszkalny	[40]
n-pentadekan	0,9	-	1,8	budynek mieszkalny	[42]
	3,91	0,05	356,11	budynek mieszkalny	[40]
n-heksadekan	3,71	0,02	194,77	budynek mieszkalny	[40]
	0,6	-	1,1	budynek mieszkalny	[42]
<b>MONOTERPENY</b>					
$\alpha$ -pinen	30-269	-	-	budynek mieszkalny	[32]
	4,2-6,3	<LOD	68	biuro	[44]
	3,2	0	47,3	budynek użyteczności pub.	[45]
	7,14	-	-	budynek mieszkalny	[46]
	31,69	0,0117	854,27	budynek mieszkalny	[40]
	18,5-68,7	4,8	140	budynek mieszkalny	[47]
	9,7	0,41	800,7	budynek mieszkalny	[48]
	14,1	-	93,7	budynek mieszkalny	[42]
$\beta$ -pinen	4,95	-	-	budynek mieszkalny	[46]
	3,69	0,01	575,59	budynek mieszkalny	[40]
D-limonen	29-38	-	-	budynek mieszkalny	[32]
	8,7	2,9	113	szpital	[6]
	9,4	0	175,7	budynek użyteczności pub.	[45]
	31,59	-	-	budynek mieszkalny	[46]
	28,31	0,07	641,97	budynek mieszkalny	[40]
	25,0-27,8	9,5	49,3	budynek mieszkalny	[47]
	28,1	1,63	329,9	budynek mieszkalny	[48]
25,6	-	93	budynek mieszkalny	[42]	
3-karen	15,54	0,02	303,54	budynek mieszkalny	[40]
	5,6	-	87,76	budynek mieszkalny	[41]
<b>WĘGLOWODORY HALOGENOWE (CHLOROORGANICZNE)</b>					
trichlorometan	6,3	0,2	23,8	szpital	[6]
	1,86	-	-	budynek mieszkalny	[46]
	0,3	-	0,9	budynek mieszkalny	[42]
1,1,1-trichloroetan	0,6	0,1	6,7	szpital	[6]
	5,4	-	75,4	budynek mieszkalny	[42]
trichloroeten	0,99	-	-	budynek mieszkalny	[46]
	0,17	0,02	16,22	budynek mieszkalny	[40]
	3,0-7,0	-	-	budynek mieszkalny	[32]
	0,3	0,1	1,7	szpital	[6]
	<LOQ	<LOD	1,8	biuro	[44]
	-	<LOD	4087,2	budynek mieszkalny	[43]
1,5-3,0	0,2	6	budynek mieszkalny	[47]	

CZEŚĆ TEORETYCZNA

	0,4	0,4	4,7	budynek mieszkalny	[48]
tetrachlorometan	1,85	-	-	budynek mieszkalny	[46]
	0,4	0,02	45,42	budynek mieszkalny	[40]
	1,4	-	5,6	budynek mieszkalny	[42]
	0,6	-	4,4	budynek mieszkalny	[42]
tetrachloroeten	8,2	<LOD	290	biuro	[44]
	-	<LOD	72,1	budynek mieszkalny	[43]
	0,4-1,7	0,1	2,5	budynek mieszkalny	[47]
	0,9	0,1	179,3	budynek mieszkalny	[48]
	0,2	0,1	1,1	szpital	[6]
1,4-dichlorobenzen	69,88	-	-	budynek mieszkalny	[46]
	-	<LOD	4309,8	budynek mieszkalny	[43]
	56-87	-	-	budynek mieszkalny	[32]
	<b>WĘGLOWODORY AROMATYCZNE</b>				
benzen	1,6	0,5	5,1	szpital	[6]
	1,4-2,1	<LOD	10	biuro	[44]
	4,4	0,5	63,7	budynek użyteczności pub.	[45]
	3,54	-	-	budynek mieszkalny	[46]
	1,51	0,01	31,57	budynek mieszkalny	[40]
	-	<LOD	22,8	budynek mieszkalny	[43]
	3,0-18,0	-	217	budynek mieszkalny	[49]
	4,5-18,7	0,9	120	budynek mieszkalny	[47]
	2	-	7,6	budynek mieszkalny	[42]
toluen	9,0-27,0	-	-	budynek mieszkalny	[32]
	4,7	0,5	16,5	szpital	[6]
	6,1-8,1	<LOD	63	biuro	[44]
	4,4	0,5	63,7	budynek użyteczności pub.	[45]
	15,26	-	-	budynek mieszkalny	[46]
	13,18	0,06	249,55	budynek mieszkalny	[40]
	-	1,5	414,2	budynek mieszkalny	[43]
	0,03-0,13	-	1,33	budynek mieszkalny	[49]
	16,4-41,1	5,7	260	budynek mieszkalny	[47]
26,5	-	87	budynek mieszkalny	[42]	
etylobenzen	1,8	0,1	6,6	szpital	[6]
	1,51	0,07	47,76	budynek mieszkalny	[40]
	-	<LOD	85,3	budynek mieszkalny	[43]
	2,3	-	5,2	budynek mieszkalny	[42]
	6,0-20,0	-	-	budynek mieszkalny	[32]
	2,55	-	-	budynek mieszkalny	[46]
	2,89	-	18,98	budynek mieszkalny	[41]
styren	5,0-64,0	-	-	budynek mieszkalny	[32]
	0,6	0,1	2,3	szpital	[6]
	0,8-1,0	<LOQ	12	biuro	[44]
	0,2	0	3,2	budynek użyteczności pub.	[45]
	1,48	-	-	budynek mieszkalny	[46]
	0,83	0,01	39,71	budynek mieszkalny	[40]
	-	<LOD	35,1	budynek mieszkalny	[43]
	0,001-0,005	-	0,07	budynek mieszkalny	[49]
	3,1-9,4	0,1	30	budynek mieszkalny	[47]
	0,7	0,1	14,1	budynek mieszkalny	[48]
	1	-	7,3	budynek mieszkalny	[42]
1,17	-	15,2	budynek mieszkalny	[41]	
o-ksylen	1,6	0,5	6,2	szpital	[6]
	2,49	-	-	budynek mieszkalny	[46]
	0,97	0,01	47,46	budynek mieszkalny	[40]
	-	<LOD	112,3	budynek mieszkalny	[43]
	2,9	-	7,9	budynek mieszkalny	[42]
m,p-ksylen	3,3-3,8	<LOD	40	biuro	[44]



CZĘŚĆ TEORETYCZNA

	8,4	0,9	93,7	budynek użyteczności pub.	[45]
	8,1-35,5	1,8	190	budynek mieszkalny	[47]
	14,0-30,0	-	-	budynek mieszkalny	[32]
	3,6	1	10,6	szpital	[6]
	7,49	-	-	budynek mieszkalny	[46]
	3,27	0,01	174,33	budynek mieszkalny	[40]
	-	0,8	232,8	budynek mieszkalny	[43]
	8,3	-	21,3	budynek mieszkalny	[42]
propylobenzen	0,46	0,01	20,26	budynek mieszkalny	[40]
	0,7	-	2,9	budynek mieszkalny	[42]
	0,78	-	80,1	budynek mieszkalny	[41]
izopropylobenzen	0,23	0,01	18,67	budynek mieszkalny	[40]
	0,2	-	0,5	budynek mieszkalny	[42]
4-etylotoluen	0,86	0,01	52,21	budynek mieszkalny	[40]
	4,6	-	18,9	budynek mieszkalny	[42]
1,2,3-trimetylobenzen	0,4	0,01	31,74	budynek mieszkalny	[40]
	1	-	2,7	budynek mieszkalny	[42]
1,2,4-trimetylobenzen	0,5	0,1	1,1	szpital	[6]
	1,35	0,01	126,07	budynek mieszkalny	[40]
	-	<LOD	111,7	budynek mieszkalny	[43]
1,3,5-trimetylobenzen	0,41	0,01	35,57	budynek mieszkalny	[40]
	1,1	-	4,3	budynek mieszkalny	[42]
naftalen	0,3	0,2	0,6	szpital	[6]
	0,3-1,3	0,3	2,1	budynek mieszkalny	[47]
	8,3	-	91,7	budynek mieszkalny	[42]
	0,64	-	3,89	budynek mieszkalny	[41]
<b>ALDEHYDY</b>					
formaldehyd (metanal)	86-134	-	-	budynek mieszkalny	[32]
	24-26	10	80	budynek mieszkalny	[50]
	5,8	1,5	14,8	szpital	[6]
	8,1-16,0	1,7	49	biuro	[44]
	16,7	49,7	1,5	budynek użyteczności pub.	[45]
	-	1,3	86,3	budynek mieszkalny	[43]
	34,7-57,8	5,8	160	budynek mieszkalny	[47]
etanal	14-18	3	69	budynek mieszkalny	[50]
	5,7	1	16,2	szpital	[6]
	4,9-6,4	<LOD	16	biuro	[44]
	8,5	1,4	29,1	budynek użyteczności pub.	[45]
	-	1,8	94,6	budynek mieszkalny	[43]
	13,5-14,8	8,7	25,1	budynek mieszkalny	[47]
propanal	7,0-9,0	-	-	budynek mieszkalny	[32]
butanal	5,0-9,0	-	-	budynek mieszkalny	[32]
pentanal	1,0-2,0	-	-	budynek mieszkalny	[32]
	1,71	0,02	33,92	budynek mieszkalny	[40]
heksanal	3,0-6,0	-	-	budynek mieszkalny	[32]
	1,9	1	4,2	szpital	[6]
	4,22	0,04	110,09	budynek mieszkalny	[40]
	-	1,6	368,5	budynek mieszkalny	[43]
oktanal	1,19	0,02	50,69	budynek mieszkalny	[40]
	4,31	-	14,57	budynek mieszkalny	[41]
nonanal	2,43	0,04	598,09	budynek mieszkalny	[40]
benzaldehyd	2,0-3,0	-	-	budynek mieszkalny	[32]
	1,4	0,02	28,47	budynek mieszkalny	[40]
	5,02	-	16,72	budynek mieszkalny	[41]
<b>ETERY</b>					
2-butoksyetanol	-	<LOD	60,6	budynek mieszkalny	[43]
	2,5	-	58,13	budynek mieszkalny	[41]
<b>ALKOHOLE</b>					

CZĘŚĆ TEORETYCZNA

butanol	8,08	0,02	115,26	budynek mieszkalny	[40]
	27-50	-	-	budynek mieszkalny	[32]
2-metylo-1-propanol	1,32	0,02	57,49	budynek mieszkalny	[40]
	8,24	-	159,19	budynek mieszkalny	[41]
fenol	2,3	0,2	5,9	szpital	[6]
	-	-	36,7	budynek mieszkalny	[41]
2-etyloheksanol	6,83	0,31	153,59	budynek mieszkalny	[40]
	3,1	0,1	8,8	szpital	[6]
<b>WĘGLOWODORY CYKLICZNE</b>					
cykloheksan	0,9	0,6	2,6	szpital	[6]
	1,6	0,01	342,77	budynek mieszkalny	[40]
	-	-	27,3	budynek mieszkalny	[41]
<b>ESTRY</b>					
octan etylu	13-54	-	-	budynek mieszkalny	[32]
	10,86	0,03	597,94	budynek mieszkalny	[40]
octan butylu	6,23	0,01	449,92	budynek mieszkalny	[40]
	12-47	-	-	budynek mieszkalny	[32]
<b>KETONY</b>					
cykloheksanon	1,13	0,05	20,2	budynek mieszkalny	[40]
	3,3	0,1	20,1	szpital	[6]
butan-2-on	8,7	0,1	174	szpital	[6]
	03-11	-	-	budynek mieszkalny	[32]

W pomieszczeniach wewnątrz (Tabela 3) występuje spektrum związków, które obecne jest w większości budynków o zróżnicowanym przeznaczeniu. Najczęściej oznaczanymi zanieczyszczeniami są n-alkany oraz węglowodory aromatyczne, w tym głównie benzen, toluen oraz o,m,p-ksylen. Węglowodory alifatyczne i aromatyczne to grupy związków, którym poświęcono w literaturze najwięcej uwagi pod kątem oceny jakości powietrza wewnętrznego, ponieważ są to substancje powszechnie występujące w pomieszczeniach, które w przeważającej części emitowane są ze źródeł endogennych.

Pomiar zanieczyszczeń organicznych występujących w fazie gazowej stanowi duże wyzwanie analityczne, głównie ze względu na znaczne zróżnicowanie LZO oraz ich poziomów stężeń. Lotne związki organiczne osiągają stężenia na poziomie od <LOD do ok. 4300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , jednakże najczęściej występują na poziomie ok. 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (stężenie średnie w zakresie 0,004-150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Kolejnym wyzwaniem analitycznym jest również fakt, iż zawartość związków w pomieszczeniach jest zmienna w czasie, ponieważ zależy od wielu różnych czynników, m.in. od sezonu klimatycznego (np. lato, zima), wieku budynku czy aktywności człowieka [47].

Stężenia poszczególnych substancji są na ogół wyższe w budynkach mieszkalnych (domy, mieszkania), niż w biurach, szpitalach czy budynkach użyteczności publicznej. Naukowcy J. Park i K. Ikeda [32] zwrócili również uwagę, iż w nowych oraz wyremontowanych domach występują znacznie wyższe poziomy poszczególnych LZO, niż w starszym budownictwie.

### 1.2.4 Pomieszczenia ochrony zdrowia jako specyficzne miejsca narażenia na LZO

Prace naukowe, związane z badaniem zawartości poszczególnych poziomów LZO w powietrzu wewnętrznym, w głównej mierze dotyczą budynków mieszkalnych (domy, mieszkania) oraz pomieszczeń użyteczności publicznej (szkoły, przedszkola, biura). Natomiast dane literaturowe jednoznacznie wskazują, iż pracownicy jednostek ochrony zdrowia dużo częściej odczuwają negatywne skutki zdrowotne związane ze złą jakością powietrza niż osoby wykonujące pracę biurową [6, 51]. Zanieczyszczenie powietrza wewnętrznego w jednostkach opieki medycznej może wynikać z występowania wielu niepożądanych źródeł emisji:

- wykonywanie prac konserwacyjnych i porządkowych w budynku (wykorzystywanie środków czyszczących, dezynfekcyjnych, odświeżaczy powietrza, farb, powłok, rozpuszczalników, pestycydów, smarów);
- przebywanie osób odwiedzających, pacjentów, pracowników (stosowanie środków higieny osobistej, produktów pielęgnacyjnych; palenie tytoniu);
- zastosowanie materiałów budowlanych, wyposażeniowych i wykończeniowych;
- pełnienie dodatkowych funkcji (tj.: prowadzenie prac biurowych, laboratoryjnych, prac związanych z prowadzeniem usług gastronomicznych, pralni itp.) [9];
- wykonywanie specyficznych procedur medycznych (wykorzystywanie różnego rodzaju produktów tj.: środki dezynfekujące, sterylizujące, gazy znieczulające, czy produkty lecznicze) [52-54].

Według Bessonneau i in. głównymi przyczynami złej jakości powietrza w szpitalach są alkoholowe środki czyszczące i dezynfekujące, gazy znieczulające, a także chemikalia stosowane w laboratoriach [6]. Stąd skład jakościowy i ilościowy LZO w pomieszczeniach szpitalnych i budynkach biurowych czy szkolnych jest częściowo zróżnicowany. [55].

### 1.2.5. Wpływ LZO występujących w powietrzu wewnętrznym na zdrowie człowieka

Powietrze wewnętrzne jest złożoną mieszaniną, w której występuje całe spektrum lotnych związków organicznych. Nie wszystkie z tych substancji mają udowodniony negatywny wpływ na zdrowie człowieka. Jednakże bardzo duża ich część wywołuje niespecyficzne objawy. Ekspozycja na LZO powoduje szereg szkodliwych skutków zdrowotnych, z których najczęściej omawianymi w literaturze są choroby układu oddechowego, krwionośnego oraz występowanie stanów zapalnych [56]. LZO mogą zwiększać ryzyko występowania mutacji genetycznych, reakcji alergicznych, podrażnień oraz zaburzać prawidłowe funkcjonowanie płuc, układu dokrewnego, rozrodczego oraz nerwowego.

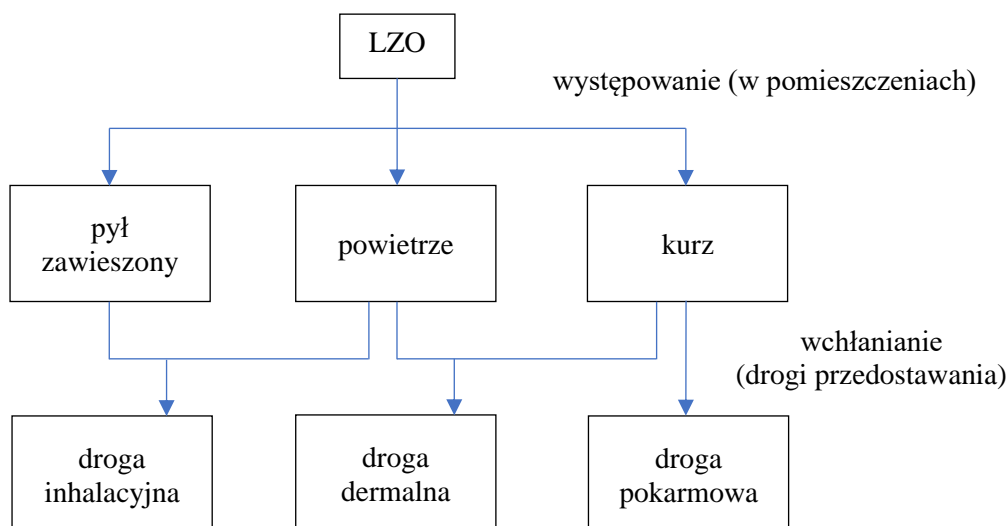
Występowanie tych substancji łącznie jest z chorobami cywilizacyjnymi takimi jak: otyłość, nerwice, niepłodność oraz choroby nowotworowe [57-59]. WHO oszacowało, iż około 3,8 miliona zgonów spowodowana jest zanieczyszczeniem powietrza wewnętrznego [60]. Badania naukowe prowadzone w Europie wykazały występowanie silnych korelacji pomiędzy narażeniem na LZO, a zachorowalnością na nowotwory mózgu, funkcjonowaniem układu nerwowego, hormonalnego oraz chorobami skóry [61]. Agencja Ochrony Środowiska Stanów Zjednoczonych (ang. United States Environmental Protection Agency – US EPA) wyróżnia również takie objawy jak: duszności, wymioty, zmęczenie, zawroty głowy, utrata koordynacji psychoruchowej, spadek poziomu cholinesterazy w surowicy krwi, podrażnienie spojówek oraz skórne reakcje alergiczne. Podstawowymi zespołami objawów wynikającymi ze złej jakości powietrza wewnątrz, związanymi z występowaniem LZO są: syndrom chorego budynku, wieloczynnościowa nadwrażliwość chemiczna oraz zespół przewlekłego zmęczenia [62].

Narażenie nawet na niskie poziomy tych związków w życiu codziennym może być szkodliwe dla zdrowia, powodować złe samopoczucie oraz zwiększać ryzyko pojawienia się takich schorzeń jak astma czy nieżyt nosa [63]. Człowiek w pomieszczeniach wewnątrz spędza ponad 90% czasu, gdzie w wyniku ekspozycji, drogą inhalacyjną, ale także dermalną, dochodzi do wchłaniania substancji chemicznych obecnych w powietrzu [64, 65], których potencjalny wpływ na zdrowie wciąż jest mało poznany [14, 66]. Związki zawarte w fazie gazowej stanowią złożoną mieszaninę. Efekty toksycznego oddziaływania takiej mieszaniny mogą być zróżnicowane i trudne do oszacowania, ponieważ efekt końcowy nie jest rezultatem tylko zjawiska addycji, efektów pojedynczych substancji, ale także efektu potencjacji, synergizmu czy antagonizmu [15, 67]. W powietrzu dochodzi również do reakcji pomiędzy poszczególnymi związkami, w efekcie których mogą powstawać związki o wyższej toksyczności (np. pinen i limonen w reakcji z ozonem może tworzyć formaldehyd) [57, 68]. Pomimo, udowodnionych negatywnych skutków zdrowotnych wynikających z obecności LZO w powietrzu wewnętrznym, związki te nie są objęte obowiązkowym monitoringiem i nie są rozpatrywane w kontekście dopuszczalnych stężeń.

Należy wspomnieć, iż w jednostkach medycznych narażeni na specyficzne LZO są nie tylko pracownicy, ale również pacjenci (dzieci, osoby starsze, kobiety w ciąży), którzy w efekcie określonych powodów medycznych mają dodatkowo wydłużony okres przebywania w pomieszczeniach zamkniętych. Bardzo często osoby chore silniej odczuwają negatywne skutki zdrowotne wywołane obecnością szkodliwych czynników chemicznych w powietrzu wewnętrznym niż osoby zdrowe.

### 1.3 Pył zawieszony i kurz – źródło informacji analitycznej na temat występowania LZO w pomieszczeniach

W pomieszczeniach wewnętrznych lotne związki organiczne mogą występować w wielu matrycach środowiskowych, takich jak powietrze, pył zawieszony oraz kurz. W literaturze dotyczącej LZO, związki te najczęściej oznaczane są w fazie gazowej. Jednakże, również ich występowanie w innych rodzajach matryc stanowi potencjalne zagrożenia dla zdrowia człowieka, w wyniku przedostawania się ich do organizmu drogą inhalacyjną, dermalną oraz pokarmową (Rysunek 2) [69]. Do próbek, na których mogą być zaadsorbowane/zaabsorbowane LZO, należy pył zawieszony oraz kurz.



Rys. 2. Schematyczne przedstawienie matryc, w których mogą występować LZO w pomieszczeniach wewnątrz oraz ich dróg przedostawania się do organizmu człowieka

Badania naukowe wskazują, iż analiza jakościowa i ilościowa próbek pyłu zawieszonego oraz kurzu pod kątem występowania LZO mogą być podstawą do stwierdzenia, że związki z tej grupy występują w środowisku wewnętrznym, a ich zawartość zależy od charakteru oraz od przeznaczenia pomieszczeń. Również określenie profilu występowania lotnych związków organicznych w tych matrycach pozwala wykonać kompleksową ocenę narażenia [70-73].

### 1.3.1 Charakterystyka pyłu zawieszonego

Pył zawieszony (ang. PM-Particulate Matter) to cząstki głównie ciała stałego, które przez pewien czas pozostają w zawieszeniu w fazie gazowej i charakteryzują się różną wielkością (od kilku nm do 100  $\mu\text{m}$ ) oraz pochodzeniem. Składają się ze stałych cząstek metali, gleby, kurzu oraz kropelek cieczy zawierających związki organiczne. Pył całkowity, nazywany również całkowitym pyłem zawieszonym (ang. TSP-Total Suspended Particles), to zbiór cząstek, które otoczone są powietrzem w określonej jego objętości. Natomiast pył respirabilny, charakteryzowany jest jako zbiór cząstek przechodzących przez selektor wstępny (w metodzie filtracyjno-wagowej), o średniej wielkości średnicy aerodynamicznej wynoszącej  $3,5 \pm 0,3 \mu\text{m}$  (z odchyleniem standardowym  $1,5 \pm 0,1 \mu\text{m}$ ) [74, 75].  $\text{PM}_{10}$  oznacza cząstki o średnicy mniejszej niż 10  $\mu\text{m}$  i zawiera wszystkie cząstki określane mianem  $\text{PM}_{2,5}$  i  $\text{PM}_{0,1}$ . Niekorzystne skutki przypisywane frakcji  $\text{PM}_{10}$  mogą być spowodowane obecnością mniejszych cząstek pyłu [60].

Źródłami emisji cząstek zawieszonych w powietrzu wewnętrznym są materiały budowlane, wykończeniowe i wyposażeniowe, jak również wykonywane przez człowieka czynności. PM przedostaje się także z powietrza zewnętrznego, gdzie powstaje na skutek procesów naturalnych, jak i antropogenicznych, głównie związanych z procesami spalania. W pomieszczeniach występuje mieszanina cząstek emitowanych z różnych źródeł, która ulega ciągłym zmianom i dynamicznym interakcjom pomiędzy sobą, jak również między innymi zanieczyszczeniami. Najważniejszymi parametrami pyłów wpływającymi na ich szkodliwość i przyczyniającymi się do powstawania syndromu chorego budynku, szczególnie w kontekście środowiska pracy są: stężenie, rozkład wymiarowy cząstek oraz skład chemiczny [74, 76].

### 1.3.2 Wpływ LZO występujących w pyłe zawieszonym na zdrowie

IARC (ang. International Agency for Research on Cancer - Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem) zaklasyfikowała pył zawieszony do grupy 1 (związków o potwierdzonym działaniu kancerogennym na organizm człowieka), ponieważ istnieją wystarczające i niezbité dowody na to, iż przyczyniają się do powstawania nowotworów płuc [77]. WHO oszacowało, iż zanieczyszczenie powietrza pyłem zawieszonym jest przyczyną około 800000 przedwczesnych zgonów rocznie na świecie (13 miejsce wśród głównych przyczyn śmierci) [74]. Natomiast według projektu Globalnego Obciążenia Chorobami (ang. Global Burden of Disease) narażenie na drobny pył zawieszony ( $\text{PM} < 2,5 \mu\text{m}$ ) jest jednym z pięciu

najważniejszych czynników ryzyka śmierci na kuli ziemskiej. Odpowiada globalnie za ok. 4,2 miliona zgonów oraz ponad 103 milionów lat życia skorygowanych niepełnosprawnością.

Szkodliwe skutki narażenia na pył zawieszony występują nawet przy niskich poziomach stężeń, niższych niż ogólnie przyjęte normy jakości powietrza, które wcześniej uznawano za bezpieczne [60]. Substancje toksyczne mogą ulegać sorpcji na powierzchni cząstek pyłu i na skutek ich bezpośredniego kontaktu z tkankami, powodować ich uszkodzenie. [78]. W wyniku ekspozycji na zanieczyszczenia zawarte w pyłe (metale oraz LZO), może dochodzić do naruszenia pierwotnej struktury narządu, jego uszkodzenia lub stanu zapalnego o skutkach ogólnoustrojowych, a w konsekwencji do indukowania stresu oksydacyjnego. Stan ten prowadzi do peroksydacji lipidów, zubożenia pracy przeciwutleniaczy, co w konsekwencji wywołuje aktywację sygnalizacji prozapalnej. W efekcie uruchamiana jest kaskada zdarzeń, które mogą wpływać nawet na odległe narządy [79]. Zwiększona ekspozycja na cząstki zawieszane korelowana jest z podwyższonym stężeniem białka C-reaktywnego, fibrynogenu, leukocytów, płytek krwi oraz zwiększeniem lepkości osocza [80]. Leukocyty, białka adhezyjne, krzepnięcia, a także szereg cytokin i mediatorów stanu zapalnego zaburzają funkcjonowanie śródbłonna, który może utracić swoją podstawową funkcję. [81] Powtarzające się urazy, wywołane ekspozycją na cząstki stałe, mogą przyczyniać się do chorób naczyniowych (miażdżycy tętnic) oraz wpływać na metabolizm [60, 82]. PM przyczynia się nie tylko do dolegliwości sercowo-naczyniowych, ale również do chorób naczyniowych mózgu [74]. W trakcie ekspozycji na zanieczyszczenia pyłowe, płuca filtrują cząstki stałe, które mogą ulegać akumulacji. Na skutek dużej objętości wchłoniętego pyłu zawieszzonego dochodzi również do upośledzenia funkcji makrofagów i układu limfatycznego, co skutkuje skupieniem złogów materiału wokół oskrzelików [83]. Narażenie na cząstki stałe może powodować przewlekłe ogniskowe zapalenia, zwłóknienia, bliznowacenia, a nawet prowadzić do powstania nowotworu płuc [84]. PM potencjalnie wywołują skutki zdrowotne związane ze spowolnieniem rozwoju płodu, a także z ryzykiem przedwczesnego porodu. Ekspozycja na pył zawieszony w okresie prenatalnym oraz okołoporodowym, może wiązać się z licznymi konsekwencjami zdrowotnymi, które ujawniają się w późniejszych etapach rozwoju (tj.: alergia, astma, choroby układu nerwowego, a nawet cukrzyca) [75].

W literaturze najwięcej informacji dotyczących analizy chemicznej PM związanych jest z: występowaniem LZO odpowiedzialnych za zapach (substancje odorowe) w intensywnym chowie zwierząt [85-87], analizą pierwiastkową [88, 89] oraz zawartością węgla organicznego [90, 91]. W piśmiennictwie brak jest informacji o całkowitej zawartości LZO związanych z PM i ich identyfikacji, szczególnie w pomieszczeniach, takich jak jednostki ochrony zdrowia.

### 1.3.3 Charakterystyka kurzu

Kurz to cząstki aerozolowe zdeponowane na powierzchniach wewnątrz pomieszczeń. Zgodnie z definicją zaproponowaną przez WHO, są to cząstki stałe, które mają średnicę od 1 do 100  $\mu\text{m}$ . Posiadają dobrze rozwiniętą powierzchnię sorpcyjną, a tym samym zdolność do adsorpcji związków organicznych z powietrza, dzięki czemu mogą stanowić swoiste źródło informacji o narażeniu człowieka na LZO obecne w pomieszczeniach wewnątrz [70]. Trwałe zanieczyszczenia organiczne mogą gromadzić się na powierzchni kurzu przez wiele tygodni, a nawet lat, w związku z powyższym, materiał ten może stanowić długoterminową miarę stopnia ekspozycji na zanieczyszczenia wewnątrz pomieszczeń [92, 93]. Poziomy zanieczyszczeń substancji chemicznych występujących w powietrzu mogą natomiast znacznie zmieniać się w czasie [94]. W rezultacie pojedynczy pomiar próbek powietrza wewnętrznego może nie odzwierciedlać średniego poziomu narażenia na LZO ani stanowić źródła informacji na temat wystąpienia wcześniejszych ekspozycji na te związki. Analiza jakościowa i ilościowa substancji występujących w kurzu umożliwia uzyskanie danych reprezentujących ich średnie poziomy zawartości w długich okresach, co może być bardziej przydatne do retrospektywnej oceny narażenia zdrowotnego [95, 96].

Pył zawieszony, to faza rozproszona, występująca w postaci zawiesiny substancji organicznych i nieorganicznych, w układzie dyspersyjnym, w którym fazę rozpraszającą stanowi powietrze. Natomiast kurz, to cząstki organiczne i nieorganiczne, które są osadzone na powierzchniach stałych [57].

### 1.3.4 Wpływ LZO występujących w kurzu na zdrowie

Substancje chemiczne zawarte w kurzu mogą przedostawać się do organizmu poprzez wdychanie zdeponowanych i ponownie zawieszonych cząstek w powietrzu (na skutek zachodzenia procesu resuspensji), poprzez przypadkowe połknięcie lub bezpośrednio przez skórę (w kontakcie dermalnym) i błonę śluzową oka. W związku z powyższym informacja na temat stężenia związków organicznych występujących w kurzu jest szczególnie istotna w badaniach epidemiologicznych [57, 70]. Nie tylko substancje zaadsorbowane na powierzchni cząstek stałych stanowią potencjalne zagrożenie dla zdrowia ludzi, powodując zatrucia ogólnoustrojowe, ale również same cząstki kurzu zawieszony w powietrzu. Ekspozycja na tego rodzaju materię może budzić szczególne obawy, ponieważ związana jest z możliwością wystąpienia chorób układu oddechowego. Obecnie rośnie również zainteresowanie innymi chorobami związanymi z tymi cząstkami, takimi jak nowotwory, astma, alergiczne zapalenie



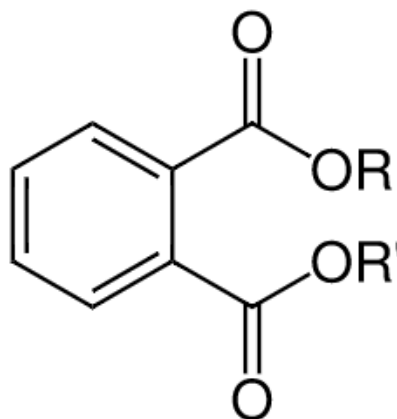
pęcherzyków płucnych, a także podrażnienia i inne choroby niezwiązane z układem oddechowym, które występują nawet przy niskich poziomach zawartości tej materii [97]. W literaturze można odnaleźć również informacje na temat powiązania występowania cząstek kurzu z syndrom chorego budynku, polegającym na zwiększonym występowaniu objawów podrażnienia oczu, nosa i gardła, a także obecności innych objawów ogólnych organizmu [98, 99]. W związku z powyższym, na jakość powietrza wewnętrznego mają wpływ zarówno właściwości fizyczne, jak i chemiczne kurzu [57]. Cząsteczki kurzu mogą powodować nie tylko podrażnienie błon śluzowych i wpływać negatywnie na stan zdrowia, ale również wywoływać uczucie nieprzyjemnego zapachu i zmniejszać komfort użytkowania pomieszczeń [100].

Dane literaturowe wskazują, że próbki kurzu mogą być pobierane z odkurzacza domowego, dzięki czemu próbki zawierają najczęściej zanieczyszczenia, które są kumulowane z kilku pomieszczeń na przestrzeni wielu miesięcy, a nawet lat. Również stosowana jest inna metodyka, polegająca na miejscowym pobieraniu próbek kurzu z powierzchni, co niesie za sobą dużą przewagę i dostarcza informacji o zanieczyszczeniach charakterystycznych dla danego pomieszczenia i występujących w krótszym okresie [70-72, 101-104].

## 1.4 Ftalany w powietrzu wewnętrznym

### 1.4.1 Charakterystyka ftalanów, ich zastosowanie oraz źródła występowania w powietrzu wewnętrznym

Ftalany należą do grupy organicznych związków chemicznych, będących estrami kwasu 1,2-benzenodikarboksylowego (kwasu ftalowego). Składają się z jednego pierścienia benzenowego i dwóch estrowych grup funkcyjnych, przyłączonych do dwóch atomów węgla w pierścieniu (Rysunek 3) [105].



Rys. 3. Ogólny wzór estrów kwasu ftalowego

Ftalany powstają w wyniku reakcji alkoholu z bezwodnikiem ftalowym. Związki te są powszechnie dodawane jako plastyfikatory, w celu zwiększenia elastyczności i trwałości produktów polimerowych. Mają bardzo szerokie zastosowanie w przemyśle chemicznym oraz przy produkcji wielu wyrobów konsumenckich, materiałów budowlanych, wykończeniowych, wyposażeniowych, części samochodowych oraz kosmetyków [106, 107]. Estry kwasu ftalowego produkowane są na szeroką skalę od ponad 60 lat. W 90% substancje te stosowane są jako dodatek do tworzyw sztucznych, a ich oszacowana, łączna wielkość światowej produkcji wynosi od 4 do 5 milionów ton rocznie [108, 109].

Ftalany można przyporządkować do dwóch grup, w zależności od długości ich łańcucha węglowego, który wpływa na występowanie określonych właściwości fizykochemicznych oraz potencjalne zastosowanie. Związki o niskiej masie cząsteczkowej (zawierają od 3 do 6 atomów węgla w łańcuchu węglowym) najczęściej wykorzystywane są do produkcji perfum, kremów, lakierów do paznokci, balsamów oraz odświeżaczy powietrza. Powszechnie używane są również jako rozpuszczalniki, środki zapobiegające pękaniu lakieru, zmniejszające sztywność lakieru do włosów oraz zwiększające zdolność kosmetyków do wnikania i nawilżania skóry. Natomiast ftalany o dużej masie cząsteczkowej (zawierające od 7 do 13 atomów węgla w łańcuchu węglowym) stosowane są jako plastyfikatory w tworzywach sztucznych, głównie polichlorku winylu. Na szeroką skalę wykorzystywane są przy produkcji: klejów, opakowań do żywności, produktów medycznych (np.: worki infuzyjne, worki do transfuzji krwi, rękawiczki), powłok farmaceutycznych, części samochodowych, zabawek dla dzieci, produktów winylowych (tj.: zasłony prysznicowe, płaszcze przeciwdeszczowe), obuwia, płytek podłogowych oraz w tapicerce meblowej [105, 108, 110].

Estry kwasu ftalowego nie są chemicznie związane z łańcuchem polimeru, w związku z czym mogą być z łatwością uwalniane do powietrza (na skutek dyfuzji, desorpcji, migracji z materiału i odparowywania) [107, 111]. Ftalany powszechnie występują w środowisku człowieka, głównie ze względu na ich szerokie zastosowanie w wielu produktach konsumenckich i zaliczane są do czynników chemicznych narażenia zawodowego. W związku z powyższym, ekspozycja ludzi na te związki występuje przez całe życie, nawet w okresie płodowym [112]. Estry kwasu ftalowego przedostają się do organizmu człowieka głównie drogą inhalacyjną oraz pokarmową, natomiast w mniejszym stopniu dermalną [105]. Należy zaznaczyć, iż powietrze jest bardzo istotnym źródłem narażenia na ftalany, dlatego nie może być pominięte podczas oceny narażenia na te substancje.

### 1.4.2. Poziomy zawartości ftalanów w powietrzu wewnętrznym

Ze względu na szerokie zastosowanie ftalanów w produktach codziennego użytku oraz wszechobecne występowanie we wszystkich matrycach środowiskowych, stanowią przedmiot zainteresowania naukowców na całym świecie od ponad 40 lat. Jednakże najwięcej danych literaturowych dotyczy ich poziomów zawartości w próbkach wody i gleby. Jedynie 20% spośród wszystkich publikacji związanych z analizą jakościową i ilościową estrów kwasu ftalowego, która dostępna jest w bazie Scopus, odnosi się do próbek powietrza wewnętrznego i zewnętrznego. Mniej niż połowa doniesień literaturowych dotyczy zawartości ftalanów wewnątrz pomieszczeń [108].

W Tabeli 4 zestawiono wyniki zawartości estrów kwasu ftalowego w pomieszczeniach o różnym przeznaczeniu. Chińscy naukowcy opublikowali najwięcej badań dotyczących analizy jakościowej i ilościowej tych związków. Na podstawie dostępnych danych literaturowych można stwierdzić, iż występują duże różnice w ich poziomach zawartości oraz w składzie jakościowym estrów kwasu ftalowego, co może wynikać z faktu, że próbki pobierane były nie tylko w różnego rodzaju pomieszczeniach, ale również w różnych regionach świata.

Najczęściej identyfikowaną substancją był ftalan dibutyli (DBP), natomiast najrzadziej ftalan dipropylu [DPP (C3)] i dipentylu [DPP (C5)], co może wynikać z ograniczonego zastosowania tych substancji w sektorze produkcyjnym. Równie rzadko wykonywano analizę identyfikacyjną ftalanu diizononyli (DiNP), ponieważ związek ten występuje w postaci wielu izomerów, co utrudnia ich identyfikację i oznaczenie. Ponadto jest on w mniejszym stopniu wykorzystywany w przemyśle, ze względu na jego właściwości fizyko-chemiczne [113].

Wyznaczone poziomy zawartości poszczególnych substancji wahały się od <LOD do 13907 ng/m<sup>3</sup>. W badaniach literaturowych DBP i DEP występował zazwyczaj w powietrzu wewnętrznym na najwyższym poziomie stężeń, co może wynikać nie tylko z powszechności ich występowania w produktach konsumenckich, ale również z właściwości fizyko-chemicznych. Niska wartość prężności par (DBP – 7,3·10<sup>-13</sup>, DEP – 4,8·10<sup>-13</sup> mmHg) wskazuje, iż ftalan dietyli i dibutyli ma duże tendencje do przebywania w fazie gazowej [114, 115].

Całkowita zawartość estrów kwasu ftalowego nie zawsze jest podawana w publikacjach naukowych, chociaż stanowi ważne źródło informacji. Na podstawie zebranych danych można zauważyć, iż sumaryczne średnie stężenie ftalanów w powietrzu wewnętrznym wynosiło od 2,82 ng/m<sup>3</sup> do 120964 ng/m<sup>3</sup>.

CZĘŚĆ TEORETYCZNA

Tabela 4. Zawartość poszczególnych estrów kwasu ftalowego w powietrzu wewnętrznym (nd-nie wykryto; bd-brak danych)

FTALAN	KRAJ	STĘŻENIE ŚREDNIE [ng/m <sup>3</sup> ]	MEDIANA [ng/m <sup>3</sup> ]	ZAKRES STĘŻEŃ [ng/m <sup>3</sup> ]		MIEJSCE POBRANIA PRÓBEK	LIT.	
				MIN	MAX			
BBP	Chiny	0,0532	0,0626	0,0324	0,0647	-	[116]	
		419,61	379,32	263,66	589,62	biuro	[117]	
		nd	nd	nd	nd		[118]	
	Szwecja	16	15	8,6	30	budynek mieszkalny	[119]	
	bd	38	-	<LOQ	480		[120]	
	Chiny	64	7	0,02	546		[121]	
	Francja	4,4	1,8	<LOQ	145		[122]	
	Japonia	20	10	<0,000001	110		[123]	
	Niemcy	37	-	-	575		[124]	
	Szwecja	28	21	6,6	97		[119]	
	Chiny	nd	nd	nd	nd		laboratorium	[118]
	Szwecja	19	21	9,1	33		przedszkola	[119]
Niemcy	nd	nd	nd	391	[124]			
DBP	Chiny	0,252	0,274	0,146	0,334	bd	[116]	
		658,78	658,78	422,96	1011,21	biuro	[117]	
		266	-	242	281		[118]	
		450	-	-	-		[125]	
	Szwecja	599	550	190	1200	budynek mieszkalny	[119]	
	bd	250	-	52	1100		[120]	
	Chiny	540	-	-	-		[125]	
		14	11	0,02	58		[121]	
	Francja	102	86,0	<LOQ	527		[122]	
	Japonia	750	390	10	6180		[123]	
	Niemcy	1218	-	-	5586		[124]	
	Szwecja	925	850	300	2300		[119]	
	USA	251	-	101	431		[126]	
	Chiny	64,8	-	55,2	76,7		laboratorium	[118]
Szwecja	682	600	330	1700	przedszkole	[119]		
Niemcy	2395	-	-	13305		[124]		
DCHP	bd	3,4	-	<LOQ	280	budynek mieszkalny	[120]	
	Japonia	120	70	<0,000001	750	[123]		
DEHP	Chiny	1,850	1,690	1,550	2,300	bd	[116]	
		463	-	426	529	biuro	[118]	
		591,22	591,22	290,78	811,38	biuro	[117]	
		90	-	-	-		[125]	
	Szwecja	118	100	15	320	budynek mieszkalny	[119]	
	bd	109	-	<LOQ	1000		[120]	
	Chiny	90	-	-	-		[125]	
		400	218	0,1	3123		[121]	
	Francja	36,0	27,9	<LOQ	189		[122]	
	Japonia	320	110	<0,000001	3130		[123]	
	Niemcy	191	156	-	615		[124]	
	Szwecja	208	200	92	530		[119]	
	USA	61	-	20	114		[126]	
	Chiny	349	-	244	445		laboratorium	[118]
Szwecja	267	240	130	480	przedszkole	[119]		
Niemcy	599	458	-	2253		[124]		
DEP	Chiny	0,397	0,345	0,297	0,549	bd	[116]	
		78,9	-	53,4	97,4	biuro	[118]	
		657,96	680,86	380,06	858,66		[117]	
		980	-	-	-		[125]	
	Szwecja	667	620	420	1400	[119]		
bd	800	-	130	4300	[120]			

CZĘŚĆ TEORETYCZNA

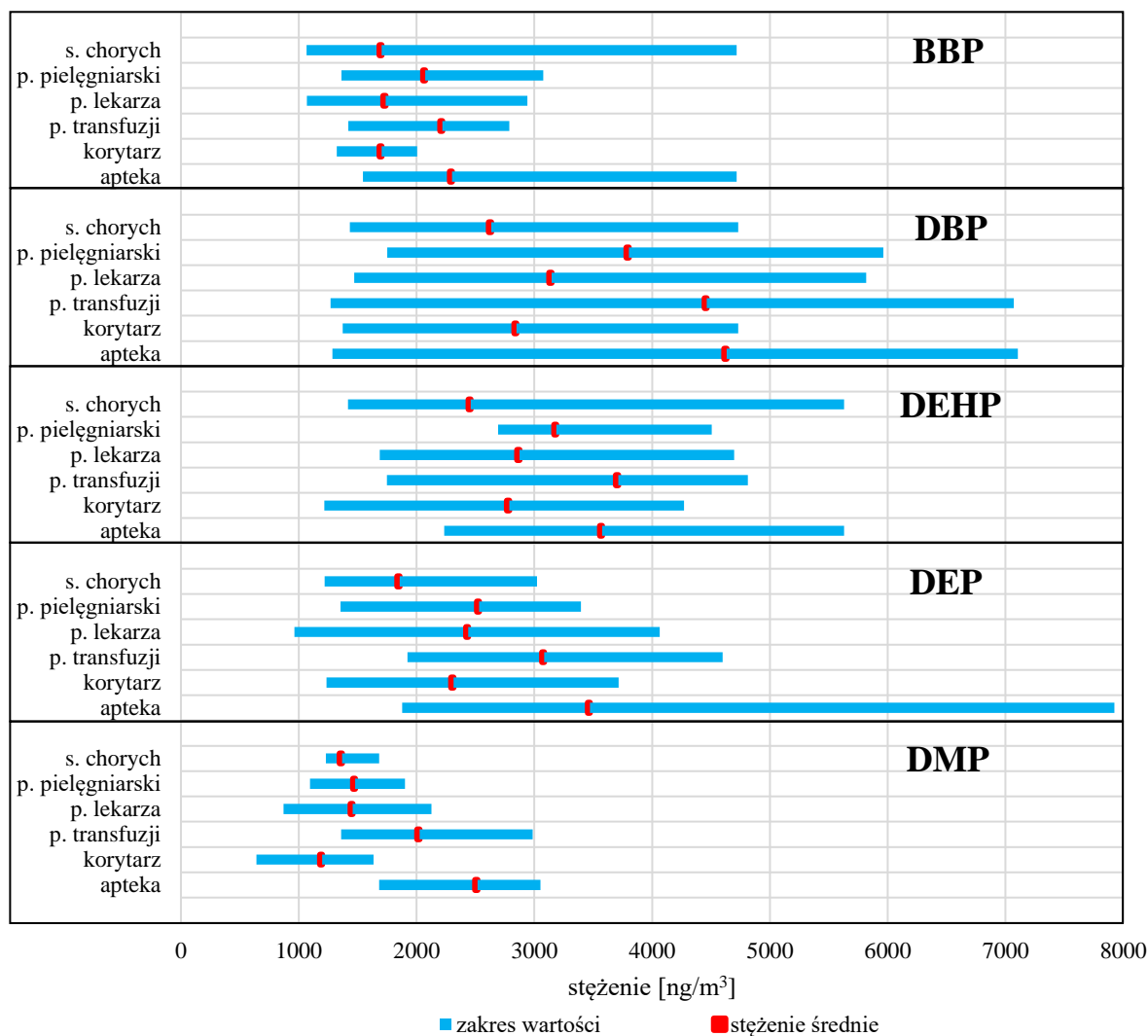
	Chiny	380	-	-	-	budynek mieszkalny	[125]	
		1,6	1,1	0,007	10		[121]	
	Francja	244	182	40,3	2900		[122]	
	Japonia	140	100	10	610		[123]	
	Niemcy	807	643	-	5481		[124]	
	Szwecja	1598	1300	680	3900		[119]	
	Chiny	24,0	-	22,4	25,8		laboratorium	[119]
	Szwecja	1246	870	650	2600		przedszkole	[119]
	Niemcy	396	353	-	1263	[124]		
<b>DiBP</b>	Chiny	0,110	0,0904	0,0901	0,152	bd	[116]	
		1230	-	-	-	biuro	[125]	
	Szwecja	310	230	110	950	[119]		
	bd	86	-	11	990	[120]		
	Chiny	710	-	-	-	budynek mieszkalny	[125]	
	Francja	699	354	97,5	8560	[122]		
	Szwecja	296	270	140	560	[119]		
		Szwecja	239	190	46	810	przedszkole	[119]
<b>DiNP</b>	Francja	18,0	11,2	<LOQ	257	budynek mieszkalny	[122]	
<b>DMP</b>	Chiny	0,159	0,167	0,135	0,176	bd	[116]	
		532,22	524,19	320,8	820,62	biuro	[117]	
		900	-	-	-		[125]	
	Szwecja	4,6	4,4	2,8	7,9	[119]		
	Chiny	820	-	-	-	budynek mieszkalny	[125]	
		0,079	0,056	0,003	0,593		[121]	
		Francja	48,2	22,5	1,7		2660	[122]
		Niemcy	1182	436	-		13907	[124]
	Szwecja	18	15	7,4	47	[119]		
	Chiny	4,28	-	2	15	laboratorium	[118]	
Niemcy	1034	331	-	13233	przedszkole	[124]		
Szwecja	6,2	4,7	2,3	14	[119]			
<b>DMPP</b>	Niemcy	697	459	-	5887	budynek mieszkalny	[124]	
		610	505	-	2659	przedszkole	[124]	
<b>DnOP</b>	Chiny	nd	nd	nd	nd	bd	[116]	
		nd	nd	nd	nd	biuro	[117]	
		nd	nd	nd	nd		[118]	
		25	5	0,03	268	budynek mieszkalny	[121]	
		nd	nd	nd	nd	laboratorium	[118]	
<b>DPP (C3)</b>	bd	1,2	-	<LOQ	27	budynek mieszkalny	[120]	
<b>DPP (C5)</b>	bd	<LOQ	-	<LOQ	<LOQ	budynek mieszkalny	[120]	
$\Sigma$ <b>ftalanów</b>	Chiny	16600	-	11780	20490	apтека	[127]	
		2,820	2,710	2,500	3,250	bd	[116]	
		2859,78	2889,87	1973,67	3836,92	biuro	[117]	
	Szwecja	1700	1500	740	3900		[119]	
	bd	120964	-	-	-	budynek mieszkalny	[126]	
	Chiny	471	232	0,1	3800		[121]	
	Szwecja	3100	2700	1200	7400		[119]	
	Chiny	10750	-	7418	13140	szpital-korytarz	[127]	
		11560	-	7360	30310	pokój do transfuzji	[127]	
		11560	-	8516,6	14050	pokój lekarza	[127]	
	Szwecja	2500	1900	1200	5600	przedszkole	[119]	
	Chiny	12980	-	9494	17500	punkt pielęgniarski	[127]	
		11720	-	1012	22740	sala chorych	[127]	

### 1.4.3 Wyniki oznaczeń ftalanów w placówkach ochrony zdrowia

W krajach rozwiniętych zwraca się szczególną uwagę na zanieczyszczenie powietrza wewnętrznego ftalanami. Rośnie liczba publikowanych raportów badawczych w tej tematyce. Jednakże wciąż mało jest dostępnych danych dotyczących występowania estrów kwasu ftalowego w ośrodkach opieki zdrowotnej. W głównej mierze prowadzone badania obejmują takie miejsca jak: budynki mieszkalne, biura, szkoły, czy też przedszkola. Należy jednak podkreślić, że w takich obiektach jak szpitale, znajduje się zwykle znacznie więcej produktów z tworzyw sztucznych, niż w budynkach o innym przeznaczeniu, które są częściej badane pod kątem zawartości ftalanów. W ośrodkach opieki zdrowotnej powszechne jest stosowanie plastikowych worków infuzyjnych, worków na krew, folii, plastrów, opakowań, strzykawek, rękawiczek, a nawet sprzętu medycznego, w którego składzie znajdują się ftalany [128-130]. W związku z powyższym, w powietrzu wewnętrznym jednostek ochrony zdrowia występować mogą wysokie poziomy wielu związków z tej grupy. Narażenie na podwyższone narażenie związków z tej grupy występuje nie tylko u pracowników placówek medycznych, ale również u pacjentów (m.in. niemowląt i kobiety w ciąży). Równocześnie osoby korzystające z placówek opieki zdrowotnej mają zwykle osłabiony układ odpornościowy i schorzenia, które mogą dodatkowo nasilać niepożądane reakcje na związki z tej grupy [131-133].

W literaturze dostępna jest tylko 1 publikacja na temat zawartości poszczególnych estrów kwasu ftalowego w powietrzu wewnętrznym jednostek ochrony zdrowia. Badania Wang'a i in. były realizowane w różnych pomieszczeniach szpitalnych w Chinach i dotyczyły analizy takich ftalanów jak: DMP, DEP, DEHP, DBP, BBP oraz DnOP [127]. Autorzy publikacji zwrócili uwagę na fakt, iż poziomy zawartości estrów kwasu ftalowego były prawie dwukrotnie wyższe w szpitalach niż w pomieszczeniach mieszkalnych. Zawartość poszczególnych związków z tej grupy była zróżnicowana i wskazywała na występowanie specyficznych źródeł emisji (tj. sprzęt i wyposażenie medyczne).

Na Rysunku 4, przedstawiono poziomy zawartości estrów kwasu ftalowego w różnych pomieszczeniach szpitalnych. Ftalan dibutyli oraz di(2-etyloheksylu) to substancje, dla których uzyskano najwyższe stężenia średnie. Ftalan DnOP nie został zidentyfikowany w żadnej z próbek, a DBP, DEP, BBP i DEHP stanowiły ponad 80% wszystkich związków z tej grupy [134].



Rys. 4. Zawartość ftalanów w poszczególnych pomieszczeniach szpitalnych na podstawie badań Wang'a [127] (skrót: s.-sala; p.-pokój)

#### 1.4.4 Ftalany – wpływ na zdrowie

Ftalany mogą mieć bezpośredni, negatywny wpływ na ludzkie zdrowie [107]. Pierwsze badania prowadzone w latach 70 XX w. wykazały, że niektóre z estrów kwasu ftalowego mogą wywoływać efekty teratogenne [135]. Późniejsze prace naukowe wskazywały na ich potencjalną kancerogenność [136] oraz działanie endokrynne [137, 138]. Przeprowadzona ocena ryzyka zdrowotnego wskazywała na niską toksyczność, jednakże ich aktywność estrogenowa została potwierdzona w testach *in vivo* oraz *in vitro* [109]. Ftalany: DMP, DEP, DBP, BBP, DEHP oraz DnOP są klasyfikowane w literaturze jako substancje mogące zaburzać funkcjonowanie układu endokrynne (ang. endocrine-disrupting chemicals)

[115, 139]. Należy mieć na uwadze fakt, iż stan wiedzy na temat wpływu tych substancji na zdrowie dynamicznie się zmienia, szczególnie na przestrzeni ostatnich 10 lat.

Zgodnie z Rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1272/2008 z dnia 16 grudnia 2008 r. w sprawie klasyfikacji, oznakowania i pakowania substancji i mieszanin, zmieniające i uchylające dyrektywy 67/548/EWG i 1999/45/WE oraz zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1907/2006 (Dz.U. L 353 z 31.12.2008 z późn. zm.) ftalany DEHP, DBP, BBP i DiBP zostały zaklasyfikowane jako substancje, które mogą działać szkodliwie na płodność oraz dziecko w łonie matki (szkodliwe działanie na rozrodczość, kategoria 1B).

Europejska Agencja Chemikaliów (ang. European Chemicals Agency – ECHA) w kartach informacyjnych substancji zamieściła dane, obejmujące następujące właściwości budzące obawę, dla poszczególnych ftalanów:

- zaburzenie funkcjonowania układu hormonalnego: BBP, DBP, DiBP, DEHP;
- działanie szkodliwe na rozrodczość: BBP, DBP, DiBP, DnHP, DEHP;
- trwałość, wykazywanie zdolności do bioakumulacji i toksyczność (w trakcie oceny/występowanie danych potwierdzających ww. właściwości): DBP, DiBP.

US EPA zakwalifikowała DEHP jako prawdopodobny czynnik rakotwórczy, a BBP, jako substancję o możliwym działaniu rakotwórczym na człowieka oraz wymieniła powyższe ftalany, jako substancje niebezpieczne, zanieczyszczające powietrze. Poniżej w Tabeli 5 zestawiono zbiór informacji dotyczących właściwości oraz potencjalnego wpływu ftalanów na zdrowie człowieka.

Tabela 5. Potencjalny wpływ poszczególnych estrów kwasu ftalowego na zdrowie człowieka (na podstawie Dz.U. L 353 z 31.12.2008 z późn. zm., US EPA, ECHA, [134])

WPLYW NA ZDROWIE/WŁAŚCIWOŚCI		FTALAN							
		DMP	DEP	DiBP	DBP	BBP	DEHP	DnOP	DnHP
potencjalnie negatywny wpływ na układy narządów człowieka	układ nerwowy								
	układ oddechowy								
	układ pokarmowy								
	układ endokryny								
	układ rozrodczy								
	układ immunologiczny								
potencjalnie negatywny wpływ na człowieka	zaburzenia rozwojowe (fazy rozwojowe)								
właściwości	trwałość								
	zdolność do bioakumulacji								
	kancerogenność								



Na podstawie przygotowanego wykazu można zauważyć, iż ftalan DBP, powszechnie stosowany w życiu codziennym i mający duży udział w całkowitej zawartości ftalanów w powietrzu wewnętrznym, może odznaczać się najbardziej negatywnym działaniem na zdrowie człowieka względem pozostałych związków z tej grupy.

W literaturze najczęściej opisywany jest wpływ estrów kwasu ftalowego na układ hormonalny, rozrodczy oraz rozwój organizmu człowieka. Substancje w głównej mierze rozpatrywane są pod kątem zaburzenia funkcjonowania układu hormonalnego. Ftalany mogą oddziaływać na układ endokryny człowieka według różnych mechanizmów. Jednym z nich jest naśladowanie działania naturalnie występujących hormonów, takich jak np. estrogeny i androgeny, wywoływanie ich nadmiernej stymulacji, czy też wiązanie się z receptorem i blokowanie wiązania endogennego hormonu. W efekcie dochodzić może do zakłócenia syntezy, wydzielania, transportu, wydalania i metabolizmu hormonów w organizmie [105].

Badania biomonitoringowe u mężczyzn wskazują, że ekspozycja na ftalany pogarsza jakość nasienia i obniża poziom hormonów płciowych, powodując problemy z płodnością w wieku rozrodczym [140, 141]. Negatywne skutki zdrowotne skorelowane z występowaniem narażenia na związki z tej grupy u kobiet to: endometrioza, mięśniaki gładkokomórkowe, nowotwór piersi, a także cukrzyca typu 2 [136, 142-144].

Jednakże związki w formie pierwotnej oraz ich metabolity glukuronidowane uważane są za nietoksyczne, natomiast ftalany w postaci wolnych monoestrów przyczyniają się do zaburzenia gospodarki hormonalnej [145]. Badania literaturowe wskazują również, iż monoftalany wykazują się większą aktywnością cytotoksyczną, a także genotoksyczną, niż ich związki macierzyste [146, 147].

Pomimo występowania zaawansowanych badań toksykologicznych i licznych danych epidemiologicznych opisanych w literaturze, które wskazują na niekorzystne skutki zdrowotne wynikające z narażenia na ftalany, ich mechanizm działania na układ hormonalny człowieka nie jest w pełni poznany. Wiadomo natomiast, iż związki z tej grupy, nawet w bardzo małych dawkach, mogą zakłócać homeostazę układu hormonalnego. Badania *in vitro* oraz *in vivo* koncentrują się wyłącznie na działaniu pojedynczej substancji, podczas gdy obserwowane skutki zdrowotne są zwykle wynikiem łącznego działania tych substancji [146].

Ftalany przedostają się do organizmu człowieka głównie drogą pokarmową i poprzez układ oddechowy, w związku z powyższym ograniczenie występowania tych związków w powietrzu może wpłynąć na ich mniejszą zawartość w organizmie człowieka i w efekcie zredukować ilość monoestrów kwasu ftalowego [127, 145].

## CEL I ZAKRES PRACY

**Głównym celem pracy** była ocena środowiska pracy pielęgniarki pod kątem występowania czynników chemicznych w powietrzu wewnętrznym.

**Obszar badawczy:** jednostki ochrony zdrowia, stanowiące miejsce pracy pielęgniarek (z uwzględnieniem jednostek onkologicznych) w obszarze Trójmiasta.

**Hipoteza badawcza:** Substancje chemiczne obecne w powietrzu wewnętrznym na stanowisku pracy pielęgniarki mogą potencjalnie negatywnie wpływać na stan ich zdrowia oraz samopoczucie. Poziom narażenia pielęgniarek na te substancje uzależniony jest od jednostki, w której pracują.

W tym kontekście postawiono następujące pytania badawcze:

- Na jakie czynniki chemiczne, zawarte w powietrzu wewnętrznym, narażone są pielęgniarki w środowisku ich pracy?
- Czy zidentyfikowane czynniki chemiczne, mogą potencjalnie negatywnie wpływać na ich zdrowie?
- Czy występują zależności pomiędzy czynnikami chemicznymi zawartymi w powietrzu na stanowisku pracy, a samopoczuciem pielęgniarki?
- Czy istnieją różnice w narażeniu na czynniki chemiczne oddziałujące na pielęgniarki w jednostkach onkologicznych i nieonkologicznych?
- W jaki sposób różnią się zidentyfikowane parametry powietrza wewnętrznego w szpitalach oraz w jednostkach podstawowej opieki zdrowotnej (POZ)?

Cel pracy został zrealizowany poprzez wykonanie następujących zadań:

- identyfikacja oraz oszacowanie zawartości lotnych związków organicznych (LZO) występujących w próbkach powietrza wewnętrznego, pyłu zawieszonego oraz kurzu;
- analiza jakościowa i ilościowa ftalanów w próbkach powietrza wewnętrznego;
- identyfikacja wybranych cytostatyków w próbach moczu pielęgniarek;
- badanie toksyczności ostrej moczu pielęgniarek wobec bakterii *Vibrio fischeri*;
- badania kwestionariuszowe;
- analiza statystyczna wyników.

## 2 Część doświadczalna

### 2.1 Aparatura i odczynniki

2.1.1 Oznaczanie LZO w próbkach powietrza, pyłu zawieszonego i kurzu oraz ftalanów w próbkach powietrza

#### 2.1.1.1 Odczynniki i substancje wzorcowe

Wykaz zastosowanych substancji wzorcowych oraz odczynników wraz z ich akronimem lub skrót, stopniem czystości oraz producentem przedstawiono w Tabeli 6.

Tabela 6. Spis odczynników i substancji wzorcowych wykorzystanych w trakcie oznaczeń LZO i ftalanów

NAZWA SUBSTANCJI	AKRONIM/ SKRÓT	CZYSTOŚĆ	PRODUCENT
<i>oznaczanie ftalanów</i>			
ftalan dimetylu	DMP	≥99%	Sigma-Aldrich, Niemcy
ftalan dimetylu-3,4,5,6-d <sub>4</sub>	DMP-d <sub>4</sub>	98%	
ftalan dietylu	DEP	≥99%	
ftalan diizobutyłu	DiBP	99%	
ftalan dibutyłu	DBP	99%	
ftalan di-n-heksyłu	DnHP	≥98 %	
ftalan benzylu butyłu	BBP	≥99%	
ftalan di(2-etyloheksyłu)	DEHP	≥99%	
ftalan di(2-etyloheksyłu)- -3,4,5,6-d <sub>4</sub>	DEHP-d	98%	
ftalan di-n-oktyłu	DnOP	≥98%	
ftalan diizodecyłu	DiDP	≥99%	
ftalan diizononyłu	DiNP	≥99%	
<i>oznaczanie LZO w pyłe zawieszonym i kurzu</i>			
filtry z włókien szklanych GF/A, Ø 25 mm	-	-	GE Healthcare, USA
aceton	-	99,8%	Suprasolv, Dania
bezwodny siarczan magnezu	-	98%	POCH S.A., Polska
<i>oznaczanie LZO w powietrzu, pyłe zawieszonym i kurzu</i>			
4-bromofluorobenzen	4-BrFB	99,8%	Dr. Ehrenstorfer GmbH, Niemcy
<i>oznaczanie ftalanów w powietrzu oraz oznaczanie LZO w powietrzu, pyłe zawieszonym i kurzu</i>			
silanizowana wata szklana	-	-	Sigma-Aldrich, Niemcy
metanol	MeOH	99,8%	
hel	-	99,99997%	Air Products, USA

#### 2.1.1.2 Sprzęt laboratoryjny

W Tabeli 7 zestawiono wykaz zastosowanych sprzętów laboratoryjnych wykorzystanych do oznaczanie lotnych związków organicznych oraz ftalanów w wybranych matrycach.

## CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

Tabela 7. Wykaz sprzętów laboratoryjnych zastosowanych w badaniach LZO i ftalanów

NAZWA SPRZĘTU LABORATORYJNEGO	CHARAKTERYSTYKA	PRODUCENT
<i>oznaczanie ftalanów i LZO w powietrzu</i>		
rurki sorpcyjne	komercyjne rurki szklane o długości 90 mm i Ø 6,35 mm, wypełnione 200 mg Tenax (polimeru tlenku 2,6-difenylo-p-fenyleny, o rozmiarze cząstek 180-300 µm)	Shimadzu, Japonia
aspirator ASP-3 II	automatyczny, dwukanałowy	Lab Sp. z o. o, Polska
termohigrometr Greisinger GMH 3330	automatyczny	GHM GROUP, Niemcy
czujnik temperatury i wilgotności Greisinger 601700 TFS 0100 E	-	GHM GROUP, Niemcy
<i>oznaczanie LZO w pyłe zawieszonym, kurzu</i>		
puste rurki	rurki szklane o długości 90 mm i Ø 6,35 mm	Shimadzu, Japonia
suszarka laboratoryjna	z konwekcją wymuszoną	Binder, Niemcy
eksykator	-	-
cyklon, separator pyłów	-	SKC, UK
waga Adventurer Pro Analytica AV 264CM	analityczna, elektroniczna	Ohaus, USA
pęsety	-	-
butelki	szklane o objętości 1 l	-
szkiełko zegarkowe	-	-
<i>oznaczanie ftalanów i LZO w powietrzu, pyłe zawieszonym, kurzu</i>		
mikrostrzykawki	szklane o objętości 1-500 µl	Hamilton, USA
łaznia ultradźwiękowa IS-5,5	-	Intersonic, Polska
fiolki	szklane o objętości 1,5 ml	Agilent, USA

### 2.1.1.3 Aparatura

W badaniu wykorzystano chromatograf gazowy GC-2010+ (Shimadzu, Japonia) sprzężony z termicznym desorberem TD-20 (Shimadzu, Japonia) i detektorem masowym MS-QP2010 Ultra (Shimadzu, Japonia) [TD-GC/MS]. Ftalany w powietrzu oznaczano w trybie monitorowania wybranych jonów (SIM), natomiast LZO w próbkach powietrza, pyłe zawieszonym i kurzu analizowano w trybie SCAN.

### 2.1.2 Identyfikacja wybranych cytostatyków w próbach moczu oraz badanie toksyczności próbek moczu wobec bakterii *Vibrio fischeri*

#### 2.1.2.1 Odczynniki i substancje wzorcowe

W Tabeli 8 zestawiono substancje wykorzystane przy identyfikacji wybranych cytostatyków w moczu oraz do przeprowadzenia oceny toksyczności moczu. W badaniu z wykorzystaniem bakterii *Vibrio fischeri* zastosowano komercyjnie dostępny test toksyczności ostrej *Microtox*<sup>®</sup> *Acute Toxicity Test* (Strategic Diagnostics Inc., USA). Natomiast w analizie na obecność leków przeciwnowotworowych użyto substancje stosowane u pacjentów

## CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

poddanych leczeniu chemioterapeutycznemu. Wykorzystano leki cytostatyczne, sporządzone w Aptece Szpitalnej Uniwersyteckiego Centrum Klinicznego (UCK), Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego (GUMed), które pozostały po podaniu pacjentom w workach infuzyjnych.

Tabela 8. Wykaz odczynników i substancji wzorcowych wykorzystanych do identyfikacji cytostatyków oraz do oceny toksyczności moczu w bioteście Microtox®

NAZWA	ZASTOSOWANIE	SKŁAD/CZYSTOŚĆ	PRODUCENT
<b>badanie toksyczności próbek moczu wobec bakterii <i>Vibrio fischeri</i></b>			
<i>Microtox</i> ® Acute Reagent	liofilizowane szczepy bakterii bioluminescencyjnych	bakterie <i>Vibrio fischeri</i>	Strategic Diagnostics Inc., USA
<i>Microtox</i> ® Reconstitution Solution	roztwór regeneracyjny do rehydratacji bakterii	-	
<i>Microtox</i> ® Diluent	roztwór do wykonywania kolejnych rozcieńczeń analizowanej próbki	2% roztwór NaCl	
<i>Microtox</i> ® Osmotic Adjusting Solution	roztwór zapewniający bakteriom optymalne ciśnienie osmotyczne	22% roztwór NaCl	
siedmiowodny siarczan cynku	ocena jakości bakterii <i>Vibrio fischeri</i>	98%	Stanlab, Polska
kwas solny	korygowanie pH próbki	35-38%	POCH, Polska
<b>identyfikacja wybranych cytostatyków w próbach moczu</b>			
woda	faza ruchoma	≥99,9%	Sigma-Aldrich, Niemcy
metanol	faza ruchoma	≥99,9%	
octan amonu	modyfikator fazy ruchomej	≥99%	
dichlorometan	rozpuszczalnik do ekstrakcji cytostatyków	≥99,9%	
octan etylu	rozpuszczalnik do ekstrakcji cytostatyków z moczu	>99,8%	
azot	gaz suszący/gaz do odparowywania próbki	≥99,9995%	generator azotu
powietrze	gaz grzewczy	≥99,9995%	generator powietrza
argon	gaz rozpylający	99,99999%	Linde, Polska
cytarabina	substancje wzorcowe	-	Apteka Szpitalna UCK, GUMed
daunorubicyna			
winkrystyna			
kladrybina			
dakarbazyna			
etopozyd			
bendamustyna			
winblastyna			
cyklofosfamid			
tamoksyfen			
metotreksat			

### 2.1.2.2 Sprzęt laboratoryjny

Podczas oceny toksyczności ostrej w teście Microtox® oraz do identyfikacji cytostatyków w próbkach moczu wykorzystano następujący sprzęt laboratoryjny zestawiony w Tabeli 9.

CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

Tabela 9. Sprzęt laboratoryjny wykorzystany do wykonania testu Microtox® i analizy cytostatyków

NAZWA SPRZĘTU LABORATORYJNEGO	CHARAKTERYSTYKA	PRODUCENT
<i>badanie toksyczności próbek moczu wobec bakterii Vibrio fischeri</i>		
Disposable Glass Cuvettes	szklane kuwety do analizatora Microtox®	Strategic Diagnostics Inc., USA
<i>identyfikacja wybranych cytostatyków w próbach moczu</i>		
butelki	szklane o pojemności 10, 100, 1000, 20000 ml	-
generator azotu Genius NM32LA	wytwornica azotu	Peak Scientific, UK
generator powietrza	wytwornica powietrza	
łaźnia ultradźwiękowa IS-5,5 firmy	-	Intersonic, Polska
fiolki	szklane o objętości 1,5 ml	Agilent, USA
strzykawki	szklane o objętości 10, 100, 500 ul	Hamilton, USA
rozdzielacze	szklane, gruszkowe o objętości 500 ml, z teflonowym kranem	-
koncentrator próbek	zestaw do odparowywania ekstraktów rozpuszczalnikowych w strumieniu gazu obojętnego	Dan LAB©, Polska
<i>badanie toksyczności próbek moczu wobec bakterii Vibrio fischeri i identyfikacja wybranych cytostatyków w próbach moczu</i>		
moczówki	pojemniki plastikowe o pojemności 100 ml	-
zlewki	szklane o pojemności 100-500 ml	-
pH-metr HI 208-02	elektroda pH HI 1291D	Hanna Instruments, Rumunia
pipety Transferpette®	automatyczne o objętości 10-5000 µl	Brand, Niemcy
tipsy	sterylne końcówki do pipet	-
waga Adventurer Pro Analytica AV 264CM	analityczna, elektroniczna	Ohaus, USA

### 2.1.2.3 Aparatura

Do pomiaru toksyczności ostrej moczu w teście Microtox® wykorzystano analizator *Microtox® Model 500* (Strategic Diagnostics Inc., USA). Laboratoryjny fotometr pełnił funkcje analizatora, jak również inkubatora. Pomiar wykonywany był przy długości fali 490 nm.

Identyfikację wybranych cytostatyków w próbach moczu przeprowadzono za pomocą chromatografu cieczowego sprzężonego z podwójnym detektorem masowym (LC-MS/MS) [Shimadzu, Japonia]. W skład zestawu wchodził: automatyczny podajnik próbki (SIL30-AC), pompa (DGU-20A), mikser fazy ruchomej (LC30-AD), moduł komunikacyjny (CBM-20A), termostatowany piec (CTO-20AC) oraz detektor z potrójnym kwadrupolem (LC-MS 8050) z metodą jonizacji cząstek ESI (Electrospray Ionization – jonizacja przez elektrorozpylanie). Pomiar wykonywano w trybie (SIM) monitorowania wybranych jonów (analizowano jony dodatnie).

## 2.2 Badanie kwestionariuszowe

Badanie kwestionariuszowe miało charakter jednorazowy oraz anonimowy (osoba biorąca udział w badaniu otrzymywała kod w celu ochrony danych osobowych, uniemożliwiający w dalszym etapie weryfikację). Respondenci mogli w razie potrzeby korzystać z konsultacji i wyjaśnień ankietującego, aby zmniejszyć liczbę błędów (zastosowano tzw. ankiety nadzorowane). W badaniu wykorzystano trzy kwestionariusze ankietowe oceniające cechy indywidualne respondentów. Formularze opracowane na potrzeby niniejszej rozprawy konsultowane były z dr hab. Emilią Sitek, specjalistą psychologii klinicznej i neuropsychologii z Zakładu Pielęgniarstwa Neurologiczno – Psychiatrycznego, GUMed.

Ankiety służyły do:

- oceny ankietowanego pod kątem samopoczucia po przebudzeniu w dni robocze,
- oceny ankietowanego pod kątem samopoczucia po przebudzeniu w dni wolne od pracy,
- uzyskania danych osobowych oraz informacji dotyczących ogólnego stanu zdrowia fizycznego i samopoczucia ankietowanego.

Kwestionariusz 1 – samopoczucie po przebudzeniu w dni robocze (wzór kwestionariusza znajduje się w Załączniku 1)

Kwestionariusz 2 – samopoczucie po przebudzeniu w dni wolne od pracy (Załącznik 2)

Kwestionariusze ankietowe 1 i 2 zawierały 12 pytań zamkniętych odnoszących się do samopoczucia ankietowanego w przeciągu ostatnich 30 dni. Osoby objęte badaniem używały dwubiegunowej, interwałowej, 7 stopniowej skali Likerta w celu wskazania, w jakim stopniu zgadzają się z poszczególnymi dwunastoma twierdzeniami dotyczącymi ich stanu fizycznego, w odniesieniu do dni roboczych (kwestionariusz 1) oraz dni wolnych od pracy (kwestionariusz 2). Wszystkie uzyskane przez ankietowanego punkty (minimalna ilość punktów możliwa do zdobycia wynosiła 12, a maksymalna 84) były sumowane i wprowadzane do arkusza kalkulacyjnego Excel. Na potrzeby badania wprowadzono również trzystopniową skalę przyporządkowaną do sumy uzyskanych punktów, która odpowiadała 3 stopniom samopoczucia (samopoczucie dobre – zakres punktacji od 12 do 36, średnie – od 37 do 60, złe – od 61 do 84).

W czterech pytaniach wprowadzono transpozycję (twierdzenie przeciwstawne), z odwróconą punktacją w celu sprawdzenia, czy osoba badana odpowiadała w logicznie podobny sposób na pytania przeciwstawne oraz by nie odpowiadała tendencyjnie, sugerując

się wcześniejszymi odpowiedziami i zakresem punktacji. Respondent otrzymywał tym wyższą liczbę punktów im deklarował większe problemy ze wstawaniem, przebudzaniem się oraz ogólnym samopoczuciem. Na dalszym etapie wprowadzania danych liczba punktów w pytaniach przeciwstawnych była zastępowana w sposób dwubiegunowy.

### Kwestionariusz 3 – kwestionariusz osobowy (Załącznik 3)

Kwestionariusz osobowy 3 zawierał 34 pytania: otwarte, półotwarte, zamknięte oraz warunkowe. Osoba objęta badaniem udzielała informacji na temat:

- a) danych metrycznych (płeć, wiek, data urodzenia),
- b) pracy (rodzaj wykonywanej pracy, nazwa miejsca pracy, liczba lat pracy, nazwa poprzedniego miejsca pracy, wymiar czasu pracy, rodzaj pracy, występowanie czynników szkodliwych),
- c) stanu zdrowia (występowanie chorób przewlekłych i chorób nerek; przebyta antybiotykoterapia; przyjmowanie leków nasennych/wydawanych na receptę oraz suplementów diety; masa ciała; wzrost),
- d) przebudzania się i snu,
- e) samopoczucia,
- f) stosowania używek,
- g) aktywności fizycznej.

Wyniki kwestionariuszy wprowadzono do arkusza kalkulacyjnego Excel. W 17 przypadkach przypisano kategoriom odpowiedzi wartości punktowe w zakresie od 0 do 1 (np. w odpowiedzi na pytanie o stosowanie leków nasennych: 0 – odnosi się do odpowiedzi negatywnej, a 1 – oznacza pozytywną odpowiedź na pytanie) i od 0 do 3 (np. w pytaniu o samopoczucie: 0 – wskazuje na złe/obniżone samopoczucie, 1 – średnie/różne, 2 – dobre/bardzo dobre).

## **2.3 Analiza statystyczna**

Obliczenia wykonywano z wykorzystaniem arkusza kalkulacyjnego, w którym możliwe było zastosowanie statystyki opisowej oraz matematycznej. Wyniki przedstawiono za pomocą charakterystyk położenia (średnia arytmetyczna, mediana, wartość minimalna i maksymalna) oraz rozproszenia (odchylenie standardowe). Charakterystykę badanej populacji oraz częstość występowania danych substancji przedstawiono jako wartości procentowe. Wyniki zaprezentowano również w postaci graficznej z wykorzystaniem odpowiednich wykresów i histogramów.



Podczas analizy statycznej uzyskanych wyników badań oraz ich interpretacji skorzystano z wieloletniego doświadczenia dr hab. Piotra Oskara Czechowskiego, prof. Uniwersytetu Morskiego w Gdyni, Dyrektora Departamentu Metod Ilościowych i Informatyki, Instytutu Badań Społecznych.

Wyniki badań:

- oszacowanych poziomów zawartości LZO w powietrzu wewnętrznym, pyłe zawieszonym oraz kurzu;
- stężeń poszczególnych ftalanów w powietrzu wewnętrznym;
- zawartości (masy) kurzu i pyłu zawieszonego;
- toksyczności ostrej, 1/ln toksyczności i pH moczu;
- kwestionariuszy ankiet 1, 2 i 3;

były poddawane analizie statystycznej. Obliczenia wykonywano za pomocą pakietu statystycznego StatSoft. Inc. (2014) STATISTICA (data analysis software system) wersja 12.0. W pracy zastosowano różne metody analizy statystycznej. Do obliczenia zależności oraz różnic skorzystano z technik, które zależały od charakteru zmiennych oraz od postawionych pytań badawczych związanych z celem pracy. W przeprowadzonej analizie statystycznej wyników zastosowano:

- GRM (modele regresji);
- PCA (analizę głównych składowych);
- ANOVA (jednoczynnikową analizę wariancji);
- ANOVA K – W (analizę wariancji Kruskala Walisa);
- testy Levene'a oraz Browna Forsyth'a (testy założeń jednorodności wariancji w ANOVA)
- MANOVA (wielowymiarową analizę wariancji);
- regresję liniową MNK (metodą najmniejszych kwadratów);
- CA (modele analizy korespondencji);
- analizę kontyngencji;
- analizę skupień.

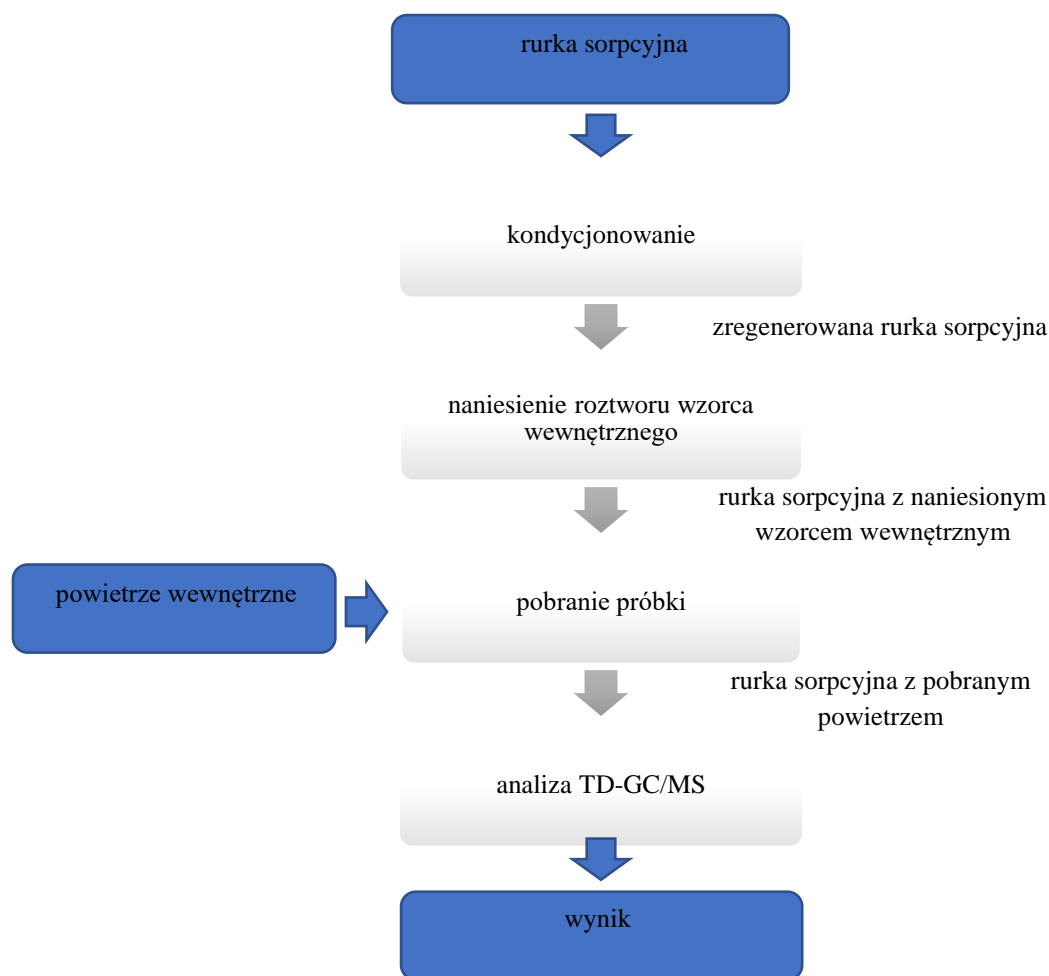
Zastosowanie aspektu modelowego było jedynie elementem uzupełniającym pracę o mechanizmy pozwalające uogólnić wnioski wynikające z badania.

## 2.4 Procedury analityczne

### 2.4.1 Oznaczanie LZO oraz ftalanów w próbkach powietrza

#### 2.4.1.1 Procedura pobierania i przygotowania próbek do analizy

Procedura pobierania oraz przygotowania próbek do analizy na zawartość LZO oraz ftalanów została przedstawiona na poniższym schemacie (Rysunek 5).



Rys. 5. Schemat pobierania oraz przygotowania próbek do analizy LZO i ftalanów (w szarych komórkach zaznaczono poszczególne etapy procesu)

W modelu badawczym do pobierania próbek powietrza wewnętrznego i zewnętrznego zastosowano komercyjnie dostępne, szklane rurki sorpcyjne, wypełnione 200 mg stałego, porowatego złoża Tenax® TA (polimer tlenku 2,6-difenylo-p-fenyleny). Wybór sorbentu uzależniony był od jego właściwości oraz dostępności. Jest to materiał o niskim wskaźniku szybkości płynięcia, charakteryzujący się niewielką zawartością zanieczyszczeń (artefaktów). Sorbent jest stabilny do temperatury 280°C, jego maksymalna temperatura desorpcji wynosi

350°C, a zalecana przez producenta to 320°C. Złoże jest obojętne dla oznaczanych związków, w związku z czym umożliwia sorpcję niestabilnych substancji. Po wykonaniu 100 cykli czyszczących rurki nie były powtórnie wykorzystywane.

### Desorpcja termiczna

Rurki sorpcyjne były każdorazowo oczyszczane termicznie, bezpośrednio przed pobraniem powietrza wewnętrznego i zewnętrznego. Proces ten prowadzono z wykorzystaniem termicznego desorbera. Desorpcja termiczna zachodziła w atmosferze helu przepływającego przez sorbent z prędkością przepływu 85 ml/min w ciągu 15 min w 320°C.

Przed naniesieniem roztworów wzorcowych sorbenty kondycjonowano dwukrotnie w celu usunięcia wcześniej zaadsorbowanych związków organicznych. Podczas desorpcji uwzględniano położenie rurki, tak aby proces prowadzić zawsze w tym samym kierunku. Po oczyszczeniu złoża, rurki natychmiast uszczelniono zaślepkami i przechowywano w szklanym naczyniu, którego nie otwierano do momentu pobrania próbek.

### Naniesienie roztworu wzorca wewnętrznego

Roztwory wzorcowe za każdym razem dozowano do czystej rurki w ten sam sposób. Proces ten prowadzony był w specjalnie przygotowanym do tego typu analiz laboratorium lotnych związków organicznych w Zakładzie Toksykologii Środowiska, GUMed. W pomieszczeniu LZO nie znajdowały się okna, szlaki komunikacyjne oraz wyeliminowano do minimum materiały wyposażeniowe (zamontowano metalowe szafki, blaty) i wykończeniowe (zastosowano glazurę, farby niskoemisyjne). Roztwory wzorcowe wprowadzano każdorazowo na złoże stosując igłę strzykawki analitycznej, którą zanurzano około 1 cm w głąb złoża sorbentu. Na oczyszczone rurki наносzono 2 µl roztworu wzorcowego. Podczas oznaczeń lotnych związków organicznych dodawano metanolowy roztwór 4-bromofluorobenzenu o stężeniu 24,05 ng/µl. Natomiast do analizy ftalanów wykorzystywano metanolowy roztwór wzorcowy, w którego skład wchodził DMP-d<sub>4</sub> (stężenie 6 ng/µl) i DEHP-d<sub>4</sub> (c=6 ng/µl). Podczas wprowadzania roztworu wzorca uwzględniano położenie rurki. Następnie przez rurkę przepuszczono 160 ml helu z prędkością przepływu 85 ml/min, w celu usunięcia metanolu.

### Pobranie próbki

Próbki powietrza wewnętrznego i zewnętrznego pobierano aktywnie za pomocą automatycznego dwukanałowego aspiratora z prędkością przepływu 20 l/h przez czas 1 godziny. Urządzenie ustawiano w odległości ok. 1,5 m nad podłogą. Równolegle prowadzono pomiary wilgotności, temperatury i ciśnienia za pomocą termohigrometru wyposażonego



Rys. 6. Sposób pobierania próbek powietrza wewnętrznego na rurki sorpcyjne przy użyciu aspiratora automatycznego

w czujnik temperatury i wilgotności. Rysunek 6 przedstawia sposób pobierania materiału do badań.

Powietrze wewnętrzne i zewnętrzne pobierano na rurkę sorpcyjną, z wykorzystaniem polimerowych węży o długości ok. 10 cm, w tym samym kierunku, w którym zachodziła desorpcja termiczna oraz nanoszenie roztworu wzorca wewnętrznego. Rurki sorpcyjne bezpośrednio po pobraniu materiału do badań były umieszczane w szczelnym, zamykanym, szklanym naczyniu oraz przewożone do laboratorium i analizowane w tym samym dniu.

#### Analiza TD-GC/MS

Rurki sorpcyjne analizowano z wykorzystaniem termicznego desorbera sprzężonego z chromatografem gazowym i detektorem mas (Rysunek 7). TD wyposażony był w automatyczny podajnik próbek (Rysunek 8). Rurki sorpcyjne z analizowanym materiałem umieszczano w desorberze w taki sposób, aby proces desorpcji zachodził w kierunku przeciwnym względem kierunku pobierania próbek oraz nanoszenia roztworu wzorca wewnętrznego.



Rys. 7. Układ TD-GC/MS



Rys. 8. Sposób umiejscowienia rurek sorpcyjnych w termicznym desorberze (TD)

### 2.4.1.2 Przygotowanie roztworów wzorcowych

#### Ftalany

Do oznaczeń ftalanów zastosowano roztwór wzorcowy składający się z mieszaniny 2 substancji deuterowych: ftalanu dimetylu-3,4,5,6-d<sub>4</sub> oraz ftalanu di(2-etyloheksylu)-3,4,5,6-d<sub>4</sub>; których stężenie w roztworze standardowym wynosiło 6 ng/μl. Roztwór wzorcowy przygotowano metodą kolejnych rozcieńczeń w metanolu, z roztworów podstawowych o stężeniu 50 mg/ml. Stężenie substancji deuterowych dobrano w sposób eksperymentalny.

Kalibrację układu TD-GC/MS przeprowadzono przez zastosowanie techniki kalibracji zewnętrznej (metody krzywej kalibracyjnej). Kalibrację wykonano w oparciu o przygotowanie roztworów wzorcowych analizowanych ftalanów: DMP, DEP, DiBP, DBP, DnHP, BBP, DEHP, DnOP, DiDP, DiNP. Roztwory podstawowe zostały przygotowane oddzielnie przez rozpuszczenie czystej substancji każdego z ftalanów w 1 ml metanolu. Roztwory kalibracyjne sporządzono metodą kolejnych rozcieńczeń w metanolu, tak aby odpowiadały stężeniu: 1; 2,5; 5; 25; 50; 100; 250; 500; 1000; 2500; 5000, 10000 ng/μl.

W trakcie przygotowania roztworów kalibracyjnych i roztworu wzorcowego wyeliminowano stosowanie materiałów polimerowych (rękawiczki, fiolki itp.) W celu wyeliminowania kontaminacji ftalanów z zastosowanych materiałów wykorzystano szklany sprzęt laboratoryjny. Roztwory przechowywano maksymalnie przez 30 dni w lodówce w 4°C, aby zapobiec ich degradacji do monoftalanów i kwasu ftalowego. Podczas przechowywania weryfikowano stężenia użytych roztworów techniką TD-GC/MS w celu potwierdzenia ich stabilności.

#### Lotne związki organiczne

Do oznaczeń lotnych związków organicznych zastosowano metodę wzorca wewnętrznego. Na rurki sorpcyjne wprowadzano roztwór 4-bromofluorobenzenu (4 – BFB) o stężeniu 24,05 ng/μl, który przygotowano w następujący sposób:

- metodą wagową przeniesiono wzorzec (czystą substancję) do fiolki o objętości 1,5 ml;
- 4-BrFB rozpuszczono w 2 ml metanolu (sporządzono roztwór podstawowy);
- metodą kolejnych rozcieńczeń przygotowano roztwór wzorcowy (c=24,05 ng/μl) w metanolu.

Roztwór przechowywano w lodówce w temperaturze 4°C oraz okresowo sprawdzano jego stabilność metodą TD-GC/MS.

Stężenie wzorca wewnętrznego zostało dobrane podczas badań pilotażowych w taki sposób, aby odpowiedź detektora dla wzorca wewnętrznego była jak najbardziej zbliżona

do odpowiedzi substancji oznaczanych w powietrzu wewnętrznym. Do wyznaczenia zawartości oznaczanych związków w próbce wykorzystano stosunek powierzchni piku analitu i wzorca wewnętrznego względem powierzchni substancji analizowanej.

#### **2.4.1.3 Pobieranie próbek**

W celu wyznaczenia warunków pobierania próbek powietrza wewnętrznego na rurki sorpcyjne porównano różne objętości pobranego medium. Proces pobierania przeprowadzono eksperymentalnie w zakresie od 1 do 100 l w połączeniu z prędkościami przepływu od 5 do 35 l/h. Po optymalizacji powyższych warunków, opracowano procedurę pobierania powietrza do oznaczeń LZO i ftalanów.

Urządzenie do pobierania ustawiano 1,5 m nad podłogą, gdzie aspirator pompował próbki powietrza przez przygotowane rurki sorbentu w czasie 1 godziny z objętościową prędkością przepływu 20 l/h (zmiennosc dla aspiratora wynosiła poniżej 1%). W pomieszczeniach punkt pobierania próbek wybierano w taki sposób, aby zminimalizować wpływ warunków zewnętrznych.

Badania prowadzono w dni robocze oraz w soboty we wczesnych godzinach porannych, między 4 a 8 rano. Podczas pobierania powietrza, okna i drzwi pozostawały zamknięte, a klimatyzacja wyłączona (jeżeli występowała). Temperatura, wilgotność i ciśnienie w wybranych pomieszczeniach była równolegle analizowana. Próbki pobierano jednego dnia w kilku pomieszczeniach, a w następnym dniu proces ten był powtarzany. W wyznaczonych jednostkach (klinikach) badania były dodatkowo prowadzone z uwzględnieniem dłuższego odstępu czasu. Pobieranie próbek powietrza do oznaczeń LZO i ftalanów było wykonywane równolegle dzięki zastosowaniu dwukanałowości aspiratora (dotyczy to zarówno powietrza wewnętrznego, jak i zewnętrznego).

#### **2.4.1.4 Analiza TD-GC/MS**

Na potrzeby pracy doktorskiej opracowano i wykonano walidację metody oznaczania ftalanów i lotnych związków organicznych w powietrzu. Wykorzystano technikę opartą na desorpcji termicznej w połączeniu z chromatografią gazową i spektrometrią mas (TD-GC/MS). Warunki pracy układu TD-GC/MS przedstawiono poniżej w Tabeli 10.

CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

Tabela 10. Warunki pracy układu TD-G/MS w trakcie oznaczania ftalanów i LZO

	<i>oznaczanie ftalanów w powietrzu</i>	<i>oznaczanie LZO w powietrzu</i>
<b>TD</b>		
<b>czas dozowania próbki</b>	5 min	
<b>tryb dozowania</b>	Splitless (bez podziału strumienia)	
<b>gaz nośny</b>	Hel – 60 ml/min	
<b>temperatura desorpcji</b>	300°C (35°C/min)	
<b>temperatura linii transferowej</b>	300°C	
<b>temperatura zaworu</b>	250°C	
<b>temperatura interfejsu</b>	300°C	
<b>temperatura grzania/chłodzenia pułapki</b>	280°C (50°C/min)/4 °C	
<b>całkowity czas desorpcji</b>	15 min	
<b>GC/MS</b>		
<b>jonizacja</b>	EI (jonizacja elektronowa)	
<b>tryb rejestracji</b>	SIM	SCAN (zakres mas 30-450 m/z)
<b>tryb dozowania</b>	Splitless	
<b>gaz nośny (całkowity przepływ)</b>	Hel – 36,8 ml/min (85 kPa)	
<b>przepływ gazu nośnego</b>	1,53 ml/min	
<b>napięcie na detektorze</b>	0,9 kV	
<b>kolumna</b>	ZB-5MS (30m x 0,25 mm Ø, 0,25 µm grubość filmu, temp. maksymalna 325/350°C)	
<b>program temperaturowy</b>	40°C do 100°C (narost 8°C/min) 100°C do 260°C (narost 35°C/min) 260°C do 320°C (narost 15°C/min) 320°C przez 3 min	30°C przez 3 min 30°C do 150°C (narost 8°C/min) 150°C do 280°C (narost 15°C/min) 280°C przez 12 min
<b>temperatura interfejsu</b>	320°C	280°C
<b>temperatur źródła jonów</b>	190°C	
<b>dlugość programu temperaturowego</b>	19.07 min	40 min
<b>prędkość zbierania danych</b>	0.30 s	
<b>system integracji danych</b>	GC MS Postrun Analysis	
<b>biblioteka widm</b>	-	NIST11

Ftalan

Chromatogramy roztworów wzorcowych estrów kwasu ftalowego rejestrowano w trybie SCAN ( $m/z=50-400$ ), stosując przedstawione poniżej warunki pracy aparatu TD-GC/MS (Tabela 11). W efekcie przyporządkowano analizowanym roztworom wzorcowym ftalanów odpowiadające im czasy retencji (na podstawie ich widm masowych). Następnie wybrano najintensywniejsze jony analizowanych substancji i wprowadzono okna czasowe, w których identyfikowano tylko wybrane jony (w celu zwiększenia czułości metody).

Oznaczanie ftalanów w próbkach rzeczywistych było wykonywane w trybie SIM. Identyfikację przeprowadzano przez porównanie czasów retencji analizowanych substancji z roztworami wzorcowymi oraz ich charakterystycznymi jonami fragmentacyjnymi, zgodnie z wartościami przedstawionymi w Tabeli 11.

Tabela 11. Wykaz analizowanych ftalanów wraz z ich czasami retencji i jonami ilościowymi oraz potwierdzającymi (jakościowymi)

<b>FTALAN</b>	<b>CZAS RETENCJI [min]</b>	<b>JON ILOŚCIOWY [m/z]</b>	<b>JON POTWIERDZAJĄCY [m/z]</b>
<b>DMP</b>	11,18	163	133
<b>DMP-d</b>	11,17	167	137
<b>DEP</b>	11,79	149	177
<b>DiBP</b>	12,82	149	223
<b>DBP</b>	13,16	149	223
<b>DnHP</b>	14,60	149	251
<b>BBP</b>	14,71	149	206
<b>DEHP</b>	15,41	149	167
<b>DEHP-d</b>	15,41	153	171
<b>DnOP</b>	16,20	149	261
<b>DiDP</b>	16,62-17,86	141	307
<b>DiNP</b>	15,79-17,32	127	293

Analizę ilościową wykonywano w oparciu o metodę krzywej kalibracyjnej, porównując powierzchnię wybranych jonów ilościowych. Wykorzystywano zależność ilości analitu w roztworze wzorcowym w stosunku do powierzchni pików analitu i wzorca wewnętrznego (DMP-d<sub>4</sub> i DEHP-d<sub>4</sub>).

#### Lotne związki organiczne

LZO identyfikowano porównując widma masowe (wartości m/z jonów i ich intensywności) analizowanych substancji z widmami substancji wzorcowych, które znajdowały się w cyfrowej bibliotece widm sporządzonej przez NIST 11 (ang. National Institute of Standard and Technology), a także poprzez porównanie czasów retencji, które odpowiadały poszczególnym związkom. Zastosowano również teorię procesu fragmentacji, na podstawie której przewidywano drogi fragmentacji poszczególnych związków. W procesie identyfikacji istotne było także długoletnie doświadczenie analityczne prof. dr hab. Lidii Wolskiej z Zakładu Toksykologii Środowiska, GUMed. Analiza ilościowa polegająca na szacowaniu zawartości poszczególnych związków, została przeprowadzona poprzez porównanie powierzchni pików substancji analizowanych i wzorca wewnętrznego w trybie SCAN.

#### **2.4.1.5 Zapewnienie jakości pomiarów analitycznych**

W celu określenia powtarzalności metody oznaczania LZO i ftalanów dla próbek rzeczywistych wykonano 6 analiz w tych samych warunkach oraz pomieszczeniach. Przed wykonywaniem każdej z serii pomiarów wykonywano analizę próbek zerowych, które przechodziły taką samą procedurę jak analizowane próbki. Analizowano również czyste rurki sorpcyjne przed naniesieniem roztworu wzorcowego oraz tuż po desorpcji termicznej, w celu zapewnienia, że nie dochodzi do kontaminacji na żadnym z etapów przygotowania rurek



do analizy. Kontrolowano i zapewniano odtwarzalność wyników pomiarów jakościowych. Po każdym uruchomieniu oraz pracach związanych z konserwacją sprzętu oraz przed każdą serią pomiarów wykonywano tzw. tuning (przy m/z=69; 219; 502) oraz sprawdzano występowanie przecieków powietrza (przy m/z=18; 28; 32).

Wykonywano kalibrację systemu TD-GC/MS oraz określano wybrane parametry walidacji. Wyznaczono liniowość, powtarzalność, LOD i LOQ (Tabela 12). Parametry walidacyjne wyznaczono na podstawie obliczeń dla pięciu powtórzeń każdego stężenia wzorca. Krzywą kalibracyjną dla roztworów wzorcowych ftalanów (oznaczanie ftalanów) przygotowano z 12 punktów, a krzywą dla roztworu wzorca 4-BrFB (oznaczanie LZO) sporządzono z 6 punktów. Stężenia zostały dobierano w taki sposób, aby punkty były oddalone od siebie w sposób równomierny.

Tabela 12. Wybrane warunki walidacyjne dla roztworów wzorcowych

SUBSTANCJA	WSPÓLCZYNNIK KORELACJI LINIOWEJ-R	LOD [ng]	LOQ [ng]	POWTARZALNOŚĆ (WSPÓLCZYNNIK ZMIENNOŚCI (CV) DLA ROZTWORU KALIBRACYJNEGO [%])
<b>DMP</b>	0,997	0,54	1,61	1,14-3,47
<b>DEP</b>	0,998	0,39	1,17	2,85-5,32
<b>DiBP</b>	0,999	0,06	0,18	0,31-0,34
<b>DBP</b>	0,994	0,59	1,77	8,33-9,49
<b>DnHP</b>	0,996	0,50	1,50	3,36-6,57
<b>BBP</b>	0,999	0,21	0,62	0,91-3,85
<b>DEHP</b>	0,999	0,29	0,86	1,25-2,58
<b>DnOP</b>	0,999	0,21	0,64	1,02-5,86
<b>DiDP</b>	0,983	0,29	0,86	9,04-16,78
<b>DiNP</b>	0,993	0,33	0,99	3,70-6,31
<b>4-BrFB</b>	0,998	0,57	1,70	0,71-0,79

## 2.4.2 Oznaczanie LZO w próbkach pyłu zawieszonego oraz kurzu

### 2.4.2.1 Procedura pobierania i przygotowania próbek do analizy

Procedura pobierania oraz przygotowania próbek do analizy na zawartość lotnych związków organicznych w pyłe zawieszonym i kurzu była przeprowadzana zgodnie z następującymi punktami:

1. przygotowanie rurek z filtrami,
2. pobranie próbek,
3. naniesienie roztworu wzorca wewnętrznego,
4. analiza TD-GC/MS.

W badaniach wykorzystano puste rurki szklane oraz filtry z włókien szklanych GF/A, bez spoiwa o średnicy 25 mm. Materiał, z którego wykonano sączi jest szeroko stosowany w monitoringu powietrza, ze względu na wysoką odporność chemiczną oraz termiczną, a także dużą wytrzymałość (wytrzymałość na sucho 5,5 psi), niehigroskopijność i wysoką wydajność. Umożliwiają zatrzymywanie cząstek do 1,5  $\mu\text{m}$ . Posiadają dużą powierzchnię sorpcyjną, pomimo zastosowania niewielkiej grubości (260  $\mu\text{m}$ ) i gramatury (53  $\text{g}/\text{m}^2$ ). Filtry wykorzystane w badaniach były stosowane jednokrotnie w każdej analizie.

### Przygotowanie rurek z filtrami

Filtry przed zastosowaniem były ekstrahowane w 250 ml acetonu w czasie 24 h, w celu wyeliminowania zanieczyszczeń. Następnie usuwano rozpuszczalnik, a sączi wygrzewano w suszarce elektrycznej w temperaturze 160°C przez 8 h. Sączi przed umieszczeniem w szklanej rurce przechowywano w eksykatorze wypełnionym bezwodnym siarczanem magnezu. Filtry umieszczone w rurkach desorbowano termicznie w 320°C w atmosferze helu (przepływ 85 ml/min) w ciągu 15 minut. Czyste filtry po procesie desorpcji były ważone z zastosowaniem wagi analitycznej (bez uprzedniego wyciągania sącików z rurki, by ograniczyć ich kontaminację).

### Pobranie próbki

Filtry bezpośrednio przed pobraniem kurzu były wyciągane z rurek. Na sączi szklane w sposób manualny, z powierzchni ok. 1  $\text{m}^2$ , pobierano kurz. Pył zawieszony pobierano z wykorzystaniem separatora pyłów (cyklonu), który podłączony był do aspiratora automatycznego za pomocą polimerowego węża o długości 5 cm. Powietrze wewnętrzne pobierane było z prędkością przepływu 20 l/h przez 24 godziny (pobierano łącznie 480 l powietrza). Dokonano modyfikacji cyklonu, ponieważ w miejscu, w którym powinny być usuwane większe cząstki (pył o większej średnicy), zamontowano pustą rurkę szklaną z filtrem szklanych (Rysunek 9), za pomocą polimerowej złączki (Rysunek 10). Natomiast sącze, wykorzystywany do pobierania pyłu o mniejszej średnicy, umieszczany był wewnątrz cyklonu, gdzie następował podział pyłu na 2 frakcje (mniejsze cząstki zbierane były na powierzchni filtra, a większe trafiały do odpowiednio przygotowanej rurki z filtrem). Sączi z pobranym kurzem i pyłem o większej średnicy wkładano do rurek szklanych i przewożono w szklanym, szczelnie zamykanym naczyniu do laboratorium, gdzie w tym samym dniu wykonywano oznaczenia LZO.



Rys. 9. Rurka szklana z filtrem



Rys. 10. Sposób podłączenia cyklonu

#### Naniesienie roztworu wzorca wewnętrznego

Przed wykonaniem analizy chromatograficznej sączki ważono (bez wyciągania ich z rurek szklanych). Na filtry szklane, z pobraną próbką, znajdujące się w rurkach szklanych, nanoszono 2  $\mu\text{l}$  roztworu wzorcowego (4-BrFB) o stężeniu 24,05  $\text{ng}/\mu\text{l}$ , za pomocą igły strzykawkowej. Wzorzec wewnętrzny wprowadzano zawsze w ten sam sposób, bezpośrednio na zwinięty w rurce sączek.

#### Analiza TD/GC-MS

Analizę pobranych próbek wykonywano z wykorzystaniem techniki TD-GC/MS.

#### **2.4.2.2 Przygotowanie roztworu wzorcowego**

Oznaczenia próbek pyłu zawieszonego (o większej i mniejszej średnicy) oraz kurzu wykonywano z wykorzystaniem metody wzorca wewnętrznego. Do oznaczeń lotnych związków organicznych wykorzystano roztwór 4-bromofluorobenzenu o stężeniu 24,05  $\text{ng}/\mu\text{l}$ , który przygotowano w taki sam sposób jak roztwór wzorcowy do oznaczeń LZO w próbkach powietrza wewnętrznego (punkt 2.4.1.2). Stężenie wzorca wewnętrznego zostało dobrane eksperymentalnie, tak aby jego stężenie było jak najbardziej zbliżone do odpowiedzi substancji oznaczanych w wybranych matrycach.

#### **2.4.2.3 Pobieranie próbek**

Proces pobierania próbek był prowadzony dwukrotnie (dzień po dniu) w tym samym pomieszczeniu zabiegowym. Próbki pyłu zawieszonego i kurzu pozyskiwano z pomieszczeń zabiegowych wybranych jednostek/klinik bezpośrednio po pobraniu powietrza wewnętrznego.

### Pył zawieszony

Warunki pobierania próbek pyłu zawieszonego (o większej i mniejszej średnicy) wyznaczono eksperymentalnie. Aspirator automatyczny ustawiano na wysokości ok. 2,5 m nad powierzchnią podłogi. Urządzenie pobierało powietrze przez układ separatora pyłów w czasie 24 godzin, z szybkością przepływu wynoszącą 20 l/h. Separator pyłu, w wyniku ruchu powietrza, dzielił (w efekcie działania siły odśrodkowej) pył na dwie frakcje: pył o większych rozmiarach cząstek i pył o mniejszych rozmiarach cząstek. Podczas procesu separacji pyłów okna pozostawały zamknięte, a klimatyzacja wyłączona. Skuteczność zatrzymywania cząstek gwarantowana przez producenta wynosiła 98%.

### Kurz

Kurz pobierano w pomieszczeniach zabiegowych, bezpośrednio na szklany sącdek, w sposób manualny, z powierzchni płaskich (głównie z blatów roboczych oraz z miejsc, na których zaobserwowano nadmierne występowanie kurzu). Wybierano obszar ok. 1 m<sup>2</sup> i pobierano próbki ręką (w sposób manualny) zaopatrzoną w rękawiczkę nitylową, bezpudrową.

#### **2.4.2.4 Analiza TD-GC/MS**

Próbki pyłu zawieszonego i kurzu oznaczano techniką TD-GC/MS. Warunki pracy układu TD-GC/MS były takie same jak w przypadku analizy LZO w powietrzu wewnętrznym i zewnętrznym (Tabela 10 w punkcie 2.4.1.4).

Identyfikacja LZO była wykonywana w trybie SCAN przez porównanie widm masowych analizowanych substancji z widmami substancji wzorcowych występujących w bibliotece widm NIST 11. Porównywano również czasy retencji odpowiadające poszczególnym związkom. Analiza ilościowa polegała na szacowaniu zawartości poszczególnych związków w oparciu o porównanie powierzchni pików substancji analizowanych i wzorca wewnętrznego (metoda wzorca wewnętrznego) w trybie SCAN.

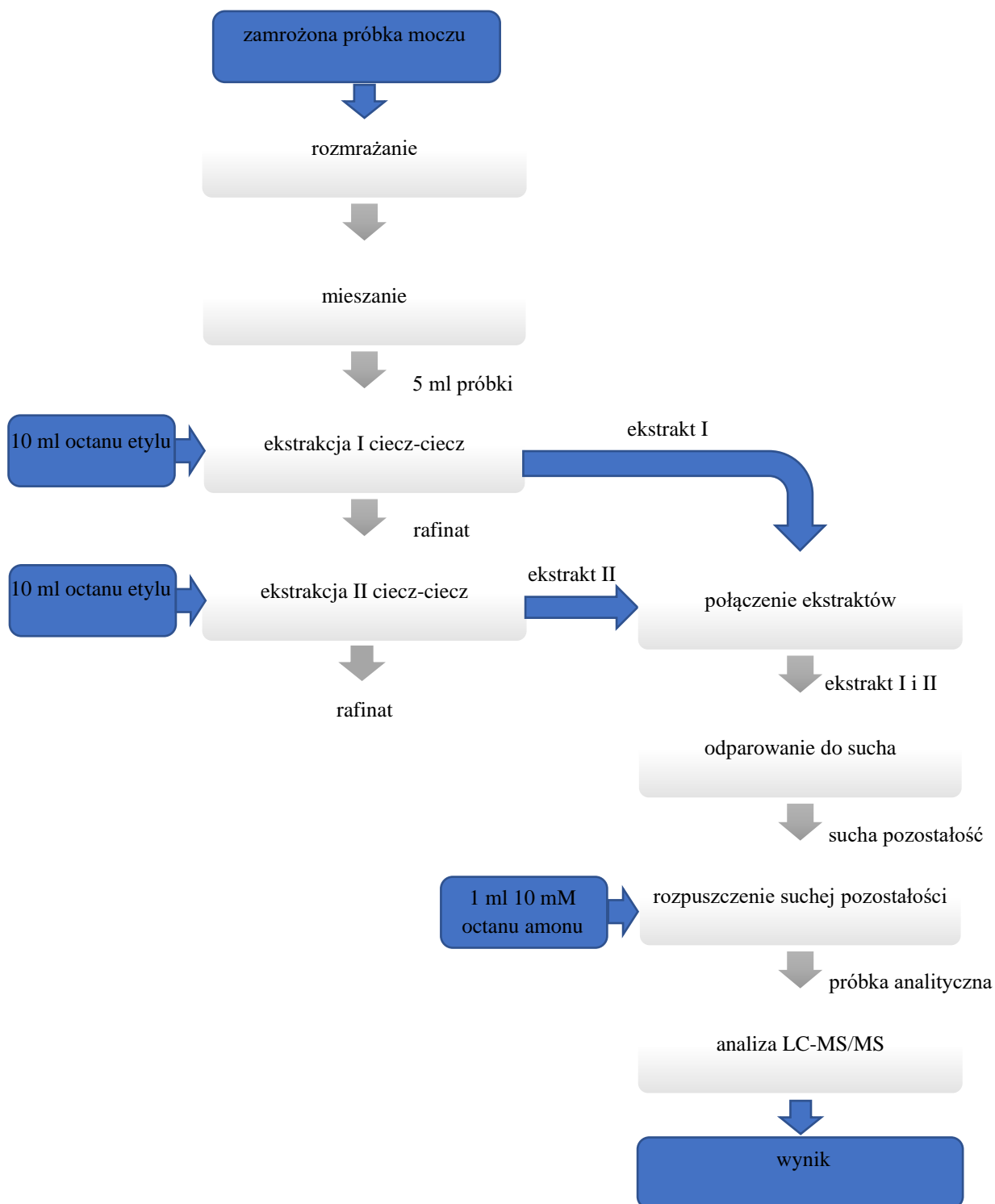
#### **2.4.2.5 Zapewnienie jakości pomiarów analitycznych**

Przed wykonywaniem oznaczania LZO w próbkach pyłu zawieszonego i kurzu wykonywano analizę próbek zerowych. Wykonywano również analizy czystych filtrów szklanych (po procesie ekstrakcji i suszenia) przed naniesieniem roztworu 4-BrFB i po desorpcji termicznej. Po każdym uruchomieniu oraz po konserwacji sprzętu wykonywano tuning i sprawdzano, czy nie występują przecieki powietrza.

2.4.3 Identyfikacja wybranych cytostatyków w próbkach moczu

2.4.3.1 Procedura przygotowania próbek do analizy

Procedura przygotowania próbek do analizy identyfikacyjnej wybranych cytostatyków w próbkach moczu została przedstawiona na poniższym schemacie (Rysunek 11).



Rys. 11. Schemat przygotowania próbek do analizy jakościowej wybranych cytostatyków w próbkach moczu

Zgodnie z informacjami zamieszczonymi na Rysunku 11, zamrożone próbki moczu odmrażano w temperaturze pokojowej. Następnie były one mieszane do momentu uzyskania jednorodnego roztworu. Pobierano 5 ml moczu i przeprowadzano ekstrakcję ciecz-ciecz z wykorzystaniem 10 ml octanu etylu. W rozdzielniku oddzielano rafinat od ekstraktu, po czym wykonano powtórny ekstrakcję ciecz-ciecz rafinatu z zastosowaniem 10 ml octanu etylu. Uzyskane ekstrakty z pierwszej i drugiej ekstrakcji łączono i odparowywano do sucha pod strumieniem azotu. Suchą pozostałość rozpuszczano w 1 ml 10 mM roztworu octanu amonu (całość umieszczano w szklanych fiolkach 1,5 ml) i poddawano sonifikacji w łaźni ultradźwiękowej przez 10 min. Próbkę analityczną analizowano z wykorzystaniem techniki łączonej LC-MS/MS. Każdą z próbek moczu dwukrotnie przygotowano do analizy jakościowej (zgodnie ze schematem na Rysunku 11) i wykonywano identyfikację wybranych cytostatyków.

### 2.4.3.2 Przygotowanie roztworów wzorcowych

Zastosowano metodę krzywej wzorcowej do wykonania kalibracji układu LC-MS/MS. W tym celu przygotowano roztwory wzorcowe analizowanych cytostatyków: cytarabiny, daunorubicyny, winkrystyny, kladrybiny, dakarbazyny, etopozydu, bendamustyny, winblastyny, cyklofosfamidu, tamoksifenu i metotreksatu. Wybór powyższych substancji do oznaczeń jakościowych wynikał z częstości ich stosowania w wybranych jednostkach onkologicznych, co umożliwiło uzyskanie tych substancji w formie, w jakiej podawane są pacjentom chemioterapeutycznym. Również kierowano się względami związanymi z łatwością dostępu do tych substancji.

Roztwory wzorcowe przygotowano oddzielnie przez wykonanie dwukrotnej ekstrakcji ciecz-ciecz 5 ml wlewów dożylnych pozostałych w workach infuzyjnych. Jako rozpuszczalnik ekstrakcyjny stosowano dichlorometan. Uzyskane ekstrakty łączono, zateżano w strumieniu azotu do objętości 0,5 ml i uzupełniano w 0,5 ml 10 mM roztworu octanu amonu. Na podstawie stężeń substancji aktywnej (chemioterapeutyku) zadeklarowanej na opakowaniu i przyjętej 80% efektywności procesu ekstrakcji (przyjęto takie założenie, ponieważ nie wykonywano analizy ilościowej wybranych substancji), przygotowano roztwory kalibracyjne odpowiadające następującym stężeniom: 0,1; 0,5; 1; 5; 50; 100 ng/ml. Podczas przechowywania weryfikowano stężenia użytych roztworów techniką LC-MS/MS (sprawdzano stałość powierzchni pików wybranych substancji wzorcowych). Stabilność roztworów wzorcowych przechowywanych w okresie 6 miesięcy, w temperaturze -40°C wynosiła 94%.

### 2.4.3.3 Pozyskiwanie próbek

Materiał biologiczny wykorzystany podczas oznaczania wybranych cytostatyków techniką LC-MS/MS pozyskiwano od pielęgniarek pracujących w wybranych jednostkach opieki medycznej, w których wykonywano analizy powietrza wewnętrznego, pyłu zawieszonego i kurzu. Personel medyczny objęty badaniem był instruowany, aby pobierać pierwszy poranny mocz do sterylnych pojemników (moczówek). Następnie materiał ten przewożony był do laboratorium i jeżeli było to możliwe, analizowany tego samego dnia. Niewykorzystany mocz był przechowywany, do momentu analizy, w zamrażarce ustawionej na -7°C. Materiał do badań pozyskiwano dwukrotnie od tej samej osoby w maksymalnym odstępie 30 dni. Każda próbka była identyfikowana dwukrotnie z wykorzystaniem techniki LC-MS/MS.

### 2.4.3.4 Analiza LC-MS/MS

Opracowano metodę oznaczania wybranych cytostatyków w próbkach moczu oraz wyznaczono podstawowe parametry walidacyjne. Zastosowano technikę łączoną, chromatografię cieczową połączoną z tandemową spektrometrią mas (LC-MS/MS). Warunki pracy układu LC-MS/MS przedstawiono poniżej w Tabeli 13.

Tabela 13. Warunki pracy układu LC-MS/MS w trakcie oznaczania wybranych cytostatyków w próbkach moczu

LC-MS/MS	
przepływ gazu grzewczego (powietrze) [L/min]	9
przepływ gazu rozpylającego (argon) [L/min]	3
przepływ gazu suszącego (azot) [L/min]	10
temperatura interfejsu [°C]	300
temperatura linii desolwatacyjnej [°C]	250
temperatura bloku grzejnego [°C]	350
napięcie na kapilarze [eV]	90
jonizacja	ESI
tryb pracy detektora	Dodatni
tryb rejestracji	SIM
kolumna	XB-C18 (Kinetex) (2,6µm; 2,1 mm; 150 mm)
temperatura kolumny [°C]	25
objętość nastrzyku [µl]	0,5
fazy ruchome	faza A: metanol faza B: 10 mM octan amonu
przepływ fazy ruchomej [ml/min]	0,3
elucja	gradientowa: 0,1 min: faza A 80%, faza B 20% od 2 do 7 min: faza A 2%, faza B 98% od 7,1 do 8 min: faza A 80%, faza B 20%
długość analizy [min]	8
system integracji danych	LabSolution®

Dla roztworów wzorcowych cytostatyków zastosowano metodę MRM (ang. Multiple reaction monitoring – monitorowanie reakcji fragmentacji). Dzięki wykorzystaniu potrójnego kwadrupola detektora MS/MS możliwe było przeprowadzenie identyfikacji na podstawie produktów reakcji fragmentacji. Analizowano jony pseudomolekularne analitu (w trybie obserwacji - z wykorzystaniem pierwszego analizatora), a następnie wybrane jony fragmentacyjne powstające na skutek zderzeń (z wykorzystaniem drugiego analizatora). Zoptymalizowano i wybrano najefektywniejsze przejścia MRM. W tym celu określono: masy obserwowanych jonów pseudomolekularnych, fragmentacyjnych, czasy danego przejścia (ang. dwell time), przerwy pomiędzy poszczególnymi przejściami (ang. pause time), prędkość skanowania, energię zderzeń (kolizyjną) oraz czas przełączania polaryzacji dla każdego z analizowanych związków (Tabela 14). Dla wszystkich analitów wybrano tryb dodatni, który zapewniał wyższą czułość i intensywność sygnału, niż tryb ujemny jonizacji. Dodatkowo zoptymalizowano temperaturę linii desolvacyjnej, bloku grzejnego, interfejsu oraz przepływ gazu grzewczego, suszającego i rozpylającego (warunki podano powyżej w Tabeli 13).

Tabela 14. Zoptymalizowane warunki analizy spektrometru mas z potrójnym kwadrupolem (MS/MS) dla wybranych cytostatyków (skrót: prekursor – jon pseudomolekularny; fragment – jon fragmentacyjny; dwell time – czas przejścia; CE – energia kolizyjna, Q1 Pre Biał – potencjał deklasteryzacji na pierwszym kwadrupolu; Q3 Pre Biał – potencjał deklasteryzacji na trzecim kwadrupolu; event time – całkowity czas cyklu)

NAZWA ZWIĄZKU	PRODUKT [m/z]	FRAGMENT [m/z]	DWELL TIME [msec]	CE [V]	Q1 PRE BIAŁ [V]	Q3 PRE BIAŁ [V]	EVENT TIME [s]
cytarabina	244,0	112,10	9	21,0	12,0	20,0	0,024
		94,95	9	41,0	18,0	14,0	
daunorubicyna	528,0	321,15	5,0	28,0	20,0	10,0	0,100
		363,10	5,0	19,0	20,0	15,0	
		306,05	5,0	49,0	20,0	30,0	
winkrystyna	825,5	807,30	5,0	40,0	30,0	38,0	0,024
		765,40	5,0	38,0	30,0	20,0	
		705,40	5,0	45,0	20,0	32,0	
kladrybina	285,8	170,10	5,0	17,0	11,0	10,0	0,024
		134,05	5,0	35,0	30,0	30,0	
		117,10	5,0	17,0	30,0	29,0	
dakarbazyne	183,0	123,10	5,0	21,0	13,0	29,0	0,024
		166,10	5,0	14,0	13,0	10,0	
		65,05	5,0	33,0	20,0	16,0	
etopozyd	589,0	229,05	5,0	18,0	30,0	13,0	0,024
		185,10	5,0	35,0	30,0	28,0	
		556,85	5,0	15,0	28,0	26,0	
bendamustyna	358,0	340,15	5,0	26,0	27,0	22,0	0,024
		304,15	5,0	29,0	27,0	29,0	
		228,20	5,0	35,0	30,0	30,0	
winblastyna	811,2	538,45	5,0	25,0	24,0	32,0	0,100
		224,15	5,0	47,0	24,0	15,0	
		542,70	5,0	38,0	30,0	20,0	
cyklofosfamid	260,9	140,00	9,0	22,0	30,0	30,0	0,024
		106,10	9,0	19,0	10,0	10,0	



## CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

tamoksyfen	372,1	72,00	5,0	25,0	20,0	20,0	0,024
		44,00	5,0	50,0	20,0	20,0	
		70,05	5,0	50,0	20,0	20,0	
metotreksat	455	308,20	5,0	21,0	10,0	10,0	0,024
		175,10	5,0	45,0	17,0	16,0	
		134,10	5,0	35,0	30,0	30,0	

Następnie zoptymalizowano warunki pracy układu LC, prowadząc proces rozdzielania w kilku różnych programach gradientu fazy ruchomej. Dobrano kolumnę, fazy ruchome, ich objętościową prędkość przepływu oraz objętość dozowanej próbki (warunki przedstawiono powyżej w Tabeli 13). Wprowadzono okna czasowe, w których identyfikowano wybrane jony analizowanych związków (Tabela 15). Cytostatyki w próbkach rzeczywistych identyfikowano w trybie SIM, poprzez porównanie czasów retencji i jonów fragmentacyjnych analitów z roztworami wzorcowymi.

Tabela 15. Wyznaczone okna czasowe oraz czasy retencji poszczególnych związków (ich jonów fragmentacyjnych) podczas analizy LC-MS/MS

NAZWA ZWIĄZKU	OKNO CZASOWE [min]	CZAS RETENCJI [min]
cytarabina	1,0-3,0	1,80
daunorubicyna	4,5-7,5	5,80
winkrystyna	3,5-5,5	4,42
kladrybina	2,5-4,5	3,40
dakarbazyne	2,5-4,5	3,26
etopozyd	3,0-5,0	3,88
bendamustyna	3,0-5,0	4,00
winblastyna	3,5-5,5	4,51
cyklofosfamid	3,0-5,0	3,91
tamoksifen	5,5-8,0	6,58
metotreksat	2,0-4,0	3,05

### 2.4.3.5 Zapewnienie jakości pomiarów analitycznych

Analizie LC-MS/MS poddano próbki kontrolne moczu (od osób nie narażonych na występowanie cytostatyków). Analizowano również mocz (próbkę kontrolną) z dodatkiem roztworów wzorcowych, w celu zbadania efektu matrycy. Wykonywano kontrolę układu MS/MS i zapewniano odtwarzalność wyników pomiarów jakościowych, poprzez tuning z pełnym automatycznym dostrajaniem parametrów kontrolnych pracy detektora.

Wykonywano kalibrację systemu LC-MS/MS oraz określano wybrane parametry walidacji. Wyznaczono liniowość, LOD i LOQ (Tabela 16) dla wybranych cytostatyków. Parametry walidacyjne wyznaczono na podstawie obliczeń dla pięciu powtórzeń każdego stężenia wzorca. Krzywą kalibracyjną dla poszczególnego cytostatyku przygotowano z 6 punktów. Stężenia dobrano w tak, aby punkty były oddalone od siebie w sposób równomierny.

Tabela 16. Wybrane warunki walidacyjne dla roztworów wzorcowych cytostatyków

SUBSTANCJA	WSPÓŁCZYNNIK KORELACJI LINIOWEJ-R	LOD [ng/ml]	LOQ [ng/ml]
cytarabina	0,992	2,3	6,9
daunorubicyna	0,984	3,7	11,1
winkrystyna	0,991	6,4	19,2
kladrybina	0,989	12,6	37,8
dakarbazyne	0,990	11,0	33,0
etopozyd	0,987	8,4	25,2
bendamustyna	0,988	7,4	22,2
winblastyna	0,992	7,2	21,6
cyklofosfamid	0,994	7,5	22,5
tamoksifen	0,991	1,9	5,7
metotreksat	0,995	9,8	29,4

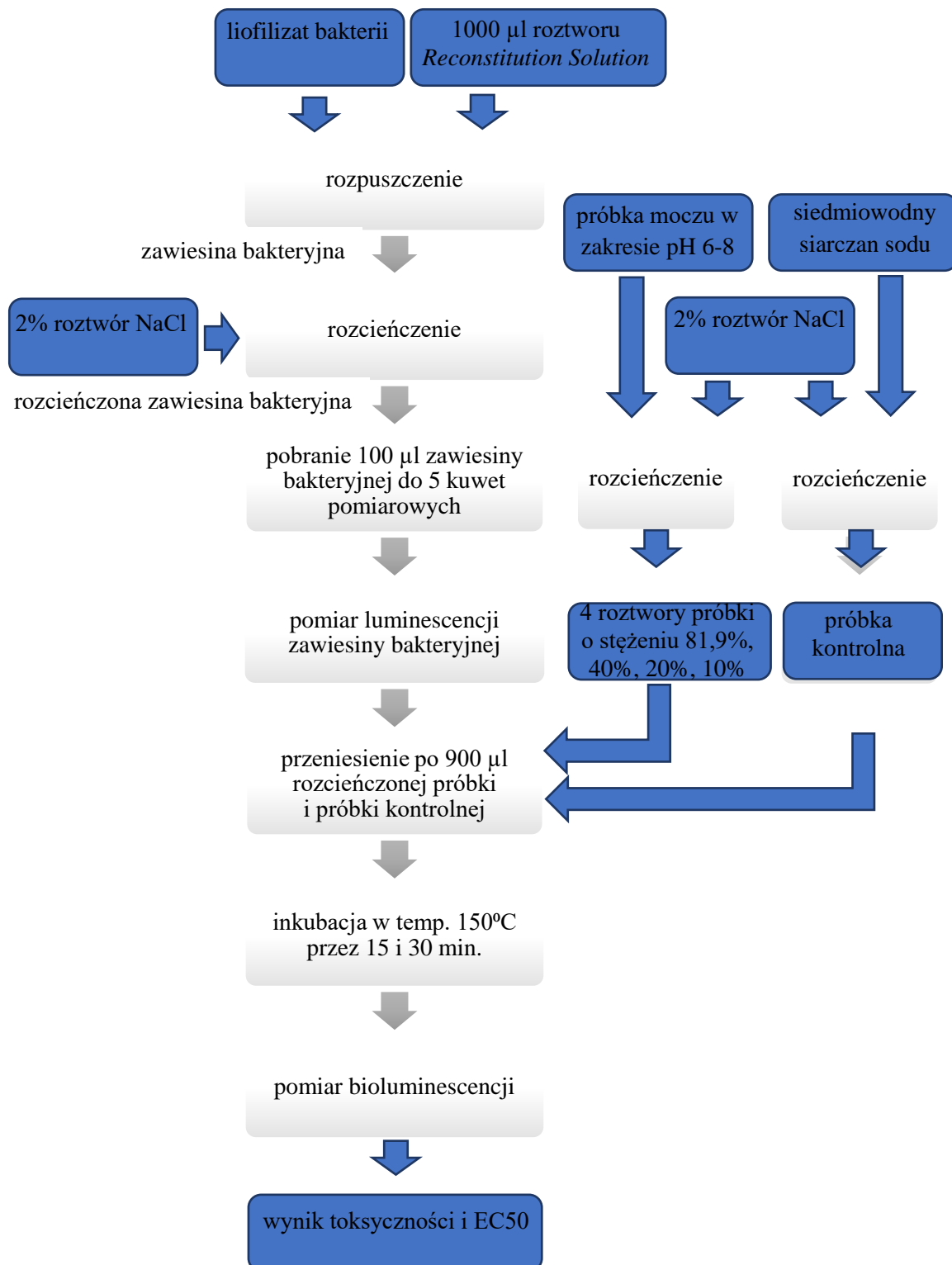
#### 2.4.4 Badanie toksyczności próbek moczu wobec bakterii *Vibrio fischeri*

Mikroorganizmy *Vibrio fischeri* zastosowane w komercyjnym teście Microtox® to niepatogenne, morskie, gram – ujemne bakterie. Wykazują luminescencję, która jest efektem ich naturalnych procesów metabolicznych (ok. 10 % całej energii wykorzystywana jest w tym procesie). Komórki bakterii w warunkach naturalnych wykorzystują energię na świecenie, natomiast w obecności substancji wysoce szkodliwych dla tych mikroorganizmów, ich luminescencja zanika, ponieważ, zaburzone zostają ich procesy fizjologiczne. W wyniku ekspozycji bakterii na substancje toksyczne następuje zmniejszenie emisji światła, co stanowi podstawę działania testu. Im wyższy jest stopień toksyczności danych substancji, tym mniejsza ilość światła emitowanego jest przez bakterie. *Vibrio fischeri* są wysoce wrażliwe na wiele substancji toksycznych, które powodują zmianę luminescencji. Różnicę tą wykorzystuje się do obliczenia procentowego zahamowania bioluminescencji, która bezpośrednio koreluje z toksycznością próbki. Test Microtox® został wybrany do wykonywania badań, ponieważ cechuje się wysoką czułością.

Substancją, która wywołuje zjawisko luminescencji jest lucyferyna, emitująca światło na skutek katalitycznej reakcji utleniania pod wpływem enzymu lucyferaza. Wyniki testu toksyczności ostrej, podawane są jako toksyczność, inhibicja luminescencji, a także EC<sub>50</sub> (effective concentration – stężenie efektywne powodującego wystąpienie 50% reakcji testowej, czyli obniżenie wytwarzania światła o 50%) i EC<sub>20</sub> (stężenie efektywne powodującego wystąpienie 20% reakcji testowej) [148-151].

**2.4.4.1 Procedura przeprowadzania badań toksyczności ostrej z wykorzystaniem bakterii *Vibrio fischeri***

Test toksyczności polegający na określeniu inhibicji bioluminescencji bakterii *V. fischeri* przeprowadzono zgodnie z procedurą producenta testu - „81,9 % Basic Test” (Rysunek 12).



Rys. 12. Procedura wykonywania testu toksyczności ostrej próbek moczu z wykorzystaniem bakterii *V. fischeri*

#### 2.4.4.2 Pozyskanie i przygotowanie próbek

Mocz wykorzystany w teście Microtox® pozyskiwano od pielęgniarek (były to te same próbki, które wykorzystywano do analizy LC-MS/MS [p. 2.4.3.3]). Materiał (pierwszy poranny mocz w sterylnych moczówkach) przewożono do laboratorium oraz analizowano tego samego dnia, jeżeli nie było to możliwe, mocz przechowywano, do momentu analizy (w zamrażalce w -7°C). Przed wykonaniem testu Microtox®, mocz rozmrażano w temperaturze pokojowej.

Próbka użyta do badań była sprawdzana pod kątem klarowności oraz analizowano jej zakres pH (akceptowalny od 6 do 8). Do nastawiania pH wykorzystano 1 M roztwór kwasu solnego (w sytuacji, gdy pH próbki było powyżej 8) oraz 1 M roztwór wodorotlenku potasu (gdy pH<6).

#### 2.4.4.3 Analiza Microtox®

Pomiar toksyczności ostrej moczu w teście Microtox® wykonywano przy użyciu analizatora *Microtox® Model 500*. Oznaczenia przeprowadzano z zastosowaniem oprogramowania *MicrotoxOmni™* przeznaczonego dla analizatora *Microtox® Model 500*. Pomiar wykonywano w dwukrotnym powtórzeniu dla każdej z analizowanych próbek. Dla próbki kontrolnej wykonywano test 15 minutowy, a materiał biologiczny w stężeniu 81,9%, 40%, 20%, 10% badano w teście 30 min. Wyznaczano parametry toksyczności ostrej oraz parametr EC<sub>50</sub> dla próbek moczu.

#### 2.4.4.4 Zapewnienie jakości pomiarów analitycznych

Przed wykonaniem każdej serii pomiarów weryfikowano i potwierdzano jakość bakterii *Vibrio fischeri*. Test prowadzono z wykorzystaniem roztworu kontrolnego zawierającego siedmiowodny siarczan cynku (ZnSO<sub>4</sub>•7H<sub>2</sub>O). Zgodnie z zaleceniami producenta sprawdzano czy wartość otrzymana dla parametru EC<sub>50</sub> w teście 15-minutowym mieści się w zakresie od 0,6 do 2,2 mg/l.

Przed analizą Microtox® każdej próbki wykonywano pomiary dla próbki zerowej. Oznaczenia toksyczności próbek moczu wykonano dwukrotnie. Przy każdej serii pomiarów uwzględniano próbkę kontrolną oraz wykonywano analizę dla 4 rozcieńczeń próbek moczu (stężenie 81,9%, 40%, 20%, 10%).

Wykonywano pomiary przed i po zamrożeniu materiału, aby sprawdzić czy taki rodzaj konserwacji wpływa na zmianę uzyskanych wyników toksyczności ostrej. Dla wybranych próbek prowadzono również kilkukrotne analizy w dłuższym okresie (min. 24 miesiące), aby

sprawdzić czy długotrwałe przechowywanie materiału do badań (w zamrażalce nastawionej na  $-7^{\circ}\text{C}$ ) wpływa na uzyskane wyniki badań. Pomiary wykonywano w laboratorium, w którym utrzymywana była stała temperatura  $16^{\circ}\text{C}$  (zastosowano klimatyzację).

### 2.4.5 Badanie kwestionariuszowe

#### 2.4.5.1 Analiza kwestionariuszy ankiet

W badaniach zastosowano technikę ankietową. Podczas analizy kwestionariuszy ankiet wykorzystano metodę technik treściowych oraz sondażu diagnostycznego. Zastosowano sondaż jednorazowy, który miał umożliwić statystyczny opis oraz wyjaśnić zjawiska procesów występujących w dużych zbiorach na podstawie wybranej, reprezentatywnej próbie statystycznej.

#### 2.4.5.2 Zapewnienie jakości badań

W badaniu wykorzystano 3 kwestionariusze ankiety, które przed zastosowaniem zostały sprawdzone na dobrowolnej 30 osobowej grupie chętnych. Następnie dostosowano pytania do potrzeb niniejszej rozprawy. Przeprowadzone badanie miało charakter ankiety nadzorowanej, która była prowadzona w taki sposób, aby zmniejszyć liczbę kwestionariuszy odrzuconych pod kątem wystąpienia braku odpowiedzi, bądź odpowiedzi błędnych.

### 2.4.6 Analiza statystyczna

#### 2.4.6.1 Zapewnienie jakości badań

W celu wykonania analizy statystycznej przyporządkowano wyniki uzyskanych badań do grup zmiennych zależnych i niezależnych. Następnie wybrano metodę analizy najbardziej odpowiednią do dostępnych wyników oraz mechanizmów probabilistycznych. Przy pomocy mierników błędu sprawdzono zgodność danych empirycznych z modelem. Po wykonaniu pomiarów w określonej skali pomiarowej definiowano stopień prawdopodobieństwa oraz w odpowiedni sposób przedstawiano wyniki uzyskanych analiz statystycznych w pakiecie statystycznym STATISTICA.

## 2.5 Obszar badawczy

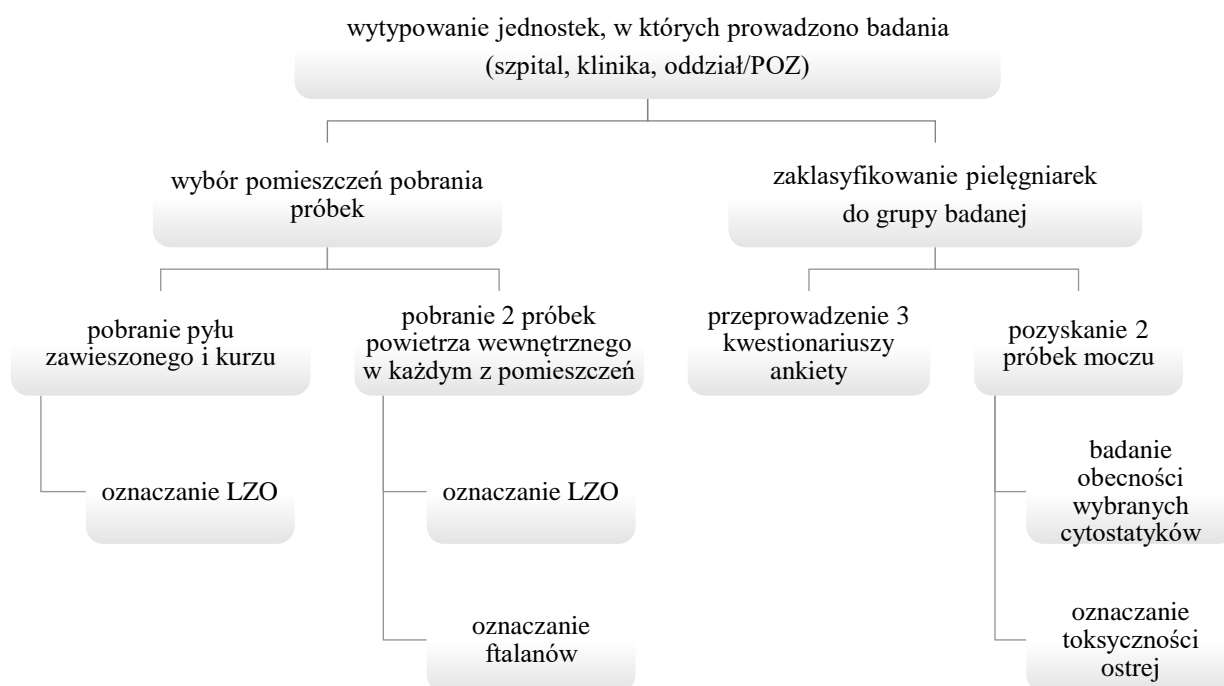
### 2.5.1 Organizacja badań

Badania wykonywane na potrzeby niniejszej rozprawy doktorskiej były prowadzone w okresie od października 2015 do października 2018 roku. Przez pierwsze 3 miesiące prowadzono intensywne badania pilotażowe, mające na celu opracowanie procedur pobierania, przygotowania próbek oraz ich analizy z wykorzystaniem poszczególnych technik analitycznych.

Warunkiem obligatoryjnym umożliwiającym przeprowadzenie badań było uzyskanie pozytywnej opinii Niezależnej Komisji Bioetycznej ds. Badań Naukowych przy Gdańskim Uniwersytecie Medycznym. Wydano zgodę do wniosku o numerze NKBBN/412/2015-2016. Warunkiem koniecznym było uzyskanie pisemnej aprobaty dyrekcji placówek, w których pobierano próbki i włączano pielęgniarki do grupy badanej. Kolejnym krokiem było otrzymanie pisemnego pozwolenia kierowników poszczególnych katedr, klinik i oddziałów na prowadzenie pomiarów na terenie ich jednostek. W dalszej kolejności, pielęgniarka oddziałowa (przełożona pielęgniarek/pielęgniarka koordynująca) była ustnie informowana o zakresie prowadzonych badań oraz ustalano ich harmonogram, a także przekazywano zalecenia dotyczące zapewnienia warunków wykonywania poszczególnych pomiarów.

Badania prowadzono zgodnie z schematem przedstawionym na Rysunku 13. Na podstawie kryteriów włączenia i wyłączenia kwalifikowano pielęgniarki do grupy badanej. Osoby pozytywnie zakwalifikowane musiały wyrazić dobrowolną zgodę na udział w badaniu (wzór zgody znajduje się w Załączniku 4). Następnie respondenci byli informowani o sposobie wypełniania 3 kwestionariuszy ankiety oraz otrzymywali 2 sterylne pojemniki na mocz (pozyskiwany w odstępie min. 1 dnia, max. 30 dób). Materiał biologiczny analizowano pod kątem obecności wybranych cytostatyków oraz badano jego toksyczność wobec bakterii *Vibrio fischeri*. Równolegle, w tych samych jednostkach, w których prowadzono badania kwestionariuszowe, dwukrotnie pobierano próbki powietrza wewnętrznego i zewnętrznego, kurzu, pyłu zawieszonego (o większej i mniejszej średnicy cząstek). Z pielęgniarką oddziałową ustalano harmonogram badań oraz na podstawie wywiadu wybierano pomieszczenia oraz określano miejsca, w których dwukrotnie umieszczano sprzęt umożliwiający pobór próbek. W jednostkach Podstawowej Opieki Zdrowotnej (POZ) oraz w oddziałach zajmujących się opieką w warunkach ambulatoryjnych były to następujące pomieszczenia:

- pokój socjalny (pobierano powietrze wewnętrzne)
- sala zabiegowa (pobierano powietrze wewnętrzne, kurz, pył zawieszony).



Rys. 13. Schemat prowadzenia badań

Natomiast w oddziałach szpitalnych badania prowadzono w następujących pomieszczeniach:

- pokój socjalny (pobierano powietrze wewnętrzne)
- sala zabiegowa (pobierano powietrze wewnętrzne, kurz, pył zawieszony)
- sala pacjentów (pobierano powietrze wewnętrzne)

W wybranych przypadkach próbki powietrza pobierano również w pokoju przygotowawczym oraz w izolatce (jeżeli takie pomieszczenia występowały w danej jednostce). Próbki powietrza zewnętrznego do oznaczeń ftalanów i LZO pobierano (w tym samym dniu) w bezpośrednim sąsiedztwie budynku, w którym prowadzono badania.

### 2.5.2 Charakterystyka obszaru badawczego

Poniżej w Tabeli 17 zestawiono miejsca, w których pobierano próbki powietrza, pyłu zawieszzonego, kurzu oraz podano liczbę pielęgniarek zakwalifikowanych do badania. Pomiar prowadzono na terenie Trójmiasta (województwo pomorskie), w Gdańsku, Gdyni i Sopocie. Sposób wyboru obszaru badawczego nie był przypadkowy. Jednostki kwalifikowano do dwóch grup badawczych. Pierwszą grupę stanowiły wszystkie placówki na terenie Trójmiasta, które wyraziły chęć udziału w badaniach, oraz w których udzielane są świadczenia w zakresie chemioterapii (w zakresie skojarzonym, w trybie jednodniowym z zakresem skojarzonym

CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

oraz w warunkach ambulatoryjnych z zakresem skojarzonym). Dodatkowo placówki objęte były Programem Leczenia w Ramach Świadczenia Chemioterapii Niestandardowej. Próbki pobierano głównie na terenie UCK, GUMed, w skład, którego wchodziły niezależne katedry i kliniki znajdujące się w oddzielnych budynkach. Do drugiej grupy włączano jednostki nieonkologiczne (głównie Podstawowej Opiece Zdrowotnej) wybierane w sposób losowy. W Tabeli 17 wprowadzono dodatkowo symbol dla każdego oddziału/pododdziału, który będzie wykorzystywany w części wynikowej i dyskusyjnej pracy, aby ograniczyć wymienianie nazw każdej z jednostek, w której wykonywano badania.

Tabela 17. Wykaz miejsc, w których pobierano próbki powietrza, kurzu, pyłu wraz z liczbą pielęgniarek biorącą udział w badaniu

NAZWA SZPITALA/ PRZYCHODNI	KATEDRA/ KLINIKA	ODDZIAŁ/ PODODDZIAŁ	MIEJSCE POBORU PRÓBEK	LICZBA PIEŁĘ- GNIAREK BIORĄCA UDZIAŁ W BADANIU	SYMBOL
Szpital Morski im PCK w Gdyni (Szpitale Pomorskie Sp. z o.o.)	-	Oddział Dzienny Chemioterapii	sala pacjentów, pokój socjalny, sala zabiegowa, pokój przygotowawczy	4	SMODCH
		Oddział Onkologii Klinicznej	sala pacjentów, pokój socjalny, sala zabiegowa, pokój przygotowawczy	7	SMOOK
Centrum Medyczne Dąbrowa- Dąbrówka w Gdyni	-	-	pokój socjalny, sala zabiegowa	8	POZDD
Centrum Medyczne „Sopmed” w Sopocie	-	-	pokój socjalny, sala zabiegowa	4	POZS
Uniwersyteckie Centrum Kliniczne (UCK) GUMed [Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego]	Katedra i Klinika Chirurgii Onkologicznej	-	sala pacjentów, pokój socjalny, sala zabiegowa	5	UCKKChO
	Katedra i Klinika Pediatrii, Hematologii i Onkologii	Oddział Chemioterapii Onkologicznej	sala pacjentów, sala zabiegowa	5	UCKOChO
		Oddział Hematologii Dziecięcej	sala pacjentów, izolatka, sala zabiegowa, pokój przygotowawczy	13	UCKOHD
		Oddział Szybkiej Diagnostyki z Oddziałem Dziennym	sala pacjentów, pokój socjalny, sala zabiegowa, pokój przygotowawczy	5	UCKOSD



CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

	Katedra i Klinika Hematologii i Transplantologii	Poradnia Hematologiczna	sala pacjentów, sala zabiegowa	2	UCKPH
		Oddział Hematologii A	sala pacjentów, pokój socjalny, sala zabiegowa	3	UCKOHA
		Oddział Hematologii B	sala pacjentów, pokój socjalny, sala zabiegowa	3	UCKOHB
		Oddział Transplantacji	sala pacjentów, pokój socjalny, sala zabiegowa, śluza	6	UCKOT
	Centrum Medycyny Rodzinnej	-	pokój socjalny, sala zabiegowa	3	UCKCMR
	Katedra i Klinika Onkologii i Radioterapii	Oddział Ginekologii i Radioterapii z Pracownią Brachyterapii	sala pacjentów, pokój socjalny, sala zabiegowa, pokój administracyjno-zabiegowy	1	UCKOGRB
		Oddział Onkologii Klinicznej i Radioterapii	sala pacjentów, pokój socjalny, sala zabiegowa	4	UCKOOKR
Wojewódzkie Centrum Onkologii w Gdańsku (COPERNICUS Podmiot Leczniczy Sp. z o.o. w Gdańsku)	-	-	sala pacjentów 2, sala pacjentów 3, pokój socjalny, sala zabiegowa	3	WCO
Niepubliczny Zakład Opieki Zdrowotnej (NZOZ) „STOGI” w Gdańsku – Filia Przeróbka	-	-	pokój socjalny, sala zabiegowa	2	POZSP
NZOZ „Stogi” w Gdańsku	-	-	pokój socjalny, sala zabiegowa	13	POZSt
Szpital im. Mikołaja Kopernika (COPERNICUS Podmiot Leczniczy Sp. z o.o. w Gdańsku)	Katedra i Klinika Pediatrii, Gastroenterologii, Hematologii i Żywienia Dzieci	Oddział Gastroenterologii	sala pacjentów, pokój socjalny, sala zabiegowa	2	SMKOG
		Oddział Pediatrii	sala pacjentów, pokój socjalny, sala zabiegowa	2	SMKOP
		Pododdział Żywienia Dzieci	sala pacjentów, pokój socjalny, sala zabiegowa	1	SMKPŽD

Wszystkie analizy zostały wykonane samodzielnie pod kierunkiem prof. dr hab. Lidii Wolskiej w Zakładzie Toksykologii Środowiska, GUMed, który dysponował wszystkimi zastosowanymi technikami laboratoryjnymi i sprzętem analitycznym.

### 2.5.3 Charakterystyka grupy badanej

W badaniu wykorzystano kwestionariusze ankiet, które przeprowadzono na dwóch grupach pielęgniarek. Pierwszą grupę stanowiły osoby z co najmniej półrocznym stażem pracy na stanowisku pracy pielęgniarki (regulowane Ustawą z dnia 15 lipca 2011 r. o zawodach pielęgniarki i położnej [Dz.U. 2011 nr 174 poz. 1039 z późn. zm.]), na którym istnieje narażenie na cytostatyki. Analogicznie do drugiej grupy włączane były pielęgniarki, które nie stosują leków cytostatycznych w trakcie wypełniania obowiązków służbowych. Podczas klasyfikacji osób do grupy badanej wykorzystano następujące kryteria włączenia i wyłączenia:

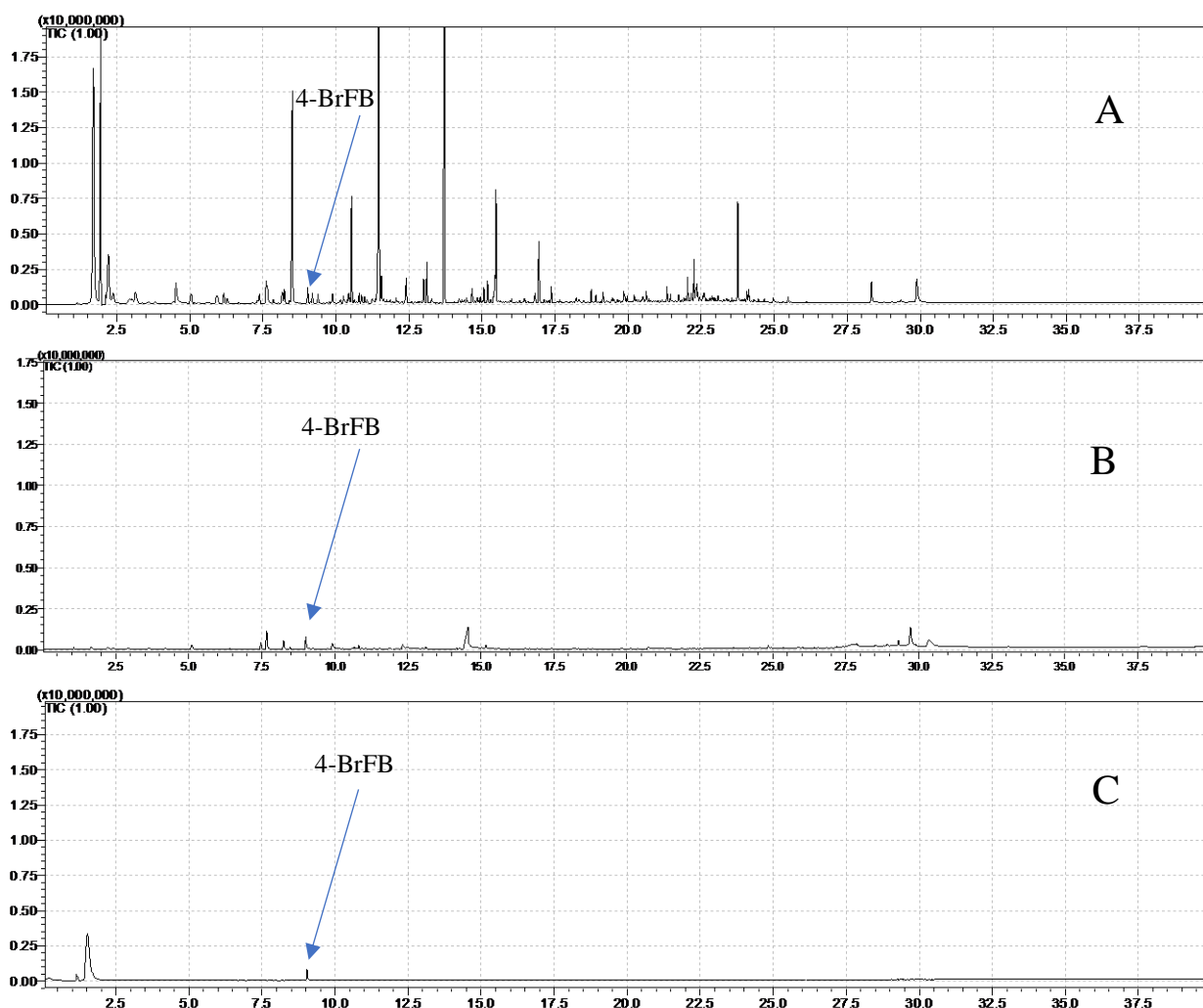
- Kryteria włączenia
  - co najmniej półroczny staż pracy w narażeniu na cytostatyki (I grupa) oraz bez narażenia na lekki cytostatyczne (II grupa);
  - wykonywanie zawodu pielęgniarki w myśl przepisów Dz.U. 2011 nr 174 poz. 1039 z późn. zm.;
  - dobrowolna chęć udziału w badaniach.
- Kryteria wyłączenia
  - osoby leczone chemioterapeutycznie oraz w aktywnej fazie choroby nowotworowej;
  - ciąża oraz laktacja;
  - przewlekłe choroby układu moczowego, w tym nerek;
  - zaburzenia kory nadnerczy.

Materiał do badań pozyskano łącznie od 96 pielęgniarek, w tym od 62 zatrudnionych w szpitalnych jednostkach onkologicznych, 5 nieonkologicznych oraz od 31 pielęgniarek Podstawowej Opieki Zdrowotnej.

### 3. Wyniki

#### 3.1 Oznaczanie LZO w próbkach powietrza

LZO w powietrzu wewnętrznym i zewnętrznym oznaczano techniką opartą na desorpcji termicznej w połączeniu z chromatografią gazową i spektrometrią mas (TD-GC/MS), zgodnie z procedurą opisaną w punkcie 2.4.1 rozprawy. Szacowanie zawartości poszczególnych LZO w powietrzu było możliwe dzięki zastosowaniu metody wzorca wewnętrznego, z wykorzystaniem 4-BrFB. Poniżej przedstawiono przykładowe chromatogramy w trybie SCAN, które uzyskano w wyniku analizy chromatograficznej próbki powietrza wewnętrznego, zewnętrznego oraz próbki zerowej (Rysunek 14).



Rys. 14. Chromatogram LZO uzyskany w wyniku analizy TD-GC/MS (tryb SCAN): **A**-powietrze wewnętrzne UCKOHB, p. pielęgniarek; **B**-powietrze zewnętrzne w pobliżu UCKOHB; **C**-próbka zerowa

### 3.1.1 Identyfikacja LZO w próbkach powietrza

Identyfikacja lotnych związków organicznych została wykonana na podstawie porównania widm masowych (wartość jonów  $m/z$  i ich intensywności) analizowanych substancji z widmami substancji wzorcowych, z biblioteki NIST 11 oraz przez porównanie czasów retencji odpowiadających poszczególnym związkom na chromatogramie. Dla substancji z szeregów homologicznych wykorzystywano także prawidłowości pomiędzy parametrami retencji i wielkościami takimi jak: liczba atomów węgla, liczba grup  $\text{CH}_2$  oraz temperatura wrzenia.

#### Powietrze wewnętrzne

W wyniku analiz próbek powietrza wewnętrznego techniką TD-GC/MS wykryto 861 związków organicznych. Na podstawie widm masowych możliwe było zidentyfikowanie z największym możliwym prawdopodobieństwem (wynoszącym minimum 68%) 613 substancji. Pozostałych związków nie udało się zidentyfikować z powodzeniem ze względu na:

- niski stopień podobieństwa widm masowych analizowanych substancji względem substancji wzorcowych dostępnych w bibliotece NIST 11 (niski stopień prawdopodobieństwa występowania danej substancji, wynoszący mniej niż 68%),
- niskie stężenia zidentyfikowanych związków ( $>\text{LOD}<\text{LOQ}$ ),
- nakładanie się widm masowych wielu związków w tym samym czasie retencji (występowanie wspólnych jonów charakterystycznych dla wielu substancji w tym samym czasie retencji [ $t_r$ ]),
- występowanie związków o bardzo specyficznej oraz skomplikowanej strukturze chemicznej,
- zbyt dużą niepewność względem identyfikacji wybranych podstawników.

Związki występujące w wybranych jednostkach opieki zdrowotnej (w pomieszczeniach socjalnych, zabiegowych, pacjentów, przygotowawczych, szluzach i izolatkach), które zidentyfikowane z największym możliwym prawdopodobieństwem przedstawiono w Załączniku 5. Zidentyfikowane związki reprezentują 30 grup związków chemicznych (w nawiasie przedstawiono sumaryczną liczbę zidentyfikowanych związków z każdej z grup):

1) alkanany (96 związków):

- a) n-alkany (16 związków o prostych łańcuchach węglowych):  $n\text{-C}_7$  oraz od  $n\text{-C}_9$  do  $n\text{-C}_{23}$ ;

- b) izomery alkanów (80 alkanów): posiadających podstawki metylowe, etylowe, propylowe oraz butylowe przyłączone do łańcucha głównego zawierającego od 6 do 21 atomów węgla w cząsteczce;
- 2) alkeny (10 związków z wiązaniem podwójnym):
  - a) prostołańcuchowe (8 alkenów): C<sub>8</sub>, C<sub>9</sub>, C<sub>12</sub>, od C<sub>14</sub> do C<sub>16</sub>, C<sub>18</sub> oraz C<sub>19</sub>;
  - b) rozgałęzione (2 alkeny): posiadające po 2 podstawniki metylowe w łańcuchu głównym zawierającym 7 i 11 atomów węgla;
- 3) alkiny (3 związki z wiązaniem potrójnym): prostołańcuchowe C<sub>9</sub>, C<sub>10</sub> i C<sub>18</sub>;
- 4) węglowodory cykliczne (13):
  - a) cykloalkany (4): C<sub>5</sub>, C<sub>10</sub>, C<sub>14</sub> i C<sub>17</sub>;
  - b) alkilocykloalkany (9);
- 5) węglowodory aromatyczne (26) min.: benzen; toluen; o,p-ksylen; styren;
- 6) wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) (10): m.in.: naftalen, antracen, piren;
- 7) kwasy karboksylowe (8),
- 8) kwasy tłuszczowe (15):
  - a) nasycone (13): C<sub>4</sub>, od C<sub>6</sub> do C<sub>10</sub>, od C<sub>12</sub> do C<sub>18</sub>;
  - b) nienasycone (2): C<sub>16:9</sub> i C<sub>18:9</sub>;
- 9) alkohole (48):
  - a) alifatyczne (43), w tym 17 alkoholi prostołańcuchowych, I-rzędowych od C<sub>2</sub> do C<sub>18</sub> oraz C<sub>20</sub>;
  - b) cykliczne (3);
  - c) diole (2);
  - d) aromatyczne (fenole, 8);
- 10) aldehydy (30);
- 11) ketony (25);
- 12) estry (119)
- 13) etery (23);
- 14) terpeny i terpenoidy (52);
- 15) ftalany (11) i tereftalany (3);
- 16) silany (2) i siloksany (16);
- 17) laktony (6);
- 18) cholesterol i jego pochodne (3);
- 19) hydroksykwasy (2);

- 20) związki zawierające azot-N (13);
- 21) związki zawierające siarkę-S (2);
- 22) związki zawierające azot-N i siarkę-S (2),
- 23) związki zawierające brom-Br (11);
- 24) związki zawierające chlor-Cl (17);
- 25) związki zawierające fosfor-P (2);
- 26) farmaceutyki (9);
- 27) pestycydy (5);
- 28) glikole (2);
- 29) bezwodniki kwasowe (3);
- 30) pozostałe związki, niezaklasyfikowane do żadnej z powyższej grup (18).

Najliczniejszymi grupami związków, które zidentyfikowano w powietrzu wewnętrznym były: aldehydy, alkany, terpeny i terpenoidy (bardzo liczna grupa związków, w której występowały przedstawiciele m.in.: monoterenów, monoterenoidów, seskwiterpenów, seskwiterpenoidów, triterpenów oraz triterpenoidów) oraz alkohole. Najczęściej identyfikowanymi związkami, które występowały we wszystkich badanych pomieszczeniach wewnętrznych wybranych jednostek opieki zdrowotnej (dwukrotnie potwierdzono ich obecność w dwóch turach pomiarów) były:

- n-alkany: n-dekan, n-tetradekan, n-pentadekan, n-heksadekan;
- węglowodory aromatyczne: toluen, o-ksylen;
- aldehydy: metanal (formaldehyd), oktanal, nonanal, dekanal;
- estry: dihydrojasmonian metylu, mirystynian izopropylu
- ftalany: DEHP, DBP, DiBP, DEP.

Związki, które były szeroko rozpowszechnione w powietrzu i zidentyfikowane we wszystkich badanych jednostkach, jednakże nie we wszystkich pomieszczeniach analizowanych oddziałów i przychodni to:

- n-alkan: n-dodekan;
- węglowodór aromatyczny: 1,2,4-trimetylobenzen (mezytylen);
- aldehyd: pentanal;
- estry: octan butylu, palmitynian izopropylu;
- eter: eter dioktanowy;
- glikol: glikol propylenowy;
- terpen:  $\alpha$ -pinen,

Bardzo szerokie spektrum substancji występujących w powietrzu wewnętrznym identyfikowano dwukrotnie w trakcie dwóch tur pomiarów. Jednakże zaobserwowano występowanie związków chemicznych, zidentyfikowanych jednokrotnie (w trakcie I lub II tury oznaczeń), które były obecne tylko w danym pomieszczeniu określonej jednostki opieki zdrowotnej. Do tej grupy związków zliczyć można:

- izomery n-alkanów: 2-metylopentadekan, 2-metyloheksadekan, 2-metyloeikozan, 2-metyloheneikozan;
- alkin: 1-oktadekin;
- węglowodory cykliczne: cyklopentan, metylocyklopentan;
- węglowodór aromatyczny: piren;
- kwas tłuszczowy: kwas tridekanowy;
- alkohole alifatyczne: 1-oktadekanol, 1-eikozanol;
- alkohole cykliczne: cyklodekanol, cykloundekanol, cyklododekanol;
- aldehydy: izocyklocytral, 4-heptadekanal, nonadekanal;
- keton: hydroksyaceton;
- estry: pirogronian metylu, heksanian heptylu, tridekarian metylu, oleopalmitynian metylu, palmitynian etylu, acetylocytrynian tributylu, octan dokozyłu, dekanian heksadecylu, oktarian oktadecylu, dekanian oktadecylu, octan oktakozyłu, stearynian etylu, octan nonakozyłu, palmitynian tridecylu, octan tokoferylu;
- eter: 1,4-dioksan;
- terpeny i terpenoidy:  $\alpha$ -felandren, 4-karen,  $\beta$ -kurkumen,  $\beta$ -santalol, globulol, celestolid;
- ftalany: ftalan dioktylu, tereftalan di(2-etyloheksylu);
- laktony: butyrolakton,  $\gamma$ -palmitolakton,
- związki zawierające azot (N): formamid, pirol;
- związek zawierający siarkę (S): dodekanotiol;
- związek zawierający azot (N) i siarkę (S): tiazol;
- związek zawierający brom (Br): 2-bromopentadekan;
- związki zawierające chlor (Cl): 2-chloropropan, chlorek benzylu;
- farmaceutyki: kwas acetylosalicylowy, walpromid, ibuprofen, etylefryna, meperydyna, diltiazem;
- pestycydy: fenitroton, N,N-dietylo-m-toluamid, metopren;
- bezwodniki kwasowe: bezwodnik cytrakonowy, bezwodnik ftalowy.

Zidentyfikowano związki chemiczne, które były rzadko rozpowszechnione w powietrzu wewnętrznym i występowały tylko w danych pomieszczeniach wybranych jednostek, a ich obecność była potwierdzona dwukrotnie w trakcie 2 tur pomiarowych: Do tej grupy związków należały:

- estry: mleczan metylu, oleopalmitynian propylu;
- ftalan: ftalan didecyłu.

### Powietrze zewnętrzne

W powietrzu zewnętrznym wykryto łącznie 148 związków organicznych. Na podstawie widm masowych zidentyfikowano z 68% prawdopodobieństwem 104 substancje. LZO występujące w próbkach przyporządkowano do następujących grup (w nawiasie podano liczbę zidentyfikowanych związków z danej grupy): n-alkany (8), izomery n-alkanów (10), n-alkeny (2), węglowodory cykliczne (2), węglowodory aromatyczne (13), WWA (3), kwasy karboksylowe (3), kwasy tłuszczowe nasycone (5), alkohole alifatyczne (5), alkohole aromatyczne (1), diole (1), aldehydy (16), ketony (5), estry (15), eter (1), terpeny i terpenoidy (6), ftalany (1), siloksany (3), związki zawierające azot-N (1), związki zawierające chlor-Cl (2), bezwodniki kwasowe (1).

O-ksylen był substancją, która występowała we wszystkich analizowanych próbkach powietrza zewnętrznego.

### 3.1.2 Oszacowanie zawartości lotnych LZO w próbkach powietrza

Oszacowanie zawartości lotnych związków organicznych przeprowadzono poprzez porównanie powierzchni pików analizowanych substancji i wzorca wewnętrznego w trybie SCAN. Na tej podstawie oszacowano stężenia (stężenia średnie, minimalne i maksymalne) związków występujących w powietrzu. Obliczono również średnią sumaryczną zawartość związków należących do przyporządkowanych 30 grup.

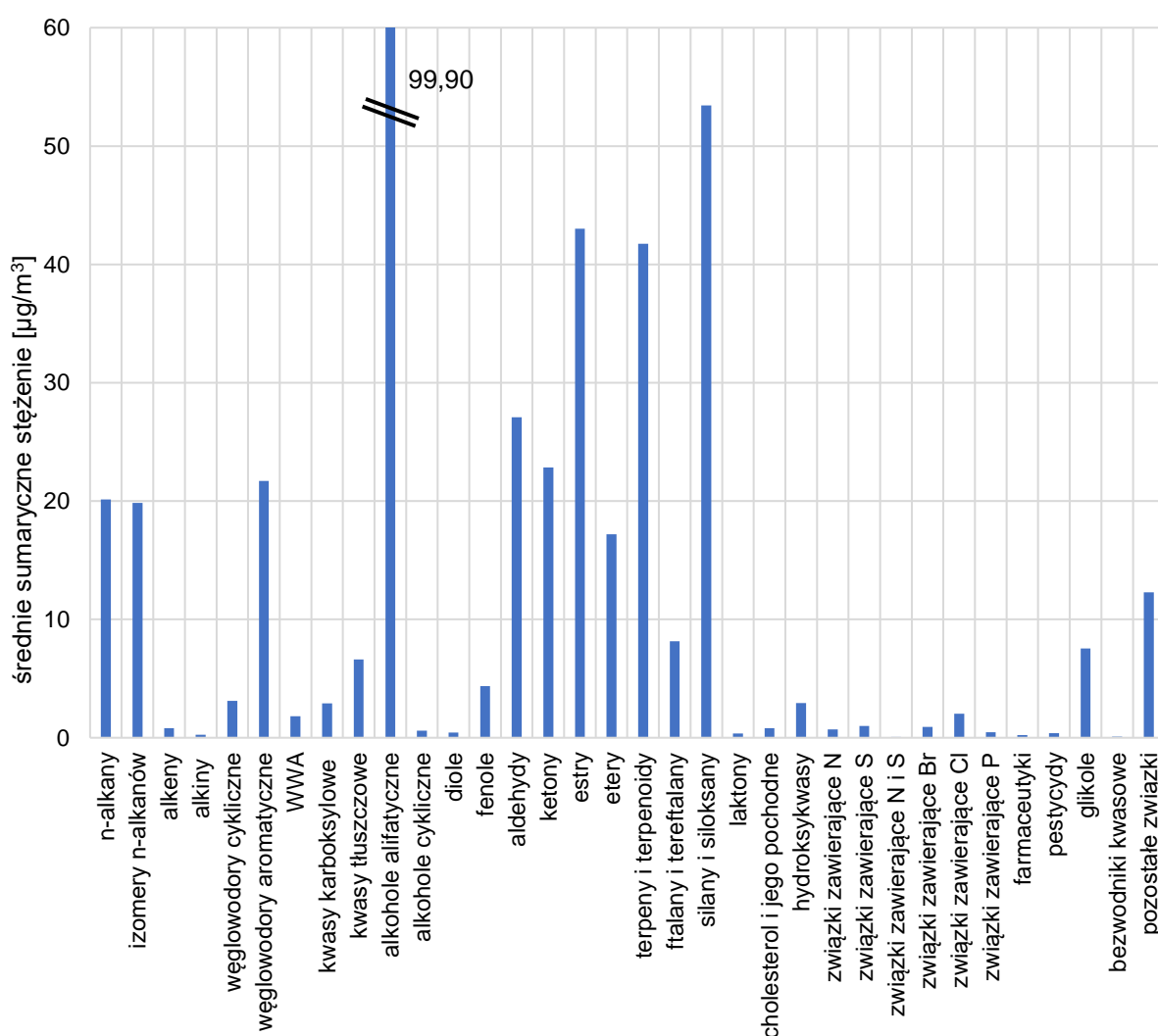
### Powietrze wewnętrzne

Oszacowane stężenia poszczególnych LZO występujących w powietrzu wewnętrznym wybranych jednostek opieki zdrowotnej przedstawiono w Załączniku 5. Analizując dane zawarte na Rysunku 15, przedstawiającym średnie stężenia poszczególnych grup związków chemicznych zidentyfikowanych w powietrzu wewnętrznym można stwierdzić, że:



## WYNIKI

1. uzyskano zróżnicowane poziomy zawartości lotnych związków organicznych z poszczególnych grup w analizowanych próbkach, w zakresie od 0,07  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  do 99,90  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;
2. najwyższe średnie sumaryczne stężenie oszacowano dla następujących grup związków: alkoholi alifatycznych (99,90  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), silanów i siloksanów (53,45  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), estrów (43,01  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) oraz terpenów i terpenoidów (41,74  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ );
3. grupy związków o najniższych oszacowanych stężeniach średnich to: związki zawierające N i S (0,07  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), bezwodniki kwasowe (0,09  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), farmaceutyki (0,24  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) oraz alkiny (0,27  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



Rys. 15. Wykres średnich sumarycznych stężeń związków zidentyfikowanych w powietrzu wewnętrznym, zaklasyfikowanych do poszczególnych grup

Lotne związki organiczne, które zidentyfikowano w pobranych próbkach powietrza wewnętrznego występowały w zakresie stężeń od >LOQ do 344,69  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Substancje, dla których oszacowano najwyższe stężenia w próbkach ( $C_{\text{max}}$ -stężenia maksymalne) to:

- oktametylocyklopentasiloksan ( $C_{\max}=344,69 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ),
- D-limonen ( $C_{\max}=321,91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ),
- 2-propanol (izopropanol) ( $C_{\max}=197,60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ),
- etanol ( $C_{\max}=185,89 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ),
- 1-propanol ( $C_{\max}=185,89 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ),
- kwas glikolowy ( $C_{\max}=145,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ),
- octan butylu ( $C_{\max}=123,29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ),
- toluen ( $C_{\max}=117,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ),
- glikol propylenowy ( $C_{\max}=112,61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ),
- dekametylocyklopentasiloksan ( $C_{\max}=103,85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ),
- n-dekan ( $C_{\max}=85,86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ),
- n-nonan ( $C_{\max}=77,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ),
- n-dokozaan ( $C_{\max}=75,81 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ),
- 2-butanon ( $C_{\max}=70,64 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

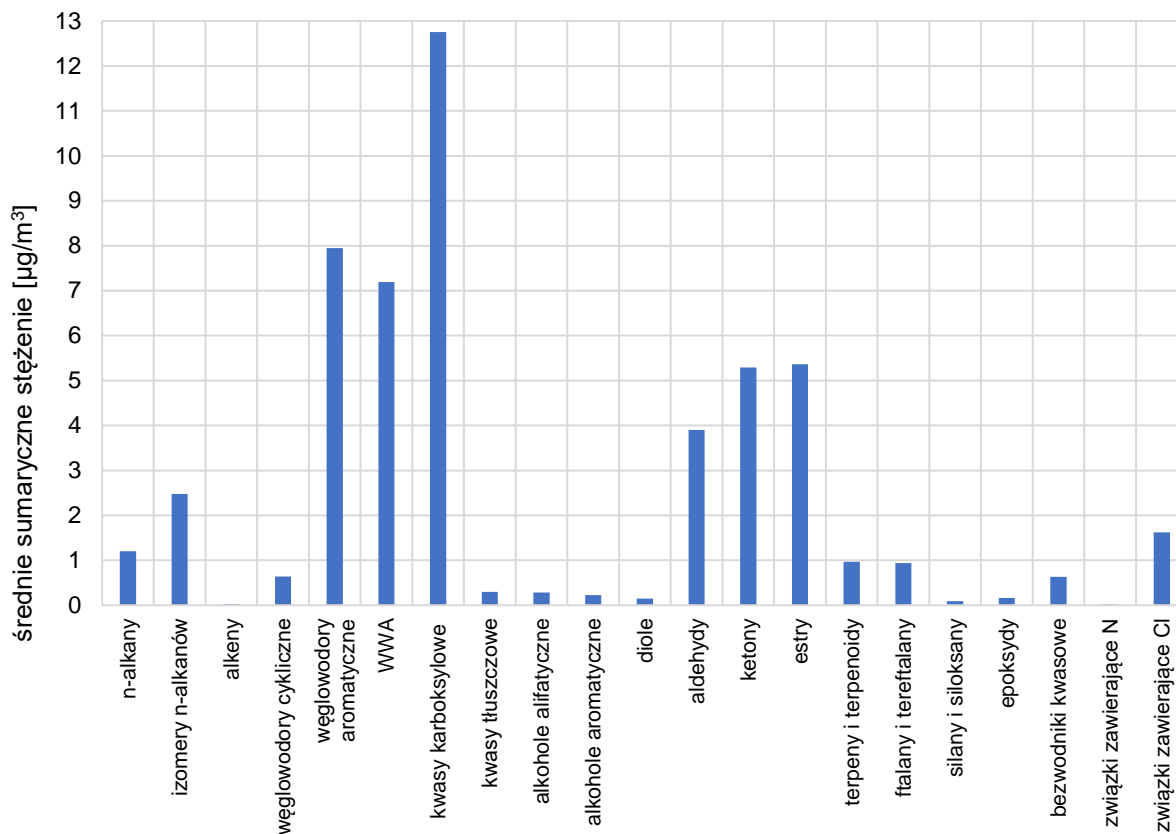
#### Powietrze zewnętrzne

Średnie sumaryczne stężenia poszczególnych grup związków zidentyfikowanych w powietrzu zewnętrznym przedstawiono na Rysunku 16. Na podstawie zestawionych wyników można stwierdzić, iż:

1. najwyższe średnie sumaryczne stężenie oszacowano dla kwasów karboksylowych ( $12,76 \text{ g}/\text{m}^3$ ), węglowodorów aromatycznych ( $7,95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) oraz WWA ( $7,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ );
2. grupa substancji, która występowała na niższym poziomie zawartości to: związki zawierające N ( $0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), alkeny ( $0,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) oraz silany i siloksany ( $0,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Zidentyfikowane związki z poszczególnych 21 grup w powietrzu zewnętrznym występowały w zakresie stężeń od >LOQ do  $27,89 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (najwyższe stężenie oszacowano dla kwasu benzoowego). Natomiast substancje, dla których oszacowano najwyższe stężenie średnie to:

- kwas benzoowy ( $12,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ),
- 5,5',6,6',7,7',8,8'-oktahydro-2,2'-binaftalen ( $6,78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ),
- p-ksylen ( $4,89 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ),
- 1-propanolu ( $25,77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ),
- 2,5-difenylo-p-benzochinon ( $3,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



Rys. 16. Wykres średnich sumarycznych stężeń związków, zidentyfikowanych w powietrzu zewnętrznym, zaklasyfikowanych do poszczególnych grup

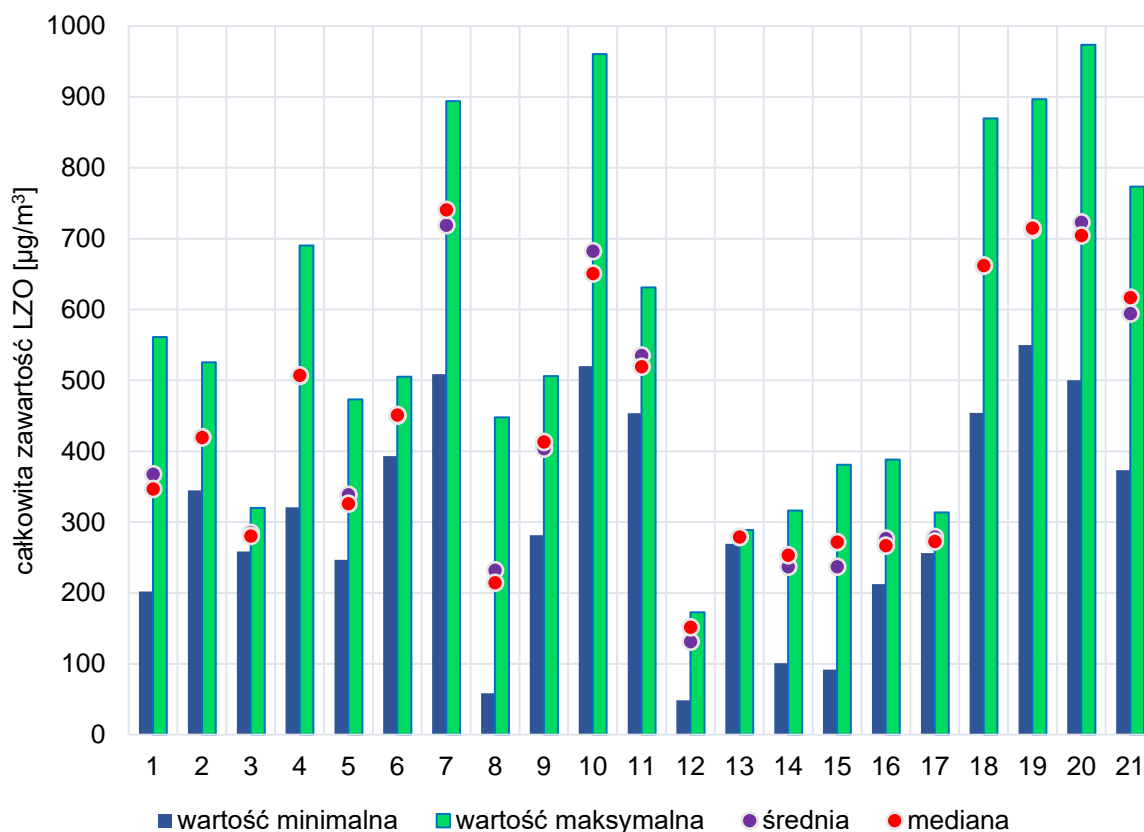
### 3.1.3 Całkowita zawartość LZO w próbkach powietrza

Całkowita zawartość lotnych związków organicznych w powietrzu wewnętrznym (w pomieszczeniach szpitali i przychodni wyszczególnionych w Tabeli 17, rozdział 2.5.2 niniejszej rozprawy) i zewnętrznym została oszacowana na podstawie sumy wszystkich LZO, które występowały w danych pomieszczeniach poszczególnych jednostek opieki zdrowotnej. Pomiary przeprowadzono w dwóch seriach pomiarowych (dwie tury oznaczeń). W trakcie prowadzenia badań powietrza wewnętrznego wykonywano równoległe pomiary temperatury, wilgotności i ciśnienia w poszczególnych pomieszczeniach wybranych jednostek opieki zdrowotnej.

#### Powietrze wewnętrzne

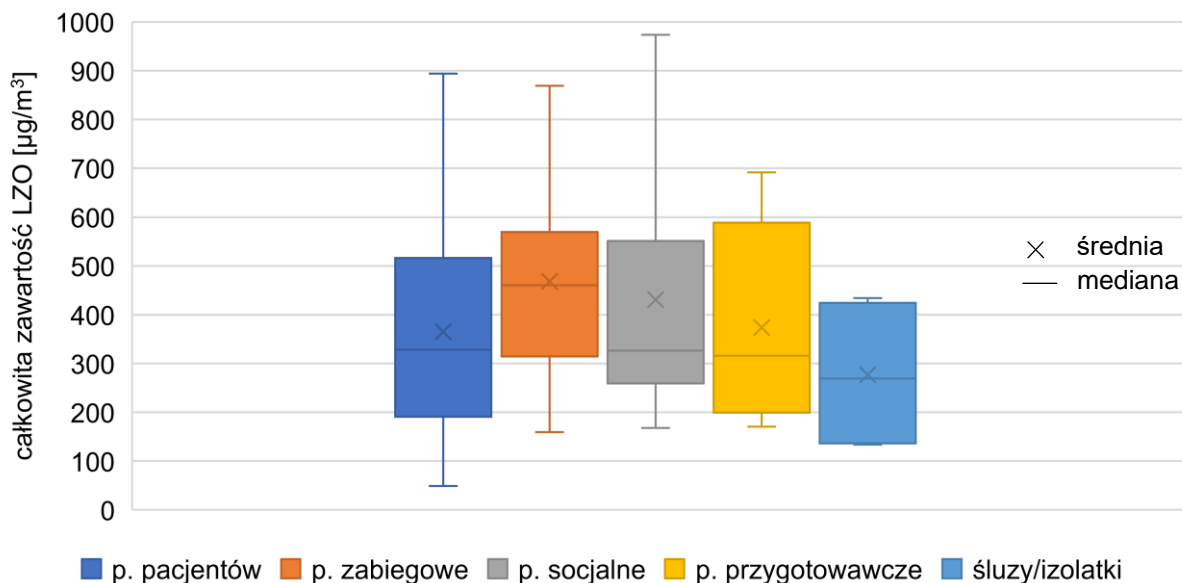
Największa całkowita zawartość LZO w analizowanych próbkach powietrza wewnętrznego wynosiła  $973,33 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Szpital im. Mikołaja Kopernika w Gdańsku, Oddział Pediatrii [SMKOP], p. socjalny), natomiast najniższa wartość osiągnęła  $48,65 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (UCK, Oddział Transplantacji [UCKOT], p. pacjentów). Średnia zawartość LZO w analizowanych próbkach wynosiła  $424,14 \pm 219,98 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (mediana  $390,71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Poniżej

na Rysunku 17 zilustrowano dane dotyczące wartości minimalnych, maksymalnych, średnich i mediana całkowitych zawartości lotnych związków organicznych w analizowanych próbkach powietrza wewnętrznego wybranych jednostkach opieki zdrowotnej (przedstawione dane wynikają z obliczeń wykonanych dla dwóch serii pomiarowych w poszczególnych pomieszczeniach). W Załączniku 6 znajdują się oszacowane sumaryczne poziomy LZO.



Rys. 17. Całkowita zawartość LZO w próbkach powietrza wewnętrznego z uwzględnieniem wartości minimalnych, maksymalnych, średnich i mediana w poszczególnych jednostkach: 1-SMODCH; 2-SMOOK; 3-POZDD; 4-POZS; 5-UCKKChO; 6-UCKOChO; 7-UCKOHD; 8-UCKOSD; 9-UCKPH; 10-UCKOHA; 11-UCKOHB; 12-UCKOT; 13-UCKCMR; 14-UCKOGRB; 15-UCKOOKR; 16-WCO; 17-POZSP; 18-POZSt; 19-SMKOG; 20-SMKOP; 21-SMKPŹD (rozwińcie skrótów znajduje się w Tabeli 17 w p. 2.5.2)

Analizując dane zawarte na Rysunku 18 pod kątem całkowitej zawartości lotnych związków organicznych w poszczególnych pomieszczeniach, o danym przeznaczeniu, można zaobserwować, iż w pomieszczeniach pacjentów, zabiegowych i socjalnych uzyskano duże rozstępy wartości mierzonych. Nie zaobserwowano znacznych różnic statystycznych w wynikach całkowitego stężenia LZO w poszczególnych grupach. Jednakże, najwyższą zawartość średnią LZO ( $472,71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) i medianę ( $460,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) uzyskano w salach zabiegowych, a najniższą w szluzach i izolkach (średnia  $276,71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mediana  $269,34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



Rys. 18. Całkowita zawartość LZO w próbkach powietrza wewnętrznego poszczególnych pomieszczeń, z uwzględnieniem zakresów wartości, średniej i mediany

### Powietrze zewnętrzne

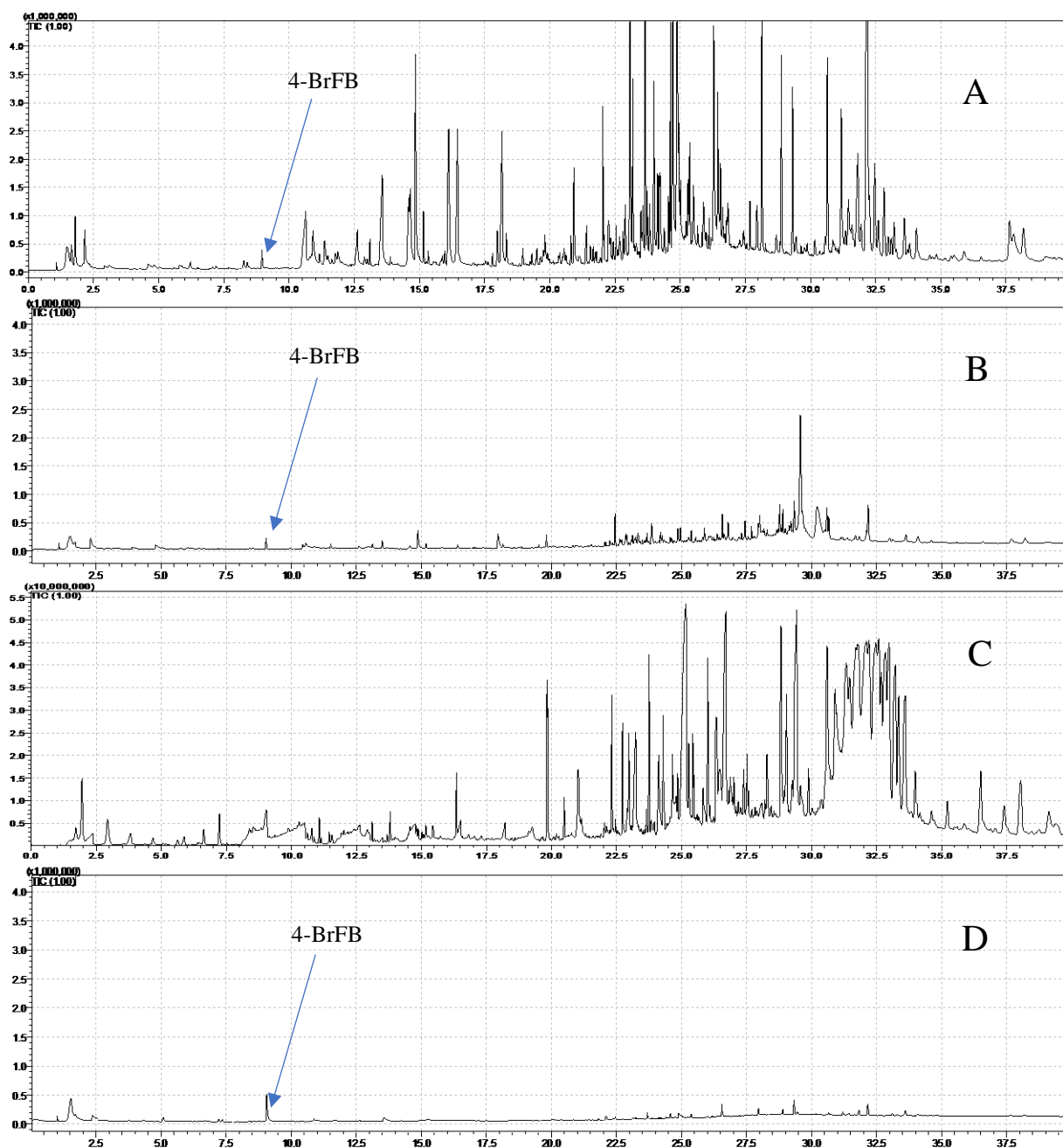
Najwyższa całkowita zawartość LZO w próbkach powietrza zewnętrznego wynosiła  $105,57 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (próbki pobrane w bezpośrednim sąsiedztwie WCO w Gdańsku), a najniższa wartość osiągnęła poziom  $12,78 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (próbki powietrza zewnętrznego w pobliżu Szpitala Morskiego im. PCK w Gdyni). Średnia sumaryczna zawartość LZO w powietrzu zewnętrznym wynosiła  $70,93 \pm 24,71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### Temperatura (T), ciśnienie (p) i wilgotność (w)

W trakcie pobierania próbek powietrza wewnętrznego analizowano warunki temperatury, ciśnienia oraz wilgotności względnej (przy użyciu termohigrometru oraz barometru będącego integralną częścią aspiratora automatycznego). Uzyskane wyniki pomiarów zestawiono w Załączniku 7. Z przedstawionych danych wynika, iż temperatura w pomieszczeniach wewnętrznych, w których prowadzono badania w trakcie dwóch tur oznaczeń wynosiła od  $20,2$  do  $30,1$  °C (wartość średnia  $23,6$  °C). Natomiast średnia wilgotność względna osiągnęła wartość  $50,2\%$  (zakres wartości od  $25,9$  do  $76,8\%$ ). Ciśnienie atmosferyczne zarejestrowane w trakcie wykonywanych badań wynosiło od  $989,5$  do  $1021,3$  hPa (wartość średnia  $1008,1$  hPa).

### 3.2 Oznaczanie LZO w próbkach pyłu zawieszonego i kurzu

LZO w próbkach pyłu zawieszonego analizowane były z wykorzystaniem techniki TD-GC/MS w trybie SCAN (p. 2.4.2). Wyniki oszacowanej całkowitej zawartości LZO uzyskano dzięki zastosowaniu metody wzorca wewnętrznego. Poniżej przedstawiono przykładowy obraz chromatograficzny analizy próbki pyłu zawieszonego, kurzu zdeponowanego na filtrze szklanym oraz chromatogram próbki zerowej (Rysunek 19).



Rys. 19. Chromatogram TD-GC/MS w trybie SCAN przedstawiający LZO w próbce: **A**-pyłu zawieszonego o mniejszej średnicy cząstek, pobranego w UCKKChO, p. zabiegowy; **B**-w próbce pyłu zawieszonego o większej średnicy cząstek, w POZSt, p. zabiegowy, **C**-w próbce kurzu, w UCKOChO, p. zabiegowy, **D**-zerowej

### 3.2.1 Identyfikacja LZO w próbkach pyłu zawieszonego i kurzu

Identyfikację lotnych związków organicznych w próbkach pyłu i kurzu przeprowadzono na podstawie porównania widm masowych analizowanych substancji z widmami substancji wzorcowych (biblioteka NIST 11), a także przez porównanie czasów retencji odpowiadających poszczególnym związkom na chromatogramie. Biorąc pod uwagę widma masowe analizowanych substancji zidentyfikowano z wykorzystaniem techniki TD-GC/MS (z największym możliwym prawdopodobieństwem wynoszącym min. 68%) następującą liczbę lotnych związków organicznych w poszczególnych matrycach:

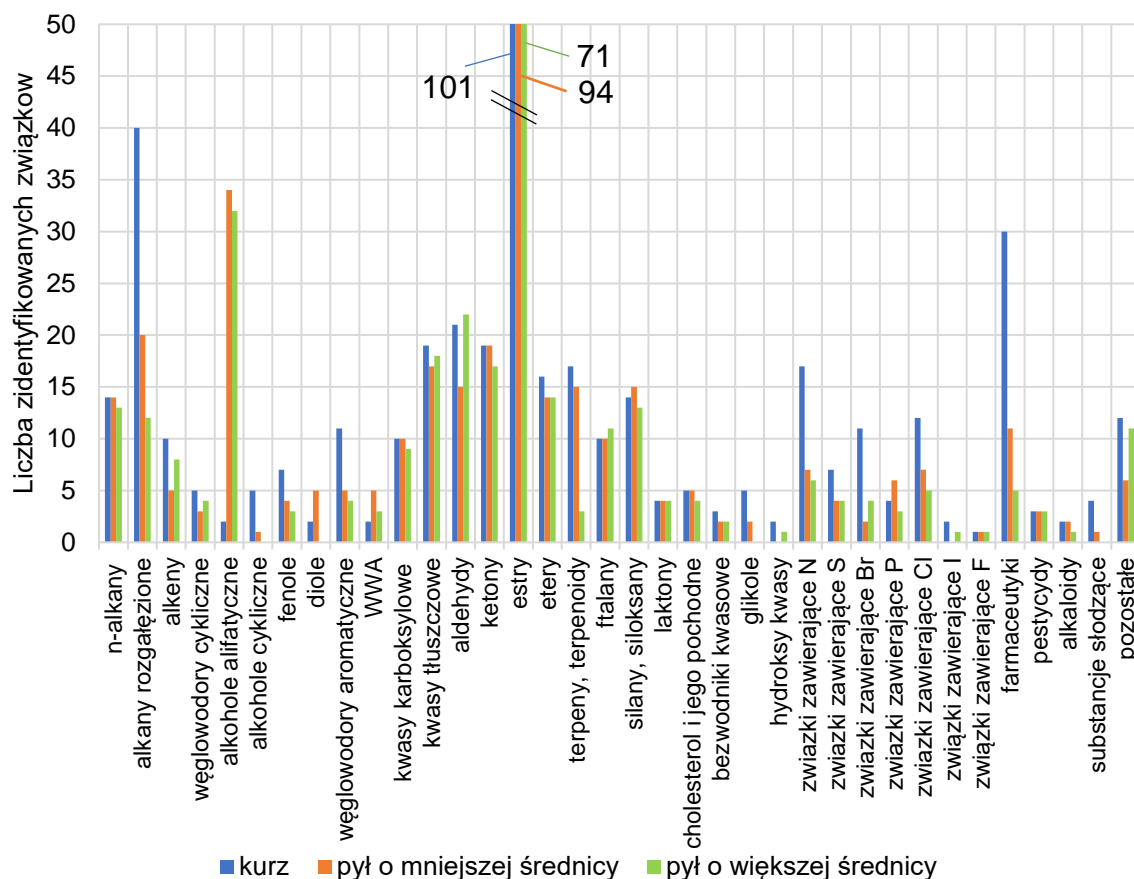
- 312 (z 442 występujących) w pyłe o większej średnicy cząstek,
- 370 (z 463) w pyłe o mniejszej średnicy cząstek,
- 449 (z 568) w kurzu.

Część związków występujących w pyłe i kurzu nie udało się zidentyfikować, ze względu na:

- zbyt mały stopień zgodności widm masowych analizowanych substancji względem substancji dostępnych w bibliotece NIST 11 (mniej niż 68%);
- występowanie efektu „ogonowania i rozmycia” tylnej części pików dla niektórych związków, przez co poszerzony pik nie sprzyjał pełnemu rozdzieleniu związków (dwóch lub większej ilości substancji), czemu towarzyszyło nakładanie się widm masowych kilku substancji w tym samym lub zbliżonym czasie retencji;
- występowanie niepewności względem identyfikacji wybranych podstawników;
- zbyt niskie stężenia zidentyfikowanych związków, przy względnie wysokiej linii bazowej;
- występowanie związków o skomplikowanej, specyficznej strukturze chemicznej, których widma masowe nie były zawarte w bibliotece NIST 11, a samodzielna identyfikacja była niemożliwa do wykonania.

Związki organiczne, które zidentyfikowano z największym możliwym prawdopodobieństwem, w pyłe zawieszonym (o większej i mniejszej średnicy cząstek) oraz w kurzu pobranym z pomieszczeń zabiegowych wybranych jednostek opieki zdrowotnej zamieszczono w Załączniku 8.

Zidentyfikowane związki zaklasyfikowano do 33 grup, których liczebność w poszczególnych matrycach przedstawiono na Rysunku 20.



Rys. 20. Liczba zidentyfikowanych związków, przyporządkowanych do poszczególnych grup, występujących w próbkach kurzu i pyłu zawieszzonego

Na podstawie wykresu można zauważyć, iż najliczniejszą grupą zidentyfikowanych związków we wszystkich matrycach były estry (101 związków występujących w kurzu, 94 w pyłe o mniejszej średnicy, 71 w pyłe o większej średnicy). W pyłe o mniejszej średnicy cząstek zidentyfikowano 34 alkohole alifatyczne, w pyłe o większej średnicy 32, natomiast w próbkach kurzu liczba tych związków wynosiła 2. Kolejną najliczniejszą grupą związków występującą w kurzu i pyłe o mniejszej średnicy były izomery n-alkanów (alkany rozgałęzione), a w pyłe o większej średnicy cząstek aldehydy.

Ftalan di(2-etyloheksylu) występował we wszystkich analizowanych próbkach (pył zawieszony, kurz) badanych jednostek opieki zdrowotnej. Metanal (formaldehyd) oraz skwalen zidentyfikowano w każdej zanalizowanej próbce pyłu zawieszzonego.

We wszystkich próbkach kurzu występowały następujące związki:

- n-alkany: n-eikozan, n-dokozan, n-trikozan;
- kwasy tłuszczowe: kwas nonanowy (pelargonowy), dekanowy (kaprynowy), dodekanowy (laurynowy), tetradekanowy (mirystynowy), (Z) 6-heksadekenowy (oleopalmitynowy), heksadekanowy (palmitynowy), heptadekanowy (margarynowy);



- aldehyd: nonanal;
- ketony: hydroksy-2-propanon; 1,2-cyklopentadion;
- eter: 1-(2-butoksyetoksy)etanol;
- ftalan: DNP;
- glikol: glikol propylenowy
- związek zawierający N: heksadekanoamid.

We wszystkich próbkach pyłu o mniejszej średnicy cząstek zidentyfikowano substancje:

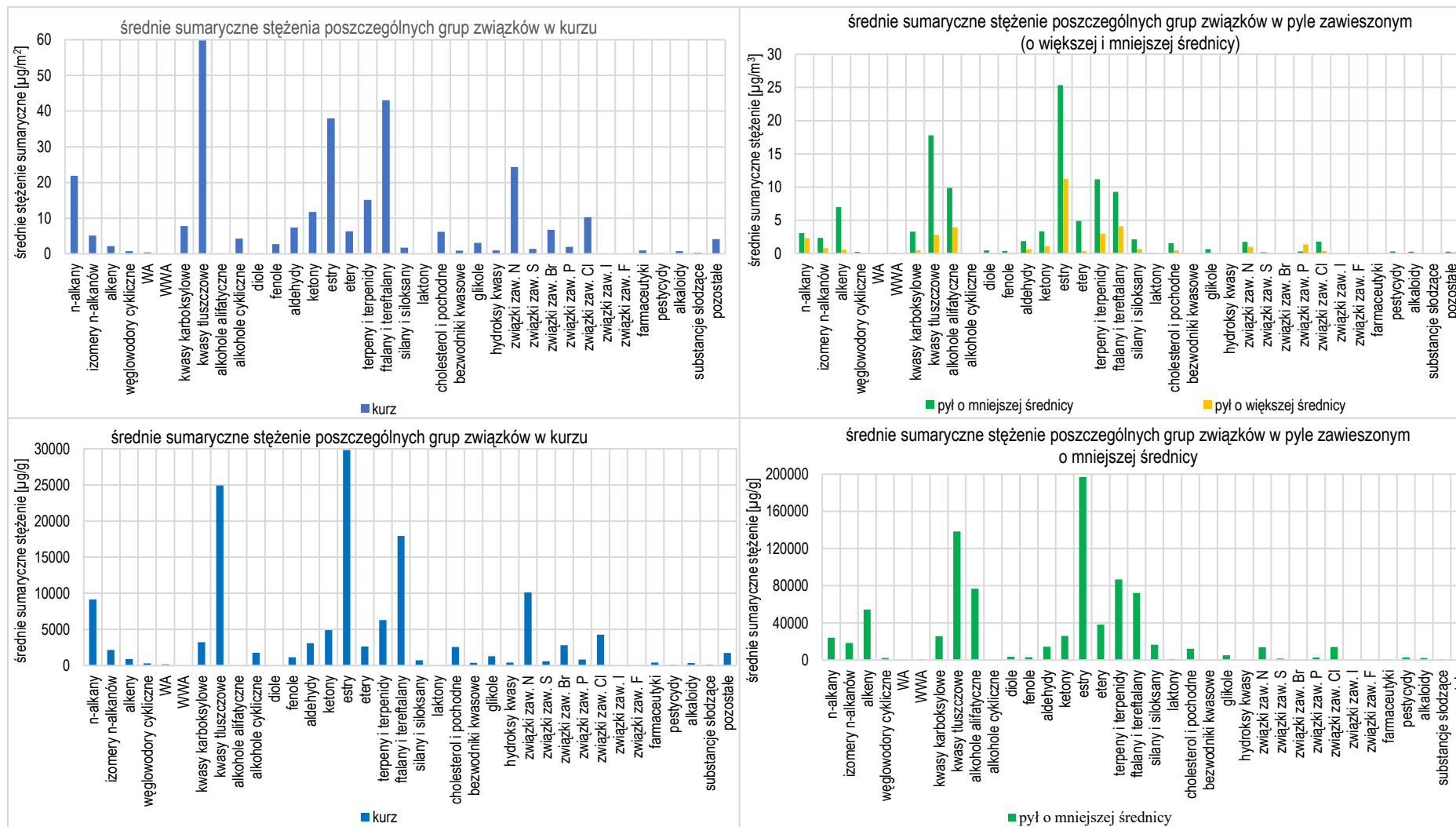
- n-alkany: n-nonadekan, n-eikozan;
- kwas karboksylowy: kwas 2-etyloheksanowy
- kwasy tłuszczowe: kwas oktanowy (kaprylowy), kwas nonanowy (pelargonowy), kwas tetradekanowy (mirystynowy);
- estry: dihydrojasmonian metylu, mirystynian izopropylu, palmitynian izopropylu, oktinoksat;
- eter: 1-(2-butoksy-1-metyloetoksy)propan-2-ol;
- ftalan: DiBP;
- silany i siloksany: [[4-[1,2-bis[(trimetylosilyl)oksy]etyl]-1,2-fenyl]bis(oksy)]-bistrimetylsilan; bis[di(trimetylosiloksy)fenylosiloksy]trimetylosiloksyfenylosiloksan;
- pochodna cholesterolu: cholesta-4,6-dien-3-ol;
- związek zawierający –S: disiarczek dimetylu;
- związek zawierający –Cl: chloromrówczan cholest-5-ene-3-ylu.

W pyłe zawieszonym o większej średnicy cząstek nie zidentyfikowano substancji, które występowałyby we wszystkich analizowanych próbkach (których częstość występowania wynosiłaby 100%).

### 3.2.2 Oszacowanie zawartości LZO w próbkach pyłu zawieszzonego i kurzu

Średnia zawartości lotnych związków organicznych w kurzu, pyłe zawieszonym (została zestawiona w Załączniku 8) została oszacowana z wykorzystaniem metody wzorca wewnętrznego (4-BrFB).

Na podstawie wykresów przedstawionych na Rysunku 21, zawierających średnie sumaryczne stężenia poszczególnych grup związków chemicznych zidentyfikowanych w badanym materiale, można stwierdzić, iż:



Rys. 21. Wykres średnich sumarycznych stężeń masowych oraz masowo-objętościowych poszczególnych grup związków zidentyfikowanych w kurzu i pyłe zawieszonym (o większej i mniejszej średnicy cząstek)

- 1) średnie sumaryczne stężenia masowe poszczególnych grup związków zidentyfikowanych w kurzu były ponad sześciokrotnie niższe niż w pyłe o mniejszej średnicy cząstek;
- 2) średnie stężenie masowo-objętościowe związków w pyłe o mniejszej średnicy było trzykrotnie wyższe niż w pyłe o większej średnicy cząstek;
- 3) najwyższe średnie stężenie masowo-objętościowe w pyłe zawieszonym (o większej i mniejszej średnicy cząstek) oszacowano dla estrów (pył o mniejszej średnicy cząstek - 25,35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , pył o większej średnicy - 11,23  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), a w kurzu dla kwasów tłuszczowych (59,79  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ );
- 4) w pyłe o większej średnicy cząstek nie zidentyfikowano (<LOD) związków z grupy alkoholi cyklicznych, dioli, glikoli, natomiast w pyłe o mniejszej średnicy cząstek związki występujące poniżej LOD to hydrokyskwy.

Zakres oszacowanych stężeń zidentyfikowanych związków organicznych w próbkach pyłu zawieszonego wynosił:

- od <LOQ do 12,17  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (60855  $\mu\text{g}/\text{g}$ ) w pyłe o mniejszej średnicy cząstek;
- od <LOQ do 5,77  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  w pyłe o większej średnicy cząstek.

Natomiast w kurzu zakres stężeń LZO wynosił od <LOQ do 26,06  $\mu\text{g}/\text{m}^2$  (12408,56  $\mu\text{g}/\text{g}$ ). Związki, dla których oszacowano najwyższe stężenia średnie w analizowanych próbkach (Załącznik 8):

- kurzu: kwas 6-heksadekenowy (24,16  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ; 10067,12  $\mu\text{g}/\text{g}$ ), ftalan di(2-etyloheksylu) [12,04  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ , 5014,91  $\mu\text{g}/\text{g}$ ], skwalen (11,83  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ , 4928,99  $\mu\text{g}/\text{g}$ );
- pyłu o mniejszej średnicy cząstek: skwalen (10,55  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 81995,07  $\mu\text{g}/\text{g}$ ), 17-pentakozan (6,96  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 54086,93  $\mu\text{g}/\text{g}$ ), kwas pentadekanowy (4,12  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 32015,84  $\mu\text{g}/\text{g}$ );
- pyłu o większej średnicy cząstek: ftalan di(2-etyloheksylu) [3,16  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ], skwalen (2,85  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), metanol (1,88  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

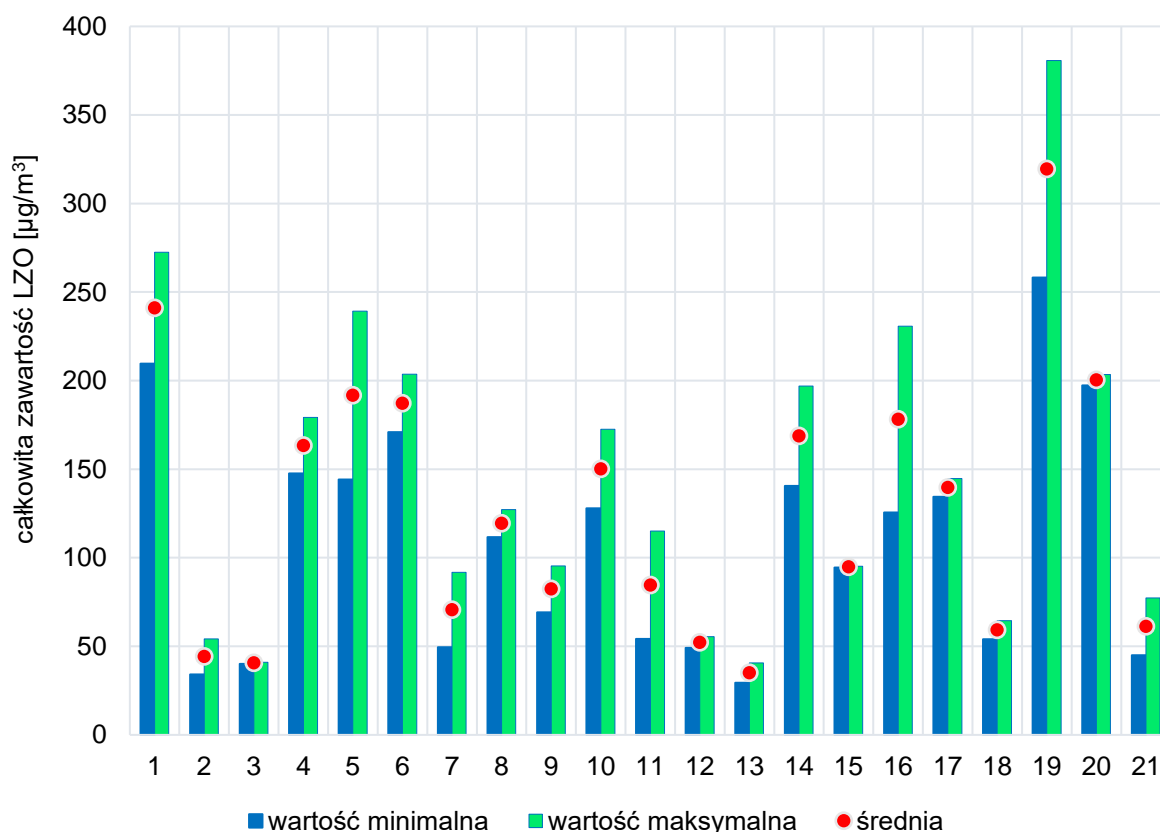
### 3.2.3 Całkowita zawartość LZO w próbkach pyłu zawieszonego i kurzu

Całkowitą zawartość LZO w pyłe zawieszonym obliczono sumując oszacowane zawartości poszczególnych związków występujących w próbkach. Do wyrażenia zawartości LZO w analizowanych matrycach zastosowano stężenie masowo-objętościowe (jednostka  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Objętość powietrza przepływającego przez układ cyklonu była stała podczas aspiracyjnego pobierania próbek (wahania na poziomie maksymalnym 1%) i wynosiła 480 l.

Dodatkowo dla pyłu o mniejszej średnicy cząstek użyto stężenia masowego, biorąc pod uwagę masę pyłu, którego sorpcja nastąpiła na filtrze szklanym (jednostka mg/g). Masa zdeponowanego pyłu o mniejszej średnicy cząstek wynosiła od 0,0001 do 0,0002 g w zależności od miejsca, w którym prowadzono badania. W przypadku pyłu zawieszzonego o większej średnicy cząstek nie zastosowano jednostki mg/g, ponieważ uzyskane masy pyłu były poniżej granicy oznaczalności dla wagi analitycznej (<LOQ). Pomiary wykonywano dwukrotnie w każdej jednostce opieki zdrowotnej w pomieszczeniach zabiegowych.

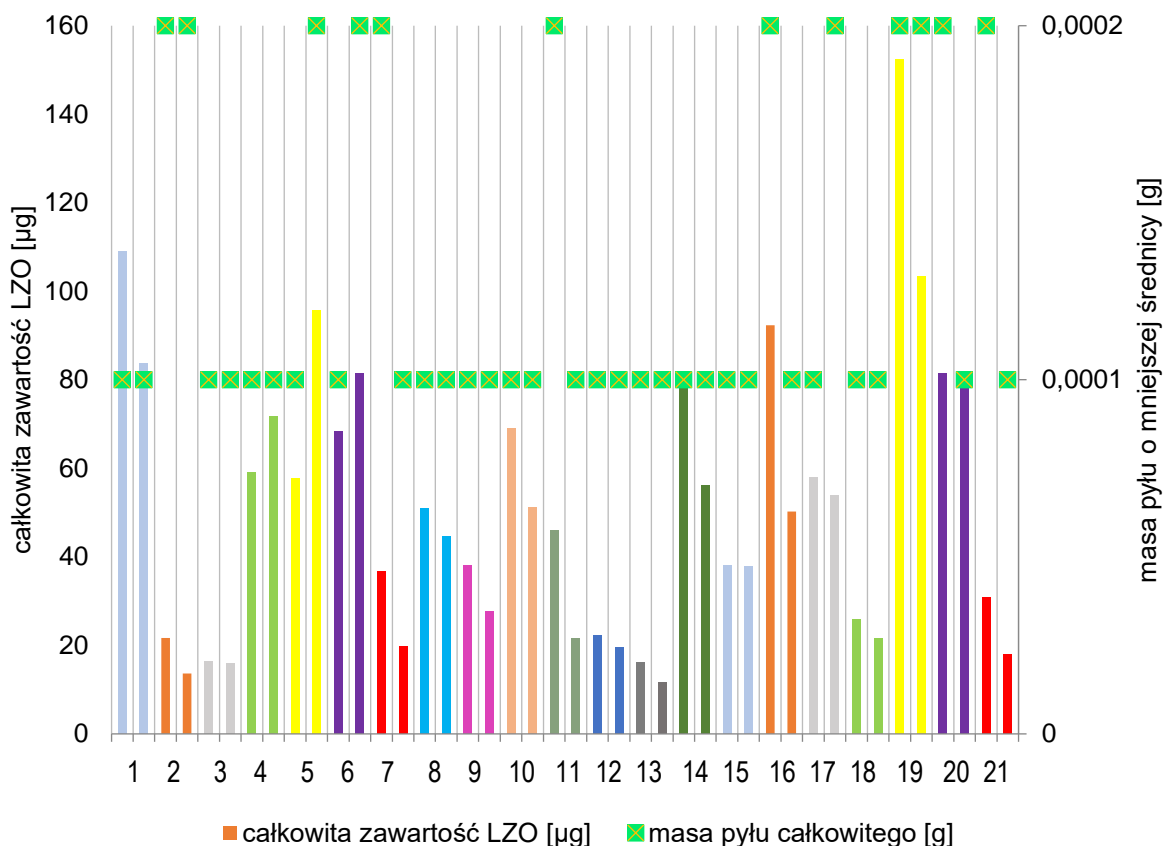
#### Pył zawieszony o mniejszej średnicy cząstek

Średnia zawartość LZO w pyłe o mniejszej średnicy cząstek wynosiła  $127,82 \pm 79,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Rysunek 22 przedstawia zakres analizowanych stężeń w zakresie od 29,34 do  $380,73 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Najwyższą wartość mierzonego parametru odnotowano w pomieszczeniu zabiegowym SMKOG (Szpital im. Mikołaja Kopernika w Gdańsku, Oddział Gastroenterologii), gdzie uzyskano największy rozstęp wyników ( $122,45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Natomiast najniższe stężenie LZO występowało w UCKMR (UCK, Centrum Medycyny Rodzinnej [ $29,34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ]).



Rys. 22. Całkowita zawartość LZO w pyłe zawieszonym o mniejszej średnicy z uwzględnieniem wartości minimalnych, maksymalnych i średnich w poszczególnych jednostkach: **1-SMODCH; 2-SMOOK; 3-POZDD; 4-POZS; 5-UCKKChO; 6-UCKOChO; 7-UCKOHD; 8-UCKOSD; 9-UCKPH; 10-UCKOHA; 11-UCKOHB; 12-UCKOT; 13-UCKCMR; 14-UCKOGRB; 15-UCKOOKR; 16-WCO; 17-POZSP; 18-POZSt; 19-SMKOG; 20-SMKOP; 21-SMKPZD**

Analizując dane pod kątem stężenia masowego lotnych związków organicznych w pyłe o mniejszej średnicy cząstek (Rysunek 23) zauważono, że w poszczególnych jednostkach opieki zdrowotnej wraz ze wzrostem masy pyłu obserwowane jest zwiększenie całkowitej zawartości LZO.

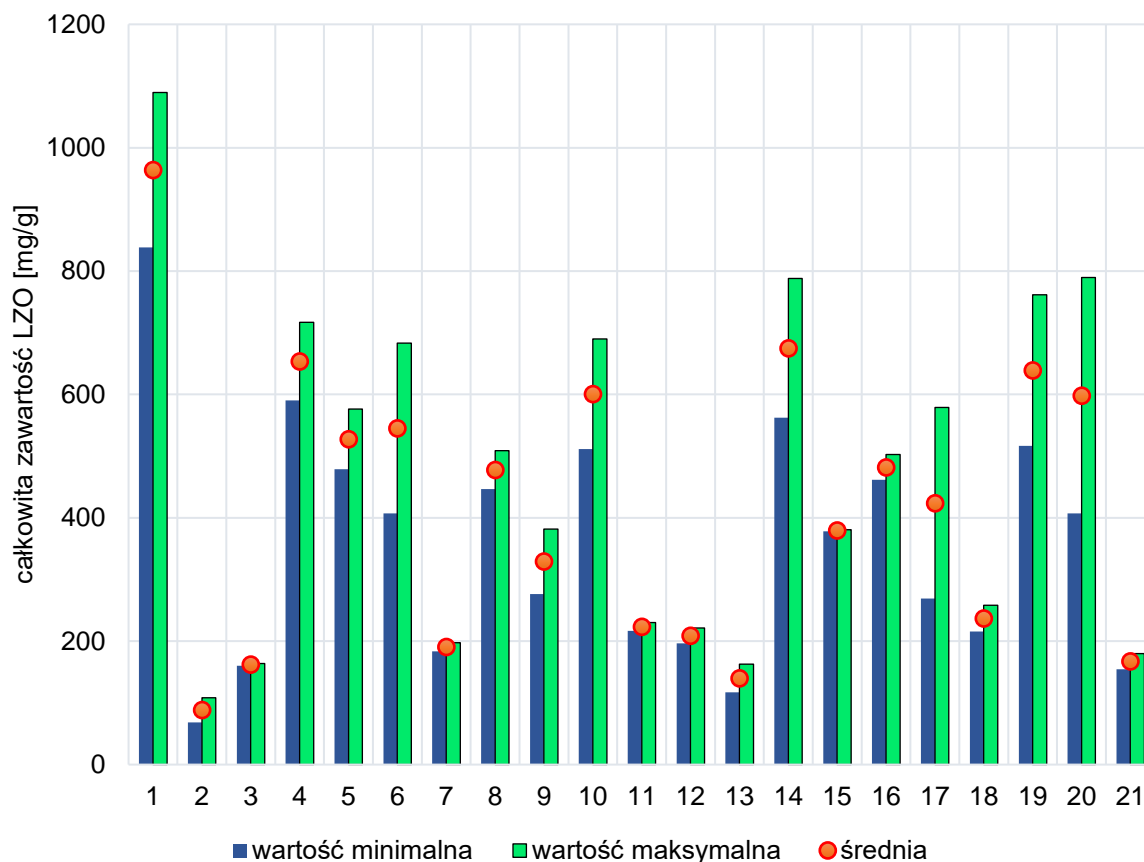


Rys. 23. Całkowita zawartość LZO w pyłe o mniejszej średnicy cząstek oraz jego masa z uwzględnieniem dwóch pomiarów w poszczególnych jednostkach: 1-SMODCH; 2-SMOOK; 3-POZDD; 4-POZS; 5-UCKKChO; 6-UCKOChO; 7-UCKOHD; 8-UCKOSD; 9-UCKPH; 10-UCKOHA; 11-UCKOHB; 12-UCKOT; 13-UCKCMR; 14-UCKOGRB; 15-UCKOOKR; 16-WCO; 17-POZSP; 18-POZSt; 19-SMKOG; 20-SMKOP; 21-SMKPZD

Powyższe założenie nie zostało spełnione w SMKOP (Szpital im. Mikołaja Kopernika w Gdańsku, Oddział Gastroenterologii), gdzie masa pyłu nie miała wpływu na uzyskaną wartość całkowitej zawartości LZO.

Biorąc pod uwagę wyniki stężeń całkowitej zawartości lotnych związków organicznych w przeliczeniu na masę pyłu zawieszonego o mniejszej średnicy cząstek (Rysunek 24), można zauważyć, że średnia zawartość LZO wynosiła 414,93 mg/g. Najniższe stężenie mierzonego parametru zaobserwowano w Szpitalu Morskim im PCK w Gdyni, Oddział Onkologii Klinicznej (SMOOK, 68,24 mg/g), a najwyższe w Szpitalu Morski im. PCK w Gdyni, Oddział Dzienny Chemioterapii (SMODCH, 1089,69 mg/g). Średnia zawartość LZO w pyłe zawieszonym wynosiła  $414,93 \pm 242,28$  mg/g. Największy rozstęp wyników stężenia masowego

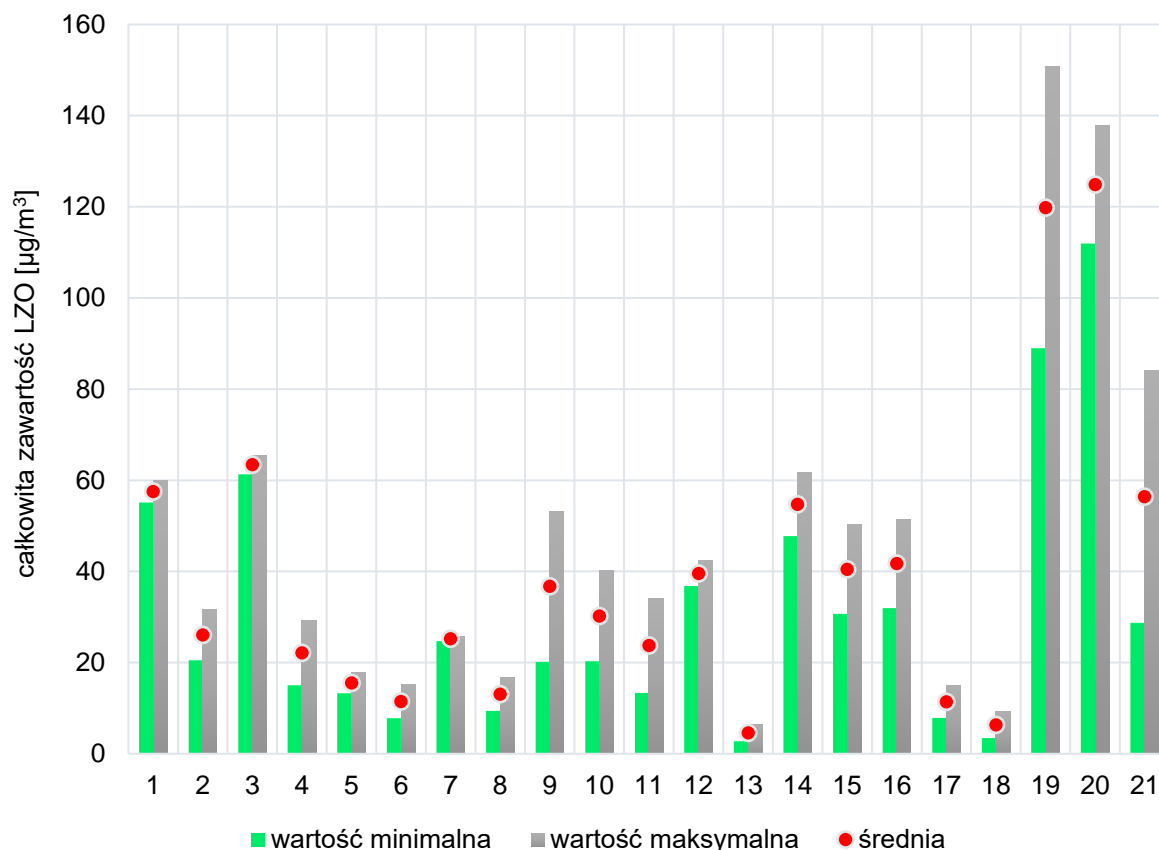
zaobserwowano w SMKOG (48,98 mg/g), co pokrywa się ze wartością rozstępu dla stężeniem masowo-objętościowego.



Rys. 24. Całkowita zawartość LZO w pyłe zawieszonym o mniejszej średnicy cząstek z uwzględnieniem wartości minimalnych, maksymalnych i średnich w poszczególnych jednostkach: 1-SMODCH; 2-SMOOK; 3-POZDD; 4-POZS; 5-UCKKChO; 6-UCKOChO; 7-UCKOHD; 8-UCKOSD; 9-UCKPH; 10-UCKOHA; 11-UCKOHB; 12-UCKOT; 13-UCKCMR; 14-UCKOGRB; 15-UCKOOKR; 16-WCO; 17-POZSP; 18-POZSt; 19-SMKOG; 20-SMKOP; 21-SMKPZD

#### Pył zawieszony o większej średnicy cząstek

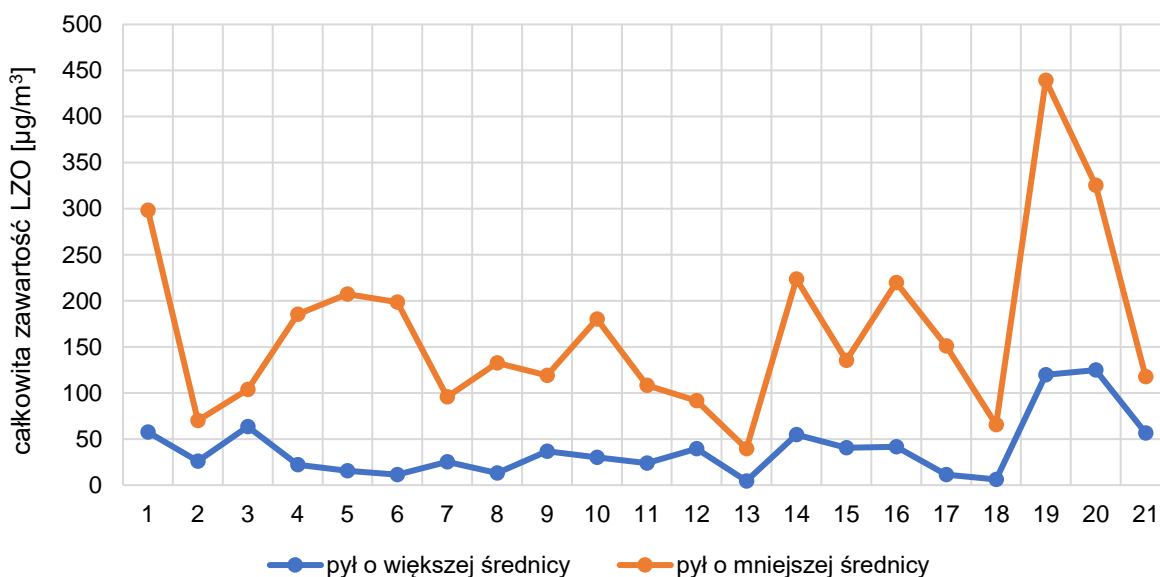
Średnia zawartość lotnych związków organicznych w pyłe o większej średnicy cząstek występującym w powietrzu wewnętrznego wybranych jednostek opieki zdrowotnej wynosiła  $39,28 \pm 34,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Analizując dane zilustrowane na Rysunku 25 można zauważyć, że najwyższe stężenie LZO występowało w Szpitalu im. Mikołaja Kopernika w Gdańsku, Oddział Gastroenterologii (SMKOG,  $150,66 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), gdzie występowała największa różnica w wartości mierzonego parametru ( $61,69 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Najniższą zawartość LZO odnotowano w UCK, Centrum Medycyny Rodzinnej (UCKCMR,  $2,71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



Rys. 25. Całkowita zawartość LZO w pyłe zawieszonym o większej średnicy cząstek z uwzględnieniem wartości minimalnych, maksymalnych i średnich w poszczególnych jednostkach: **1-SMODCH; 2-SMOOK; 3-POZDD; 4-POZS; 5-UCKKChO; 6-UCKOChO; 7-UCKOHD; 8-UCKOSD; 9-UCKPH; 10-UCKOHA; 11-UCKOHB; 12-UCKOT; 13-UCKCMR; 14-UCKOGRB; 15-UCKOOKR; 16-WCO; 17-POZSP; 18-POZSt; 19-SMKOG; 20-SMKOP; 21-SMKPŹD**

### Pył zawieszony

Biorąc pod uwagę dane zilustrowane na Rysunku 26 zaobserwowano, że w pyłe zawieszonym o większej średnicy cząstek znajduje się mniejsza zawartość LZO, niż w pyłe o mniejszej średnicy cząstek. Średnie stężenie LZO w próbkach tego samego powietrza było czterokrotnie wyższe w pyłe o mniejszej średnicy niż w pyłe o większej średnicy. Najwyższe stężenie LZO w obydwu matrycach uzyskano w tej samej jednostce opieki zdrowotnej (SMOG).



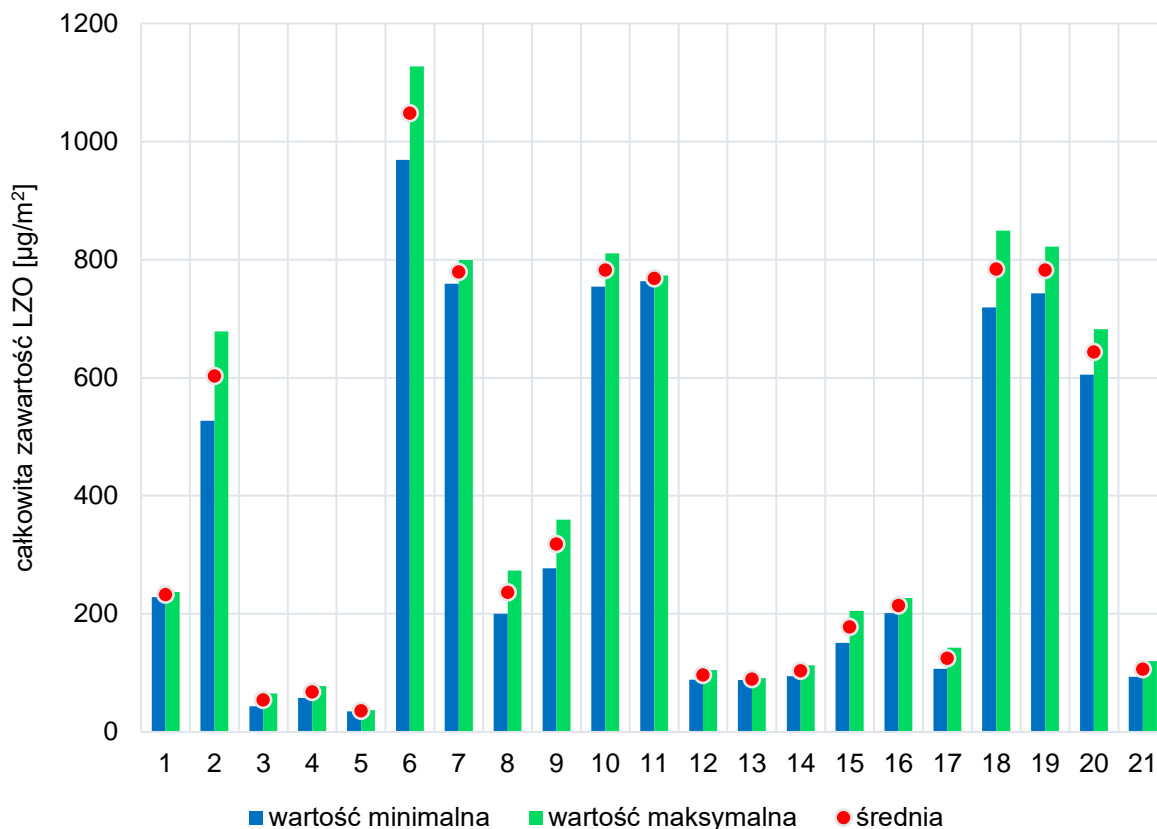
Rys. 26. Całkowita zawartość LZO w pyłe zawieszonym z uwzględnieniem wartości średnich w poszczególnych jednostkach: 1-SMODCH; 2-SMOOK; 3-POZDD; 4-POZS; 5-UCKKChO; 6-UCKOChO; 7-UCKOHD; 8-UCKOSD; 9-UCKPH; 10-UCKOHA; 11-UCKOHB; 12-UCKOT; 13-UCKCMR; 14-UCKOGRB; 15-UCKOOKR; 16-WCO; 17-POZSP; 18-POZSt; 19-SMKOG; 20-SMKOP; 21-SMKPZD

### Kurz

Całkowitą zawartość LZO w kurzu uzyskano sumując oszacowane zawartości poszczególnych związków występujących w próbkach. Stężenie lotnych związków organicznych zostało wyrażone za pomocą jednostki  $\mu\text{g}/\text{m}^2$  (w przeliczeniach uwzględniono pole powierzchni  $1 \text{ m}^2$ , z którego pobierano próbki kurzu). Dodatkowo w zestawieniu wykorzystano stężenie masowe (jednostka  $\text{mg}/\text{g}$ ), uwzględniające całkowitą zawartość LZO, która występowała w określonej masie kurzu. Pomiary prowadzono dwukrotnie w wybranych jednostkach opieki zdrowotnej (w pomieszczeniach zabiegowych).

Średnia całkowita zawartość LZO w kurzu pobranym z powierzchni  $1 \text{ m}^2$  wynosiła  $383,35 \pm 327,91 \mu\text{g}/\text{m}^2$ . Zakres stężeń był mocno zróżnicowany (Rysunek 27), zawierał się w przedziale od  $34,71 \mu\text{g}/\text{m}^2$  (UCKKChO-UCK, Katedra i Klinika Chirurgii Onkologicznej) do  $1127,23 \mu\text{g}/\text{m}^2$  (UCKOChO-UCK, Oddział Chemioterapii Onkologicznej). W jednostce UCKKOChO występował największy rozstęp wynoszący  $158,49 \mu\text{g}/\text{m}^2$ . Uzyskano powtarzalne wyniki pomiarów (w obrębie tych samych jednostek), których zmienność wynosiła od 1,27% do 33,10%.





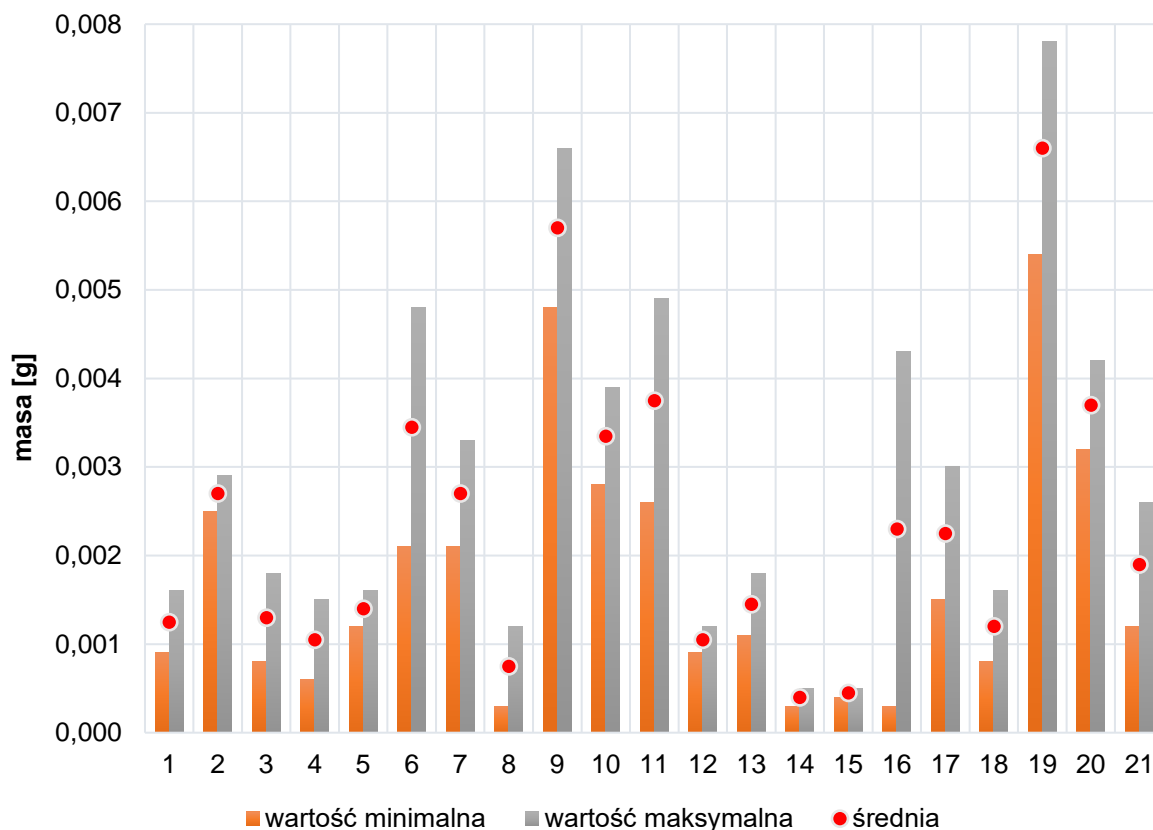
Rys. 27. Całkowita zawartość LZO w kurzu, z uwzględnieniem wartości minimalnych, maksymalnych i średnich, w poszczególnych jednostkach: 1-SMODCH; 2-SMOOK; 3-POZDD; 4-POZS; 5-UCKKChO; 6-UCKOChO; 7-UCKOHD; 8-UCKOSD; 9-UCKPH; 10-UCKOHA; 11-UCKOHB; 12-UCKOT; 13-UCKCMR; 14-UCKOGRB; 15-UCKOOKR; 16-WCO; 17-POZSP; 18-POZSt; 19-SMKOG; 20-SMKOP; 21-SMKPZD

Rysunek 28 przedstawia masy kurzu pobranego w poszczególnych jednostkach opieki zdrowotnej. Uzyskano zróżnicowane wartości w przedziale od 0,0003 do 0,0078 g (średnia masa kurzu wynosiła 0,00238 g). Największą masę kurzu, wynoszącą 0,0078 g wyodrębniono w SMKOP (Szpital im. Mikołaja Kopernika w Gdańsku, Oddział Gastroenterologii). Natomiast najmniejsza masa kurzu (0,0003 g) została pobrana w UCKOGRB i UCKOSD.

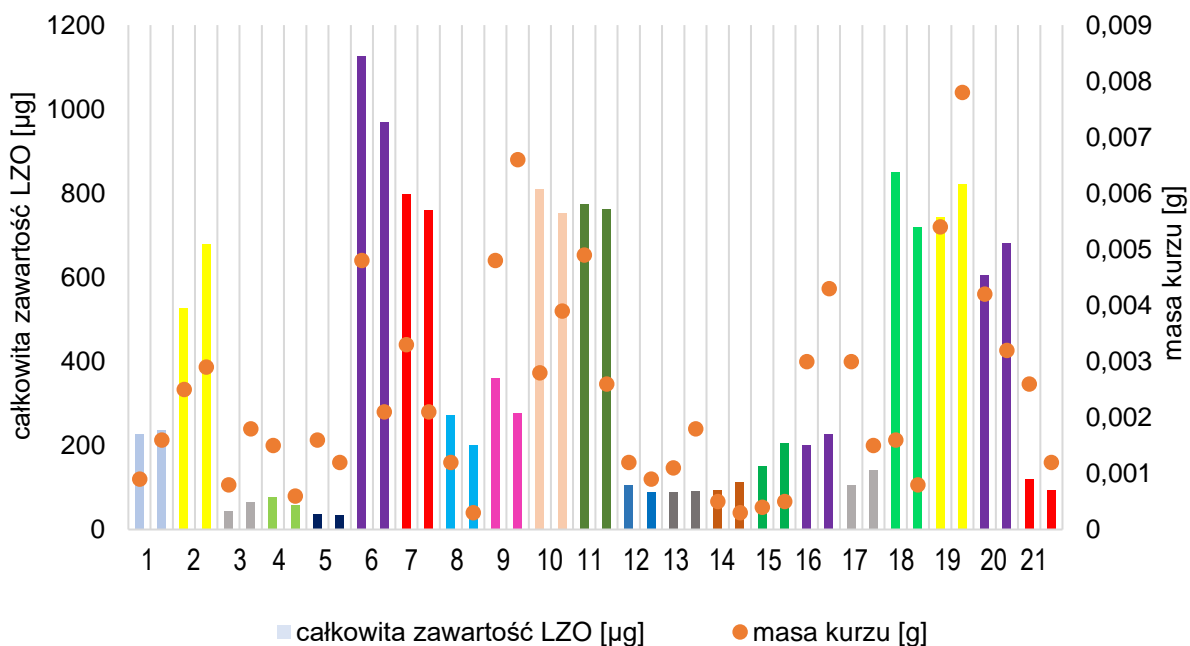
Na podstawie danych zilustrowanych na Rysunku 29 zaobserwowano, że:

- masa kurzu nie jest skorelowana z całkowitą zawartością LZO;
- masa kurzu oraz całkowita zawartość LZO przyjmowała podobne poziomy wartości w poszczególnych jednostkach opieki zdrowotnej;
- zwykle wzrost masy kurzu był skorelowany ze wzrostem całkowitej zawartości LZO (w nielicznych przypadkach zaobserwowano odwrotną zależność).

## WYNIKI



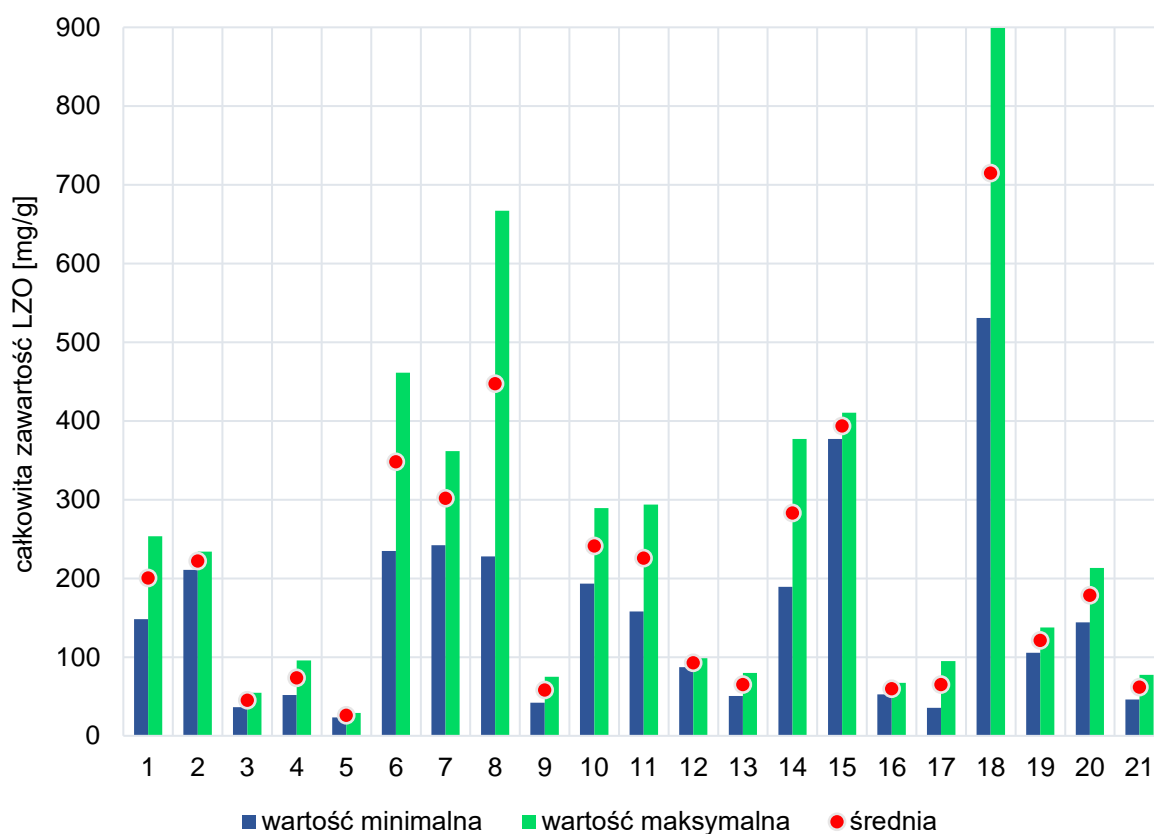
Rys. 28. Masa kurzu z uwzględnieniem wartości minimalnych, maksymalnych i średnich w poszczególnych jednostkach: 1-SMODCH; 2-SMOOK; 3-POZDD; 4-POZS; 5-UCKKChO; 6-UCKOChO; 7-UCKOHD; 8-UCKOSD; 9-UCKPH; 10-UCKOHA; 11-UCKOHB; 12-UCKOT; 13-UCKCMR; 14-UCKOGRB; 15-UCKOOKR; 16-WCO; 17-POZSP; 18-POZSt; 19-SMKOG; 20-SMKOP; 21-SMKPZD



Rys. 29. Całkowita zawartość LZO i masa kurzu w poszczególnych jednostkach: 1-SMODCH; 2-SMOOK; 3-POZDD; 4-POZS; 5-UCKKChO; 6-UCKOChO; 7-UCKOHD; 8-UCKOSD; 9-UCKPH; 10-UCKOHA; 11-UCKOHB; 12-UCKOT; 13-UCKCMR; 14-UCKOGRB; 15-UCKOOKR; 16-WCO; 17-POZSP; 18-POZSt; 19-SMKOG; 20-SMKOP; 21-SMKPZD

## WYNIKI

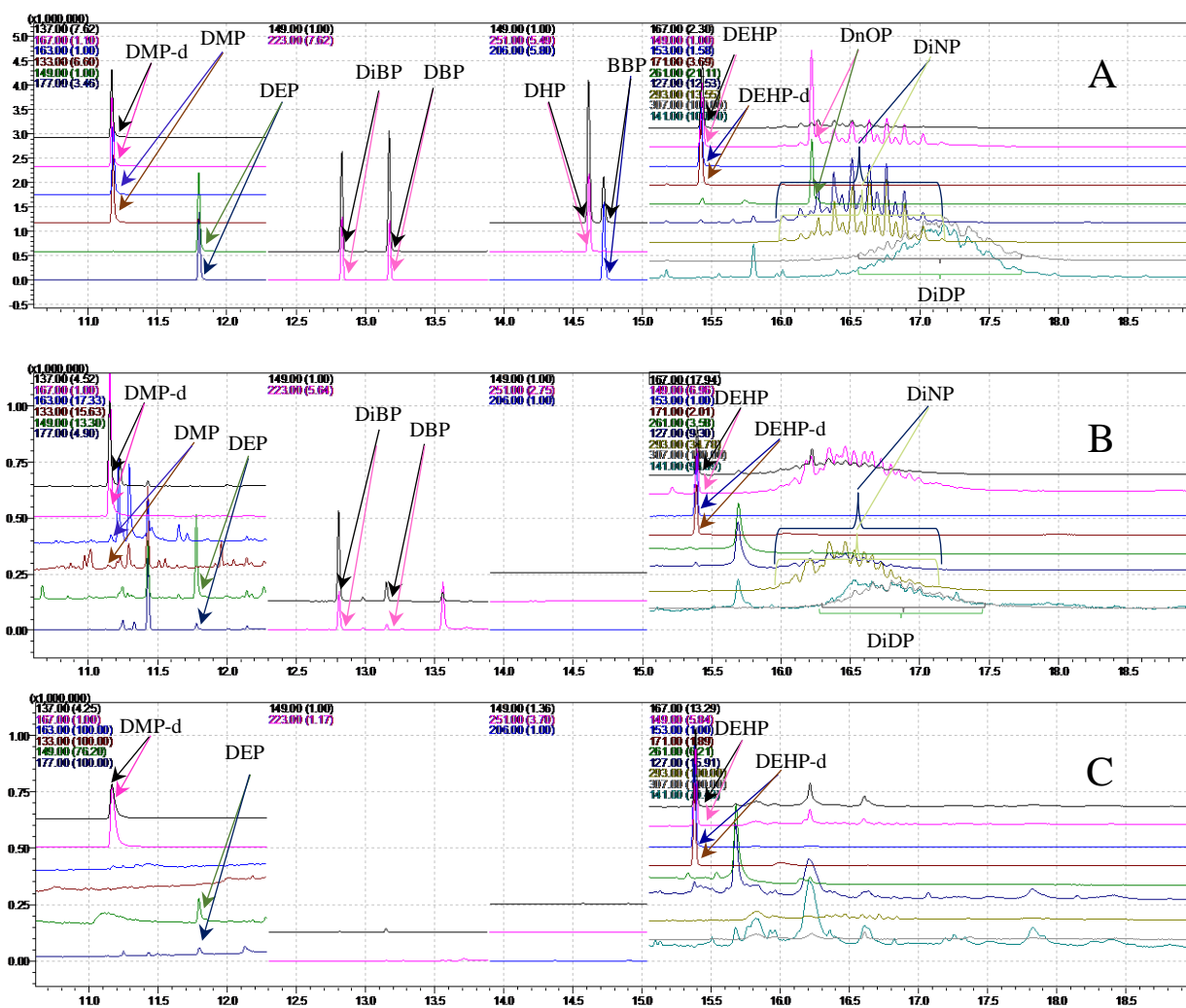
W wyniku przeprowadzonych badań i obliczeń uzyskano również wyniki dla całkowitej zawartości LZO w przeliczeniu na jednostkę masy pobranego kurzu. Całkowita średnia zawartość LZO w pobranych próbkach kurzu wynosiła 201,38 mg/g. Najwyższa wartość mierzonego parametru (898,99 mg/g) występowała w POZSt, a najniższa (23,20 mg/g) w UCKKChO, co potwierdzają zarówno wyniki wykonane podczas I, jak i II tury oznaczeń (Rysunek 30).



Rys. 30. Całkowita zawartość LZO w kurzu w poszczególnych jednostkach: 1-SMODCH; 2-SMOOK; 3-POZDD; 4-POZS; 5-UCKKChO; 6-UCKOChO; 7-UCKOHD; 8-UCKOSD; 9-UCKPH; 10-UCKOHA; 11-UCKOHB; 12-UCKOT; 13-UCKCMR; 14-UCKOGRB; 15-UCKOOKR; 16-WCO; 17-POZSP; 18-POZSt; 19-SMKOG; 20-SMKOP; 21-SMKPZD

### 3.3 Oznaczanie ftalanów w próbkach powietrza

Ftalan-y oznaczano w powietrzu z wykorzystaniem techniki TD-GC/MS w trybie monitorowania wybranych jonów (SIM) [p. 2.4.1]. W wyniku przeprowadzania analiz uzyskiwano obraz chromatograficzny, którego przykład dla roztworów wzorcowych i próbki rzeczywistej powietrza wewnętrznego oraz próbki powietrza zewnętrznego przedstawiono poniżej na Rysunku 31.



Rys. 31. Chromatogram analizy TD-GC/MS ftalanów w trybie SIM: **A**-roztworów wzorcowych; **B**-próbki rzeczywistej powietrza wewnętrznego UCKOSD, p. socjalny; **C**-próbki rzeczywistej powietrza zewnętrznego w pobliżu UCKOSD

## 3.3.1 Zawartość poszczególnych ftalanów w próbkach powietrza

Powietrze wewnętrzne

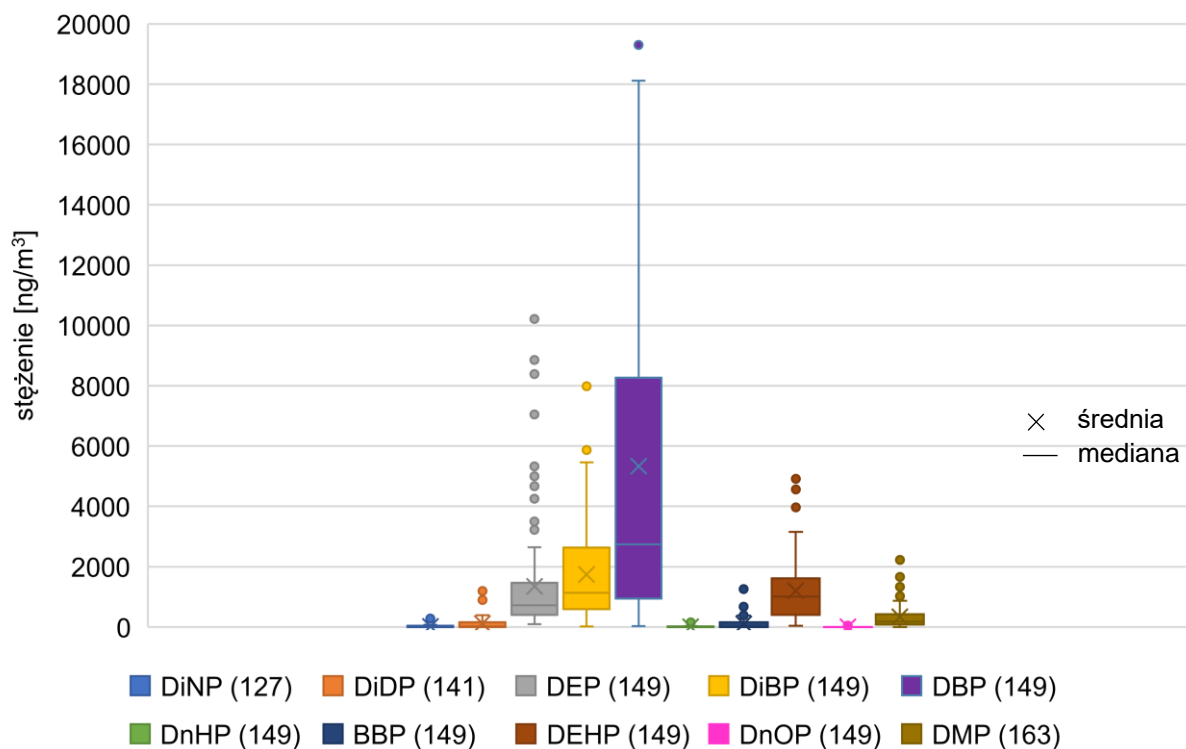
Zawartości poszczególnych estrów kwasu ftalowego z uwzględnieniem zakresu wartości, średniej arytmetycznej, odchylenia standardowego i mediany przedstawiono poniżej w Tabeli 18. Dla związków, których zawartość wynosiła poniżej granicy oznaczalności (<LOQ) przyjęto wartość  $\frac{1}{2}$  LOD. Pomiary wykonywano w dwóch niezależnych seriach pomiarowych.

Tabela 18. Wyniki zawartości ftalanów w powietrzu wewnętrznym wybranych placówek

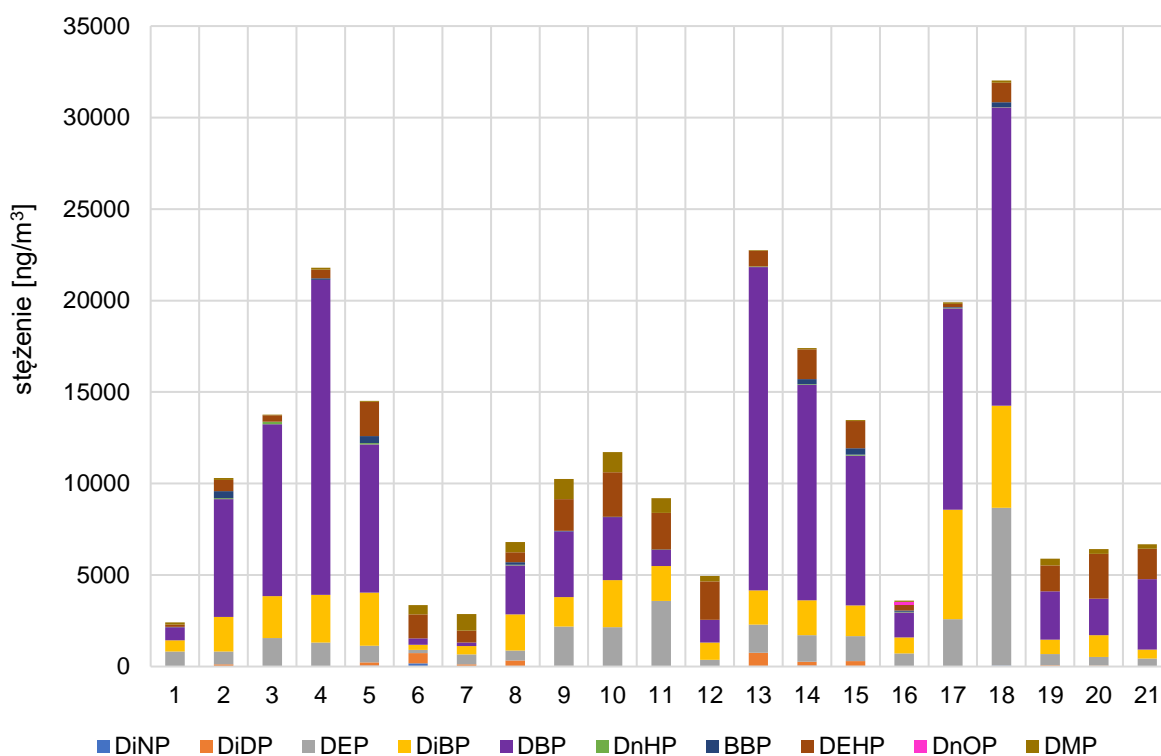
FTALAN	ZAKRES WARTOŚCI		ŚREDNIA [ng/m <sup>3</sup> ]	ODCHYLENIE STANDARDOWE [ng/m <sup>3</sup> ]	MEDIANA [ng/m <sup>3</sup> ]
	MIN [ng/m <sup>3</sup> ]	MAX [ng/m <sup>3</sup> ]			
<b>DMP</b>	0,51	2229,69	339,80	413,60	176,26
<b>DEP</b>	94,23	10218,13	1349,91	1723,13	717,30
<b>DiBP</b>	17,94	8223,51	1738,13	1580,18	1135,03
<b>DBP</b>	28,36	25488,52	5334,43	6155,86	2742,15
<b>DnHP</b>	<LOD	272,49	11,21	35,06	1,50
<b>BBP</b>	<LOD	1379,91	105,45	207,69	5,94
<b>DEHP</b>	44,01	4913,76	1200,00	1005,78	1005,28
<b>DnOP</b>	<LOD	265,17	9,43	41,51	<LOD
<b>DiDP</b>	<LOD	1193,77	112,50	202,94	18,31
<b>DiNP</b>	<LOD	314,69	23,16	42,19	0,01
<b>SUMA</b>	961,03	33965,83	10224,02	8098,96	7916,85

Dodatkowo na Rysunku 32 zestawiono zawartość poszczególnych ftalanów w wybranych jednostkach opieki zdrowotnej. Dane uwzględniają dwie serie pomiarów oraz oznaczenia w zdefiniowanych pomieszczeniach wewnętrznych. Wszystkie estry kwasu ftalowego w próbkach powietrza wewnętrznego oznaczono co najmniej ośmiokrotnie w trakcie wykonywanych badań ilościowych. Największe rozrzuty wyników oraz stężenia otrzymano dla związków: DBP, DEP oraz DiBP. Natomiast najniższe stężenia uzyskano dla ftalanów: DiNP, DiDP, DnHP, DnOP i BBP, których stężenie wielokrotnie nie przekraczało wartości LOD w powietrzu wewnętrznym. Wartość średnia stężenia DBP jest dużo wyższa (dwukrotnie) niż mediana, co wskazuje na występowanie tej substancji w niektórych próbkach powietrza na bardzo wysokich poziomach stężeń. Taką samą tendencję zaobserwowano również dla pozostałych estrów kwasu ftalowego, z wyjątkiem DEHP, którego rozstęp wyników był najmniejszy, czyli uzyskano wyniki o najmniejszej zmienności. Analiza uzyskanych danych pomiarowych wskazuje, iż największy udział w całkowitej zawartości estrów kwasu ftalowego miał DBP, a najmniejszy DnOP.

## WYNIKI



Rys. 32. Zawartość poszczególnych ftalanów w jednostkach opieki zdrowotnej



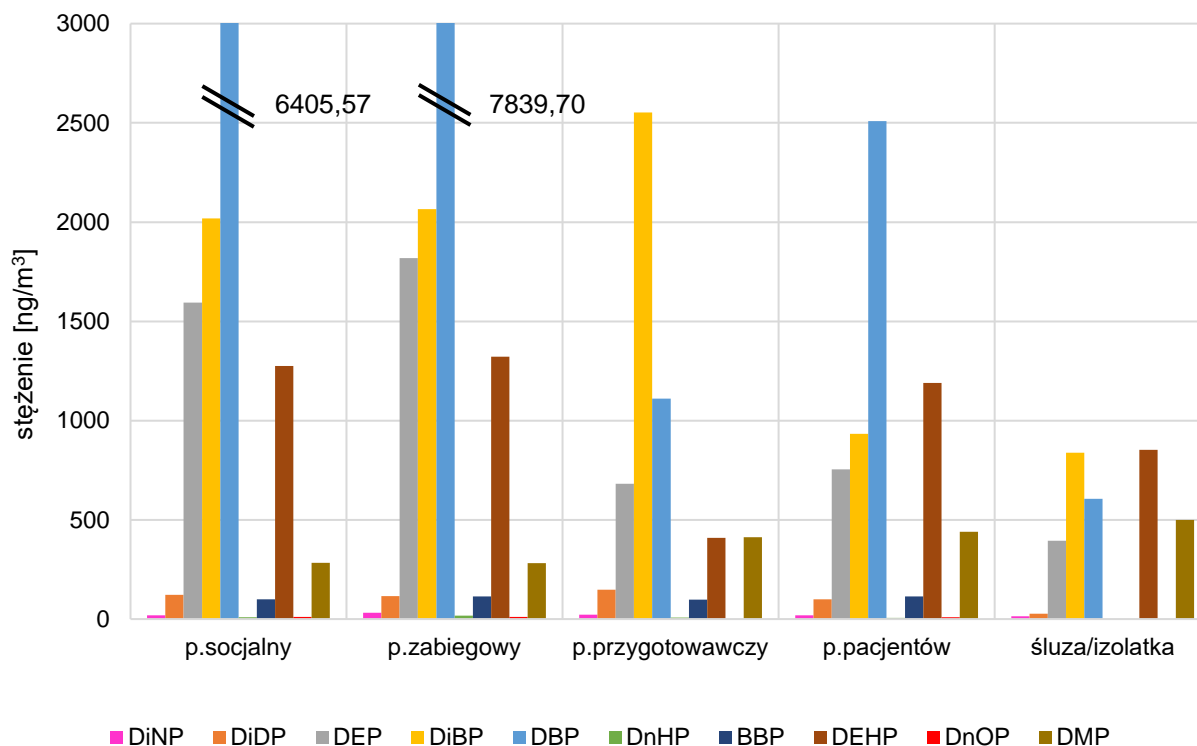
Rys. 33. Średnia zawartość poszczególnych ftalanów w poszczególnych jednostkach: 1-SMODCH; 2-SMOOK; 3-POZDD; 4-POZS; 5-UCKKChO; 6-UCKOChO; 7-UCKOHD; 8-UCKOSD; 9-UCKPH; 10-UCKOHA; 11-UCKOHB; 12-UCKOT; 13-UCKCMR; 14-UCKOGRB; 15-UCKOOKR; 16-WCO; 17-POZSP; 18-POZSt; 19-SMKOG; 20-SMKOP; 21-SMKPZD

Z analiza wyników przedstawionych na Rysunku 33 wynika, że:

- ftalan DnOP został oznaczony (stężenie > LOD) w jednej jednostce opieki zdrowotnej (WCO 148,59 ng/m<sup>3</sup>);
- najwyższe stężenia średnie zaobserwowano dla związku DBP (zakres wartości od 196,45 ng/m<sup>3</sup> [UCKOHD] do 17664,33 ng/m<sup>3</sup> [UCKCMR]);
- ftalany: DEP, DiBP, DBP, DEHP i DMP występowały we wszystkich jednostkach opieki zdrowotnej powyżej granicy oznaczalności.

Analizując wyniki pomiarów (Rysunek 34) w pomieszczeniach o określonym przeznaczeniu, pod kątem uzyskanych stężeń średnich poszczególnych ftalanów, można stwierdzić, iż:

- najmniejszy rozrzut wyników średnich w poszczególnych pomieszczeniach zaobserwowano dla ftalanów: DiNP (13,57-31,47 ng/m<sup>3</sup>), DiDP (26,79-147,83 ng/m<sup>3</sup>), DnHP (<LOD-18,00 ng/m<sup>3</sup>), BBP (<LOD-114,21 ng/m<sup>3</sup>), DnOP (<LOD-10,90 ng/m<sup>3</sup>);
- ftalany: DnHP, BBP, DnOP występowały poniżej granicy wykrywalności w śluzach i izolatkach;
- najwyższe średnie stężenie odnotowano dla ftalanu DBP w pomieszczeniach socjalnych (6405,57 ng/m<sup>3</sup>) oraz zabiegowych (7839,70 ng/m<sup>3</sup>), natomiast w pozostałych pomieszczeniach wartości te nie różniły się między sobą (p. przygotowawcze 1110,23 ng/m<sup>3</sup>; p. pacjentów 2508,48 ng/m<sup>3</sup>, śluzy i izolatki 605,22 ng/m<sup>3</sup>);
- stężenia średnie DEP, DEHP, osiągały najwyższą zawartość średnią w pomieszczeniach socjalnych i zabiegowych, osiągając podobne zakresy wartości;
- najwyższe stężenie średnie DiBP zaobserwowano w pomieszczeniach przygotowawczych (2552,38 ng/m<sup>3</sup>), a najniższe w p. pacjentów (933,34 ng/m<sup>3</sup>) oraz w śluzach i izolatkach (838,58 ng/m<sup>3</sup>), natomiast w p. socjalnych i zabiegowych były na podobnym poziomie zawartości;
- nie zaobserwowano różnic w stężeniach DEHP w pokojach pacjentów, socjalnych i zabiegowych;
- najwyższe stężenia średnie DMP występowały w śluzach i izolatkach (498,95 ng/m<sup>3</sup>), natomiast najmniejsze różnice w wynikach zaobserwowano w p. socjalnych i zabiegowych oraz w p. przygotowawczych i pacjentów.

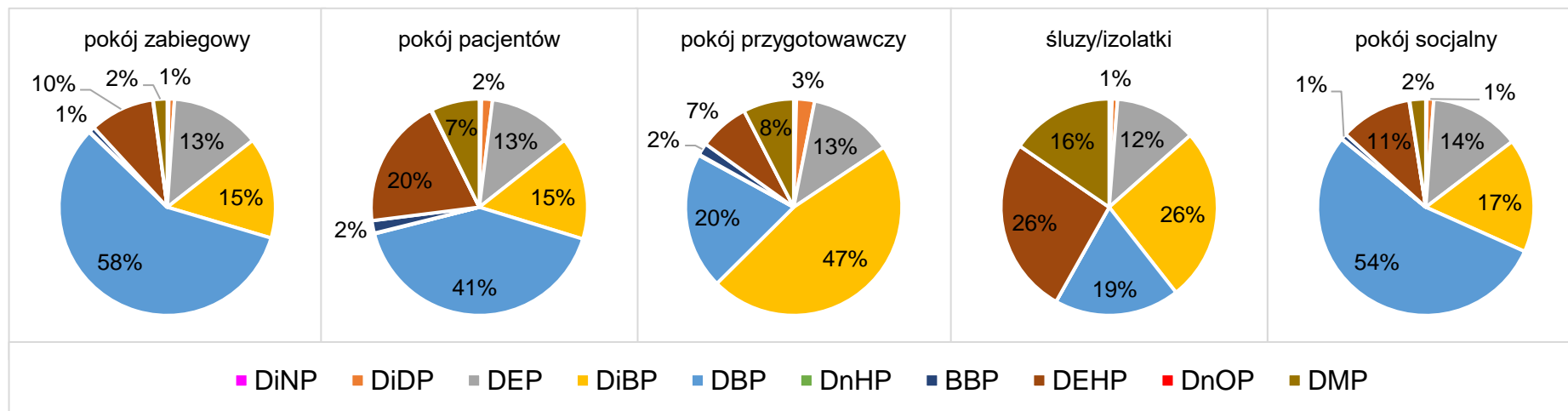


Rys. 34. Średnie zawartości ftalanów w poszczególnych pomieszczeniach badanych jednostek

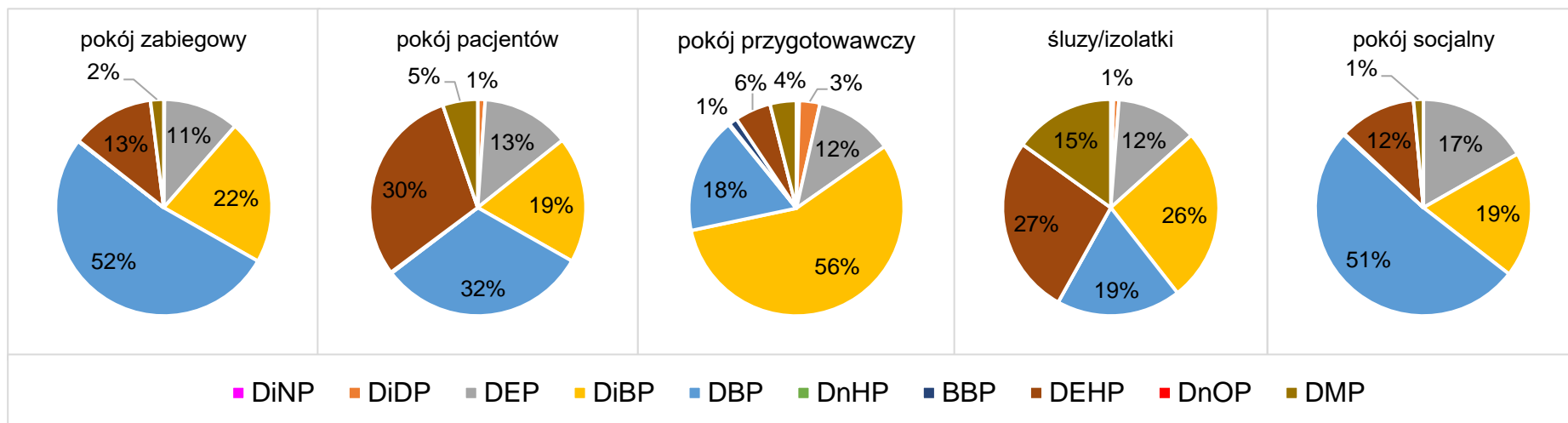
Analizując dane zestawione na Rysunku 35 i 36 należy zauważyć, iż wartości średnie oraz mediany udziałów procentowych poszczególnych ftalanów w powietrzu wewnętrznym, z podziałem na poszczególne pomieszczenia, nieznacznie różnią się między sobą. Największą różnicę zaobserwowano dla procentowej zawartości DiBP (średnia zawartość 47%, mediany zawartości 56%) w p. przygotowawczych, co jest spowodowane wpływem próbek o bardzo wysokich zawartościach DiBP w UCKOSD (średnia  $4887,49 \pm 179,52 \text{ ng/m}^3$ ) oraz w SMOOK (średnia  $4514,96 \pm 63,69 \text{ ng/m}^3$ ). W pomieszczeniach zabiegowych oraz socjalnych występuje podobny udział procentowy analizowanych estrów kwasu ftalowego, z największym odsetkiem DBP wynoszącym dla zawartości średnich 58% (p. zabiegowe) i 54% (p. socjalne).



## WYNIKI



Rys. 35. Średnia procentowa zawartość ftalanów w powietrzu wewnętrznym w poszczególnych pomieszczeniach



Rys. 36. Mediana procentowych zawartości ftalanów występujących w powietrzu wewnętrznym pomieszczeń o różnym przeznaczeniu

Powietrze zewnętrzne

Poniżej w Tabeli 19 przedstawiono zawartości poszczególnych ftalanów w powietrzu zewnętrznym. Estry kwasu ftalowego: DEP, DiBP, DBP oraz DEHP występowały we wszystkich analizowanych próbkach. Natomiast DiNP oraz DiDP nie wykryto zastosowaną metodą analityczną w badanym materiale (stężenie <LOD).

Tabela 19. Zawartość poszczególnych ftalanów w powietrzu zewnętrznym

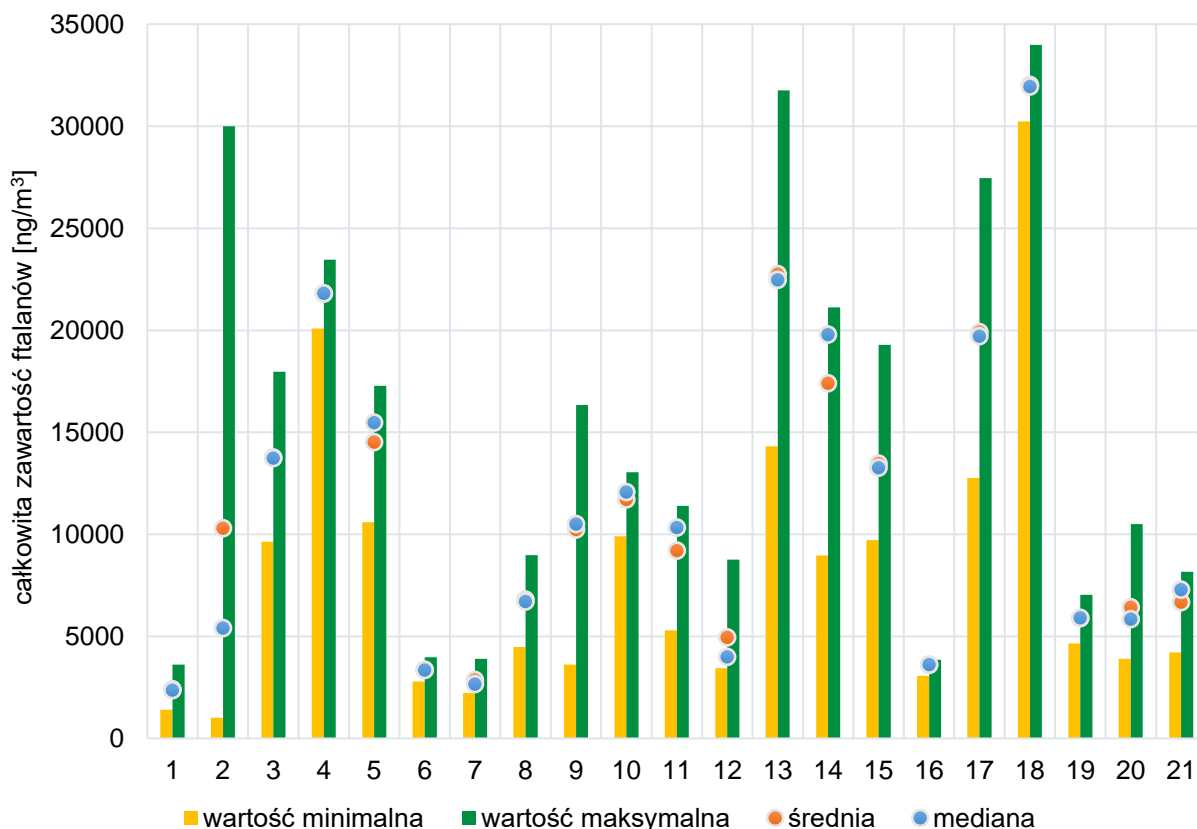
FTALAN	ZAKRES WARTOŚCI		ŚREDNIA [ng/m <sup>3</sup> ]	ODCHYLENIE STANDARDOWE [ng/m <sup>3</sup> ]	MEDIANA [ng/m <sup>3</sup> ]
	MIN [ng/m <sup>3</sup> ]	MAX [ng/m <sup>3</sup> ]			
<b>DMP</b>	<LOQ	<LOQ	0,07	0,07	0,05
<b>DEP</b>	<LOQ	7,75	2,83	2,77	1,28
<b>DiBP</b>	<LOQ	13,92	3,38	3,37	2,90
<b>DBP</b>	<LOQ	8,69	3,72	2,82	2,91
<b>DnHP</b>	<LOQ	<LOQ	0,07	0,26	0,01
<b>BBP</b>	<LOQ	86,49	20,38	24,69	10,84
<b>DEHP</b>	157,49	171,10	166,28	3,52	166,80
<b>DnOP</b>	<LOQ	3,74	0,39	1,01	0,01
<b>DiDP</b>	<LOD	<LOD	-	-	-
<b>DiNP</b>	<LOD	<LOD	-	-	-
<b>SUMA</b>	167,62	273,44	197,14	31,16	183,36

## 3.3.2 Całkowita zawartość ftalanów w próbkach powietrza

Całkowita zawartość ftalanów w powietrzu wewnętrznym wyliczono na podstawie sumy 10 ftalanów: DMP, DEP, DiBP, DBP, DnHP, BBP, DEHP, DnOP, DiDP, DiNP. Stężenie związków, których zawartość wynosiła >LOQ, przyjęto wartość ½ LOD.

Powietrze wewnętrzne

Najwyższa całkowita zawartość estrów kwasu ftalowego wynosiła 33965,83 ng/m<sup>3</sup> (NZOZ „Stogi” w Gdańsku [POZSt], p. zabiegowy), a najniższa 961,03 ng/m<sup>3</sup> (Szpital Morski im PCK w Gdyni, Oddział Onkologii Klinicznej [SMOOK], p. socjalny). Średnia ilość ftalanów w poszczególnych oddziałach szpitalnych, ambulatoryjnych i budynkach jednostek POZ osiągała wartość 10224,02±8098,96 ng/m<sup>3</sup> (mediana 7916,85 ng/m<sup>3</sup>). Na Rysunku 37 przedstawiono wartości minimalne, maksymalne, średnie i mediany całkowitych zawartości ftalanów w danych jednostkach opieki zdrowotnej (w obliczeniach uwzględniono dwie serie pomiarowe i oznaczenia w poszczególnych pomieszczeniach). Dodatkowo w Załączniku 9 zamieszczono zawartości całkowitej ilości estrów kwasu ftalowego w wybranych budynkach. Analizując dane można zaobserwować, iż największy rozstęp wyników wartości mierzonej uzyskano dla pomiarów wykonanych w SMOOK gdzie wartość średniej i mediany jest najbardziej oddalona od siebie na wykresie, co sugeruje występowanie pojedynczych wyników o wysokich zakresach stężeń

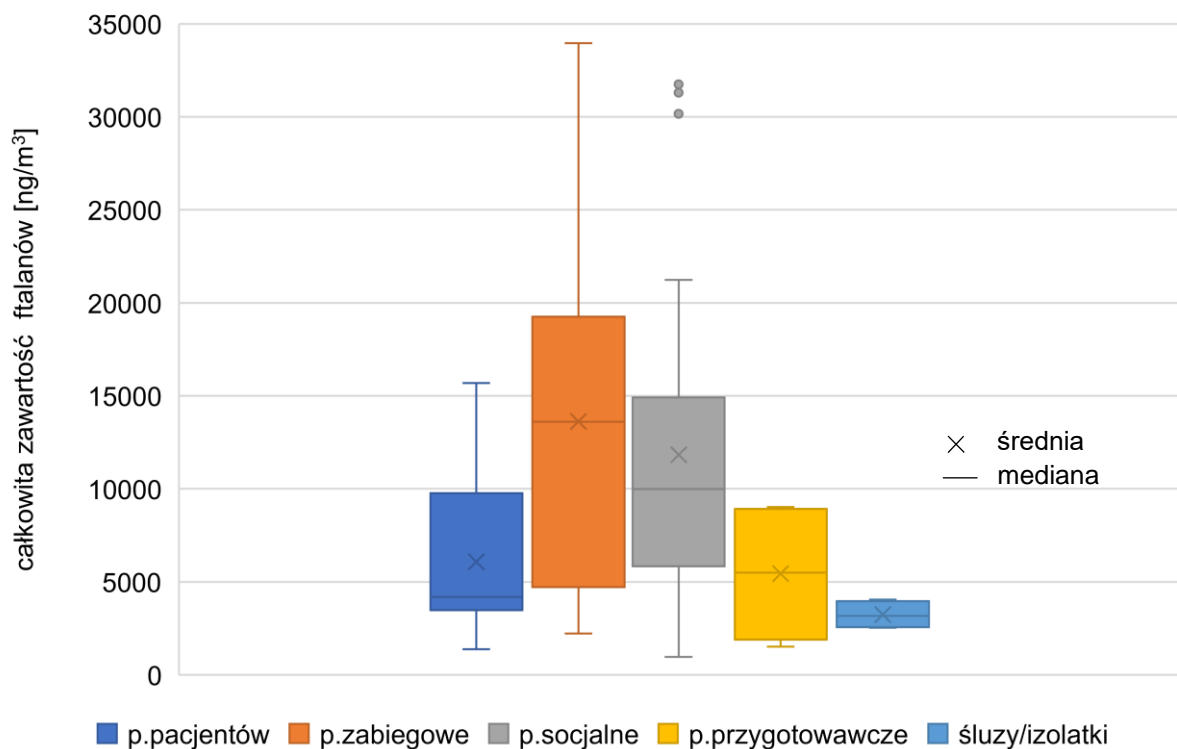


Rys. 37. Całkowita zawartość ftalanów z uwzględnieniem wartości minimalnych, maksymalnych, średnich i mediany w poszczególnych jednostkach: 1-SMODCH; 2-SMOOK; 3-POZDD; 4-POZS; 5-UCKKChO; 6-UCKOChO; 7-UCKOHD; 8-UCKOSD; 9-UCKPH; 10-UCKOHA; 11-UCKOHB; 12-UCKOT; 13-UCKCMR; 14-UCKOGRB; 15-UCKOOKR; 16-WCO; 17-POZSP; 18-POZSt; 19-SMKOG; 20-SMKOP; 21-SMKPZD

Badania prowadzono w pomieszczeniach: socjalnych, zabiegowych, przygotowawczych, pacjentów oraz w szluzach i izolatkach. Zgodnie z Rysunkiem 38 ilustrującym całkowitą zawartość ftalanów w poszczególnych salach, najwyższa średnia zawartość ftalanów występowała w pomieszczeniach zabiegowych (średnia  $13615,82 \pm 8921,60$  ng/m<sup>3</sup>, mediana  $13610,32$  ng/m<sup>3</sup>), a najmniejsza w pomieszczeniach najbardziej izolowanych, takich jak szluzy i izolatki (średnia  $3230,10 \pm 758,43$  ng/m<sup>3</sup>, mediana  $3172,35$  ng/m<sup>3</sup>). W pomieszczeniach zabiegowych występował największy rozrzut uzyskanych wyników, natomiast w szluzach i izolatkach uzyskano najbardziej jednolite wyniki pomiarów.

#### Powietrze zewnętrzne

Najwyższa całkowita zawartość ftalanów w próbkach powietrza zewnętrznego wynosiła  $273,44$  ng/m<sup>3</sup> (powietrze zewnętrzne wokół WCO), a najniższa  $167,62$  ng/m<sup>3</sup> (powietrze w pobliżu SMODCH). Średnia zawartość estrów kwasu ftalowego wynosiła  $197,14 \pm 31,16$  ng/m<sup>3</sup> (mediana  $183,36$  ng/m<sup>3</sup>).



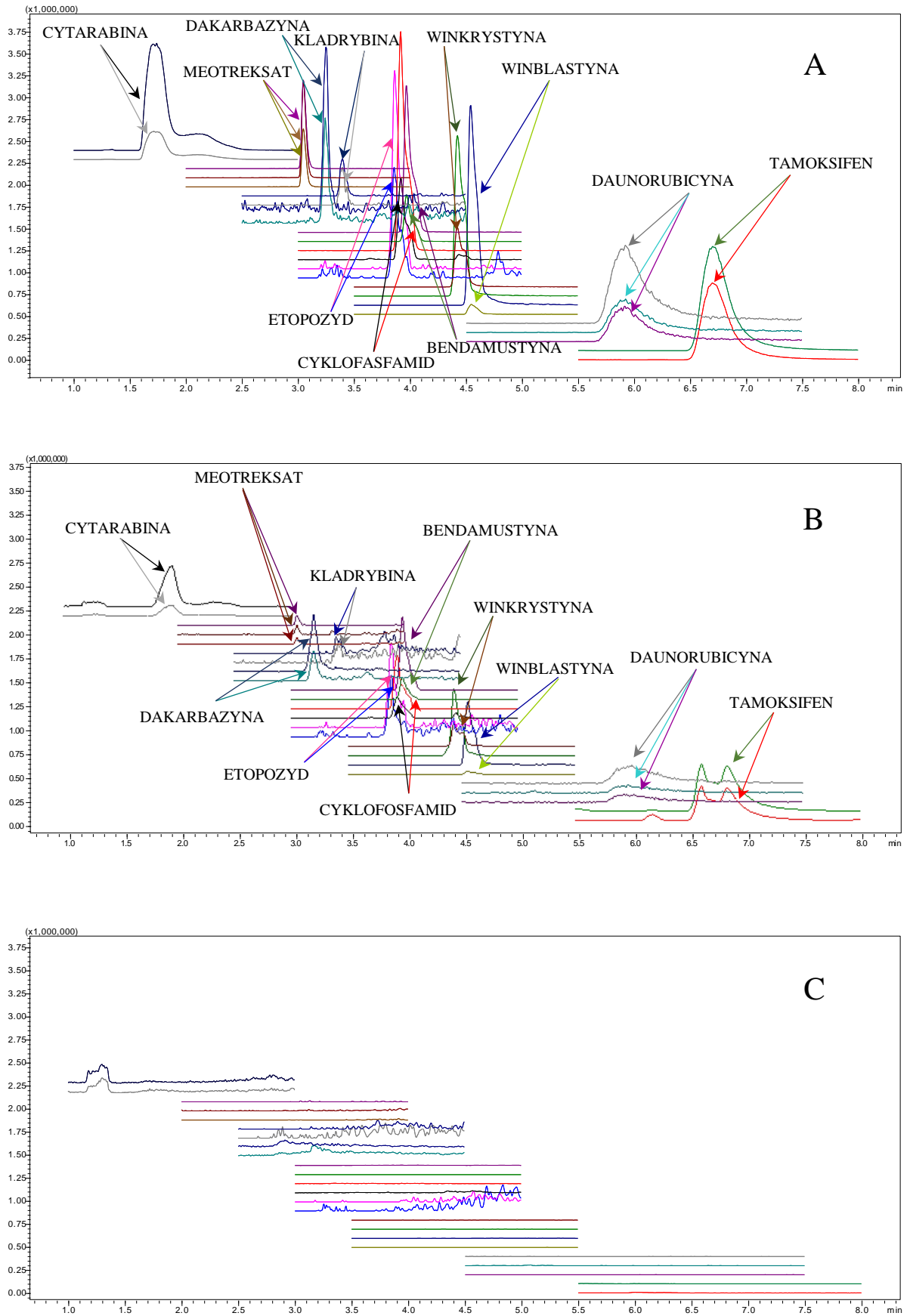
Rys. 38. Całkowita zawartość ftalanów, z uwzględnieniem wartości minimalnych, maksymalnych, średnich i mediana, w pomieszczeniach o określonym przeznaczeniu

### 3.4 Identyfikacja wybranych cytostatyków w próbkach moczu

Identyfikacja cytostatyków w próbkach moczu pielęgniarek została wykonana za pomocą techniki LC-MS/MS (p. 2.4.3). W wyniku przeprowadzonych analiz uzyskano obrazy chromatograficzne, których przykłady dla roztworów wzorcowych, próbki rzeczywistej z dodatkiem roztworów wzorcowych oraz próbki moczu kontrolnego (niezawierającego analizowanych substancji) przedstawiono poniżej na Rysunku 39.

W sumie przeanalizowano 192 próbki moczu (materiał pobrany od 96 pielęgniarek) pod kątem obecności wybranych 11 cytostatyków. W jednej z dwóch próbek moczu pozyskanego od pielęgniarki pracującej w UCKOHA zidentyfikowano dakarbazynę. Natomiast w pozostałych próbkach moczu nie wykryto obecności wybranych cytostatyków (te substancje występowały poniżej granicy wykrywalności wyznaczonej dla poszczególnych roztworów wzorcowych cytostatyków).

## WYNIKI



Rys. 39. Chromatogram analizy LC-MS/MS w trybie SIM: **A**-roztworów wzorcowych cytostatyków (o stężeniu 5 ng/ml każdy); **B**-próbki moczu wraz z roztworem cytostatyków (o stężeniu 5 ng/ml każdy); **C**-próbki kontrolnej moczu (nie zawierającej cytostatyków)



pH moczu

Uzyskane wyniki pomiaru pH moczu (Załącznik 10) wskazują, że

- średnie pH próbek moczu było na poziomie 5,64;
- mediana pH materiału biologicznego wynosiła 5,54;
- zakres mierzonego pH wynosił od 4,36 do 7,76.

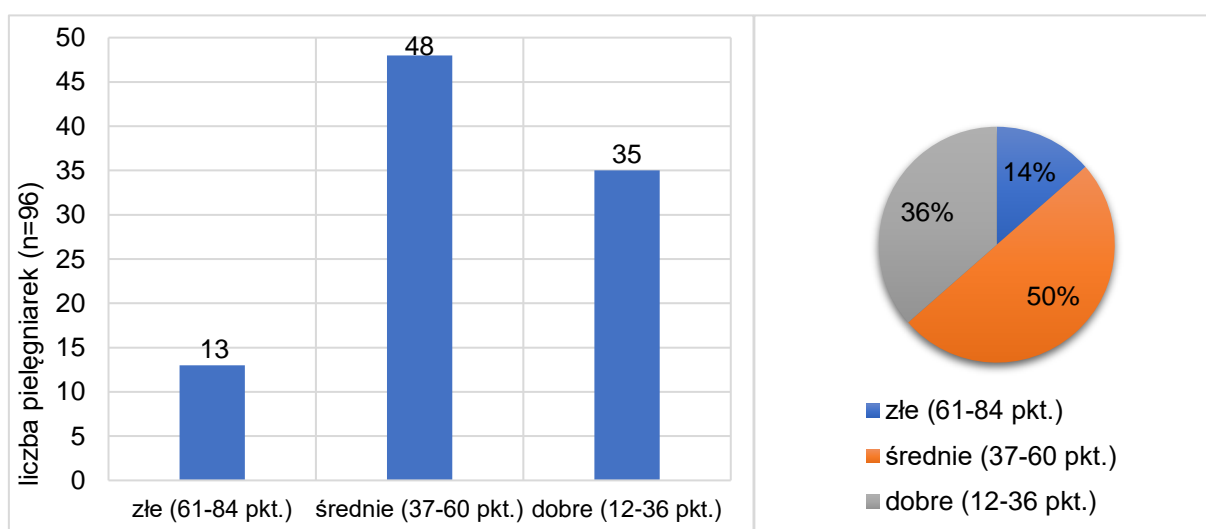
**3.6 Badanie kwestionariuszowe**

W badaniach uzyskano 96 poprawnie wypełnionych egzemplarzy kwestionariusza 1, 2 i 3. Grupę badaną stanowiło 67 pielęgniarek pracujących w oddziałach szpitalnych (62 zatrudnione w szpitalnych jednostkach onkologicznych, 5 nieonkologicznych) oraz 31 pielęgniarek Podstawowej Opieki Zdrowotnej.

Kwestionariusz 1 – samopoczucie po przebudzeniu w dni robocze (Załącznik 1)

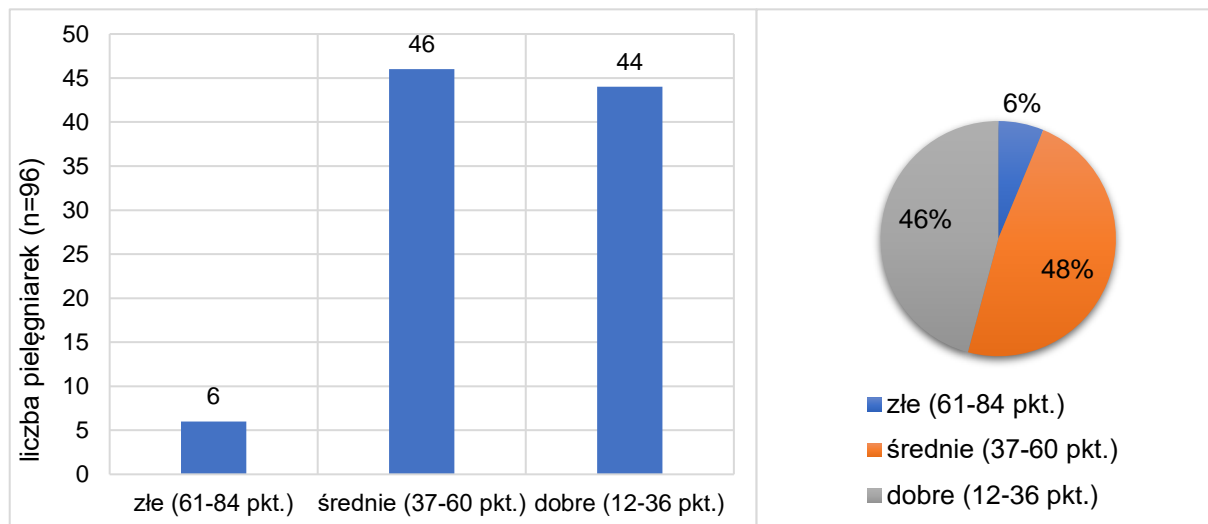
Kwestionariusz 2 – samopoczucie po przebudzeniu w dni wolne od pracy (Załącznik 2)

W efekcie przeprowadzonego badania za pomocą kwestionariusza 1 i 2 uzyskano informacje na temat samopoczucia ankietowanych w ciągu ostatnich 30 dni od dnia wypełnienia kwestionariusza. Pielęgniarki w wyniku odpowiedzi na 12 pytań dotyczących ich stanu fizycznego w trakcie dni roboczych (kwestionariusz 1) uzyskały łącznie od 17 do 81 punktów (średnia 43,8 pkt., mediana 45,0 pkt.). Zgodnie z ustaloną trzystopniową skalą przyporządkowaną do sumy uzyskanych punktów: 14% respondentów zadeklarowało złe samopoczucie, 50% średnie i 36% dobre (Rysunek 41).



Rys. 41. Wyniki kwestionariusza 1 (samopoczucie w dni robocze) uwzględniające 3 stopnie samopoczucia wraz z ich udziałem procentowym w każdej z trzech grup

Suma punktów zdobyta w wyniku udzielenia odpowiedzi na pytania w kwestionariuszu 2 (dni wolne od pracy) była niższa, niż w przypadku kwestionariusza 1 i wynosiła łącznie od 15 do 78 punktów (średnia 39,0 pkt., mediana 37,5 pkt.). Zgodnie z Rysunkiem 42, ankietowani zadeklarowali następujące samopoczucie: 6% złe, 48% średnie i 46% dobre.

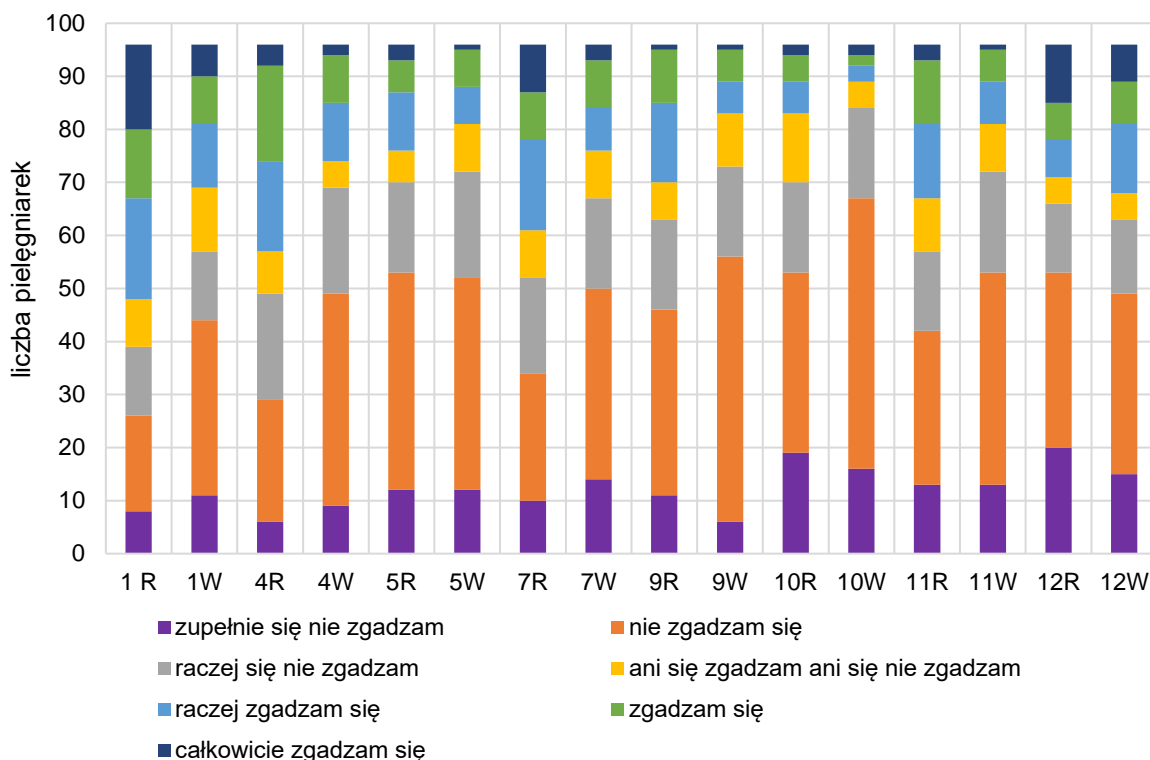


Rys. 42. Wyniki kwestionariusza 2 uwzględniające 3 stopnie samopoczucia wraz z ich udziałem procentowym w każdej z trzech grup (złe, średnie, dobre)

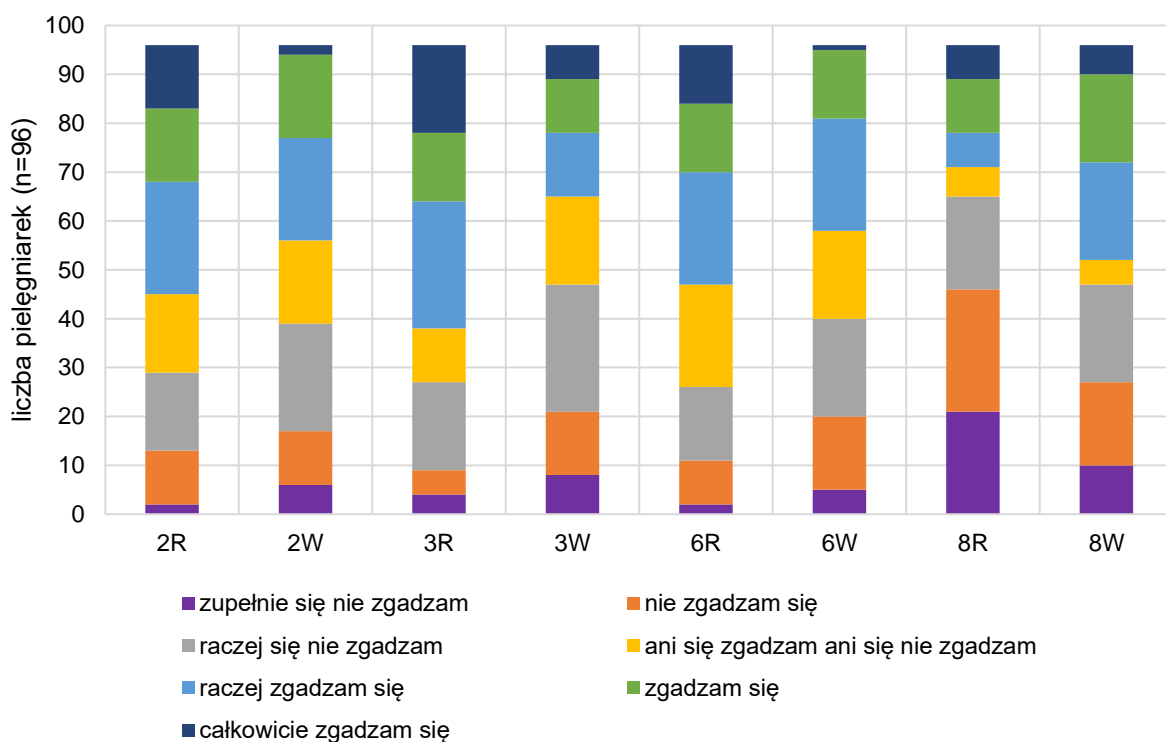
Pielęgniarki w odpowiedzi na 12 pytań zawartych w kwestionariuszu 1 (samopoczucie w dni robocze-R) i 2 (samopoczucie w dni wolne od pracy-W) inaczej oceniały swój stan fizyczny za pomocą 7-stopniowej skali Linkerta (Rysunek 43 i 44).

W pytaniach: **1** (rano trudno mi jest wstać z łóżka), **4** (po przebudzeniu czuję, że brakuje mi energii), **5** (rano wybudzanie się zajmuje mi dużo czasu), **7** (rano zawsze czuję się niewyspana), **9** (w godzinach porannych czuję się ciągle zmęczona), **10** (do południa ciągle chce mi się spać), **11** (rano czuję się senna), **12** (po przebudzeniu ociągam się ze wstawaniem z łóżka do ostatniej chwili) [Rysunek 43] ankietowani najczęściej udzielali odpowiedzi „nie zgadzam się” (dni robocze 237 odpowiedzi [30,9%]; dni wolne od pracy: 324 odpowiedzi [42,2%]). Najrzadziej wybierano opcję „całkowicie zgadzam się” (dni robocze: 29 odpowiedzi, 3,8% odpowiedzi, dni wolne od pracy: 29 odpowiedzi). Najwięcej ankietowanych zupełnie nie zgodziło się z twierdzeniem **10** (dni wolne od pracy: 51 odpowiedzi, [53,1%] dni robocze: 34 odpowiedzi [35,4%]). Najczęściej udzielano odpowiedzi „całkowicie zgadzam się” na pytanie **1** (dni robocze: 16 razy [16,7%], dni wolne od pracy: 6 razy, [0,8 %]). Największy stopień niezdecydowania („ani się zgadzam, ani się nie zgadzam”) wystąpił w dni wolne od pracy w twierdzeniu **12** (12 pielęgniarek, 12,5% ankietowanych) i w pytaniu **10** w dni robocze (13 pielęgniarek, 13,5% ankietowanych).





Rys. 43. Odpowiedzi ankietowanych na pytania: **1** (rano trudno mi jest wstać z łóżka), **4** (po przebudzeniu czuję, że brakuje mi energii), **5** (rano wybudzanie się zajmuje mi dużo czasu), **7** (rano zawsze czuję się niewyspana), **9** (w godzinach porannych czuję się ciągle zmęczona), **10** (do południa ciągle chce mi się spać), **11** (rano czuję się senna), **12** (po przebudzeniu ociągam się ze wstawaniem z łóżka do ostatniej chwili) zawarte w kwestionariuszu dotyczącym dni roboczych (R) i dni wolnych od pracy (W)



Rys. 44. Odpowiedzi ankietowanych na pytania przeciwstawne: **2** (po przebudzeniu czuję się pełna energii), **3** (budzę się rześka i wypoczęta), **6** (po przebudzeniu czuję się pełna życia), **8** (po przebudzeniu zawsze od razu wstaję z łóżka) zawarte w kwestionariuszu dotyczącym dni roboczych (R) i dni wolnych od pracy (W)

W twierdzeniach przeciwstawnych: **2** (po przebudzeniu czuję się pełna energii), **3** (budzę się rześka i wypoczęta), **6** (po przebudzeniu czuję się pełna życia), **8** (po przebudzeniu zawsze od razu wstaję z łóżka) [Rysunek 44] najczęściej udzielano odpowiedzi „raczej się nie zgadzam” (dni robocze: 79 odpowiedzi, 20,6% odpowiedzi; dni wolne od pracy: 77 odpowiedzi, 10,0% odpowiedzi). Najrzadziej zaznaczano opcję „zupełnie się nie zgadzam” w dni wolne od pracy (16 ankietowanych, 4,2% odpowiedzi) oraz „całkowicie zgadzam się” w dni robocze (29 ankietowanych, 7,6%). Największa część ankietowanych odpowiedziała zgodnie na twierdzenie **3** (dni robocze: 26 odpowiedzi „raczej się nie zgadzam”, 27,1 % ankietowanych; dni wolne od pracy: 26 odpowiedzi „raczej zgadzam się”).

### Kwestionariusz 3 – kwestionariusz osobowy (Załącznik 3)

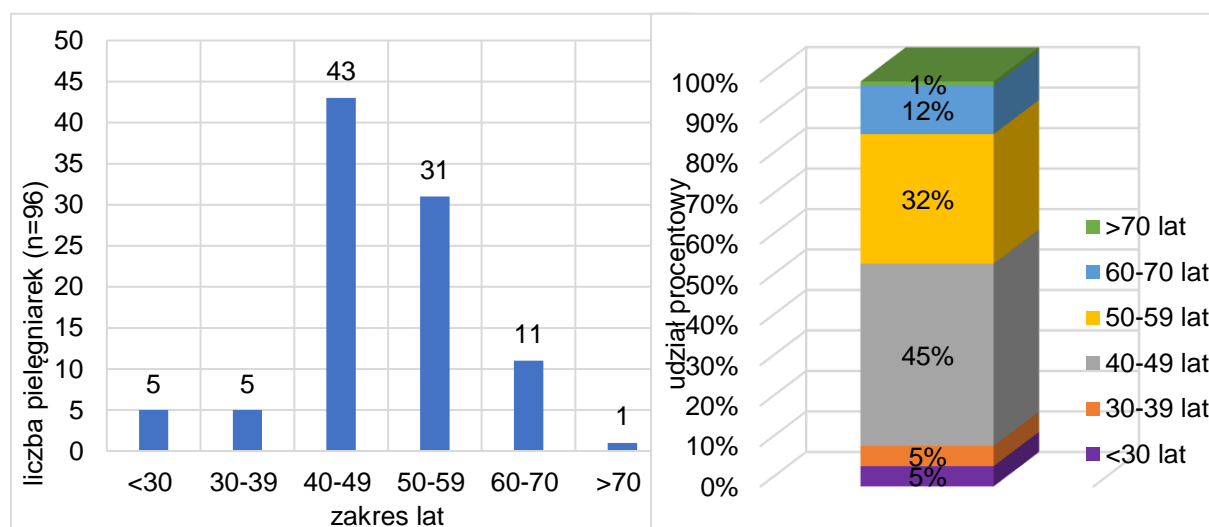
W wyniku przeprowadzenia badania ankietowego przy użyciu wystandaryzowanego kwestionariusza osobowego 3 uzyskano informacje dotyczące danych metrycznych osób badanych, środowiska ich pracy, stanu zdrowia, diety, samopoczucia, stosowania używek oraz aktywności fizycznej i sposobu przebudzania się.

#### Płeć

W badaniu wzięli udział jedynie przedstawiciele płci żeńskiej (96 ankietowanych, 100% grupy badanej).

#### Wiek

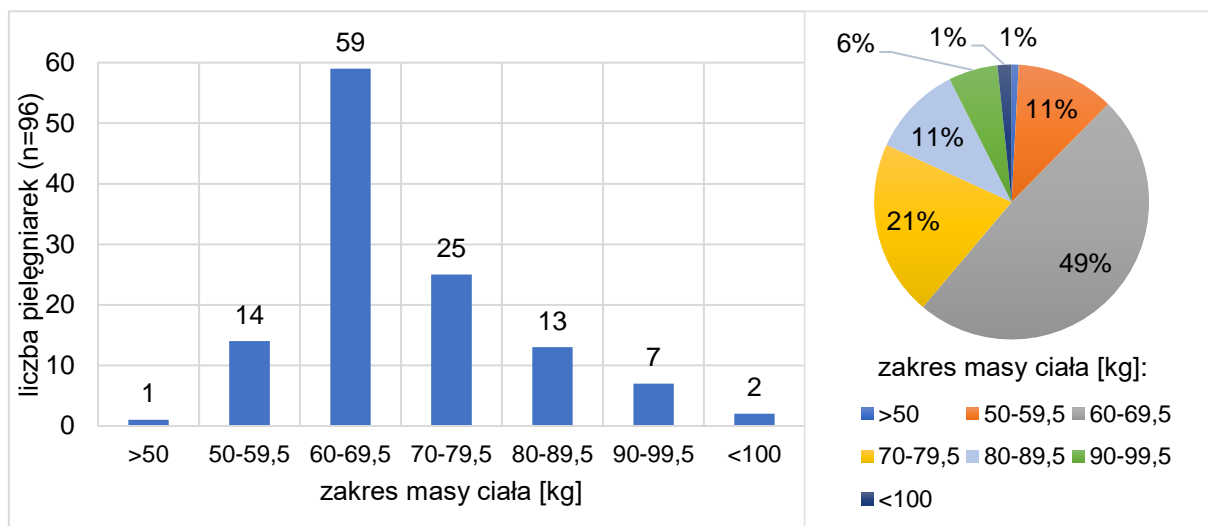
Średni wiek ankietowanych wynosił  $48,6 \pm 9,3$  lat (zakres wartości 25-72 lat, mediana 48,5 lat). Odsetek pielęgniarek w grupie wiekowej 40-49 lat, był największy, wynosił 45%. Dane dotyczące dystrybuanty wieku w grupie badanej zilustrowano na Rysunku 45.



Rys. 45. Dystrybuanta wieku w grupie badanej wraz z ich udziałem procentowym

Masa ciała

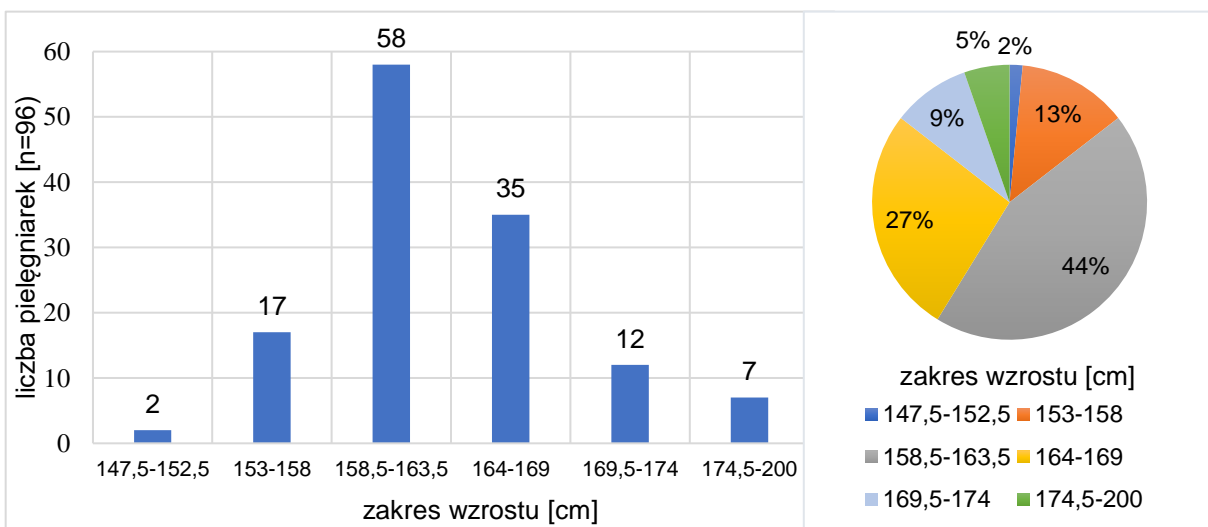
Średnia masa ciała deklarowana przez respondentów wynosiła  $71,1 \pm 13,0$  kg (zakres wartości 49,2-120 kg, mediana 69,3 kg). Największy odsetek pielęgniarek, wynoszący 49% (59 osób ankietowanych) charakteryzował się wagą 60-69,5 kg. Dane zilustrowano na Rysunku 46.



Rys. 46. Rozkład masy ciała w grupie badanej oraz udział procentowy w wybranych zakresach

Wzrost

Zakres wzrostu wynosił 150-188 cm (wartość średnia  $164,4 \pm 6,5$  cm, mediana 164,0 cm). Największy odsetek badanych pielęgniarek, wynoszący 44% (58 osób ankietowanych) posiadał wzrost 158,5-163,5 cm. Natomiast najmniej liczna grupa (2 pielęgniarki, 2% grupy badanej) charakteryzowała się wzrostem mniejszym niż 153 cm (Rysunek 47).



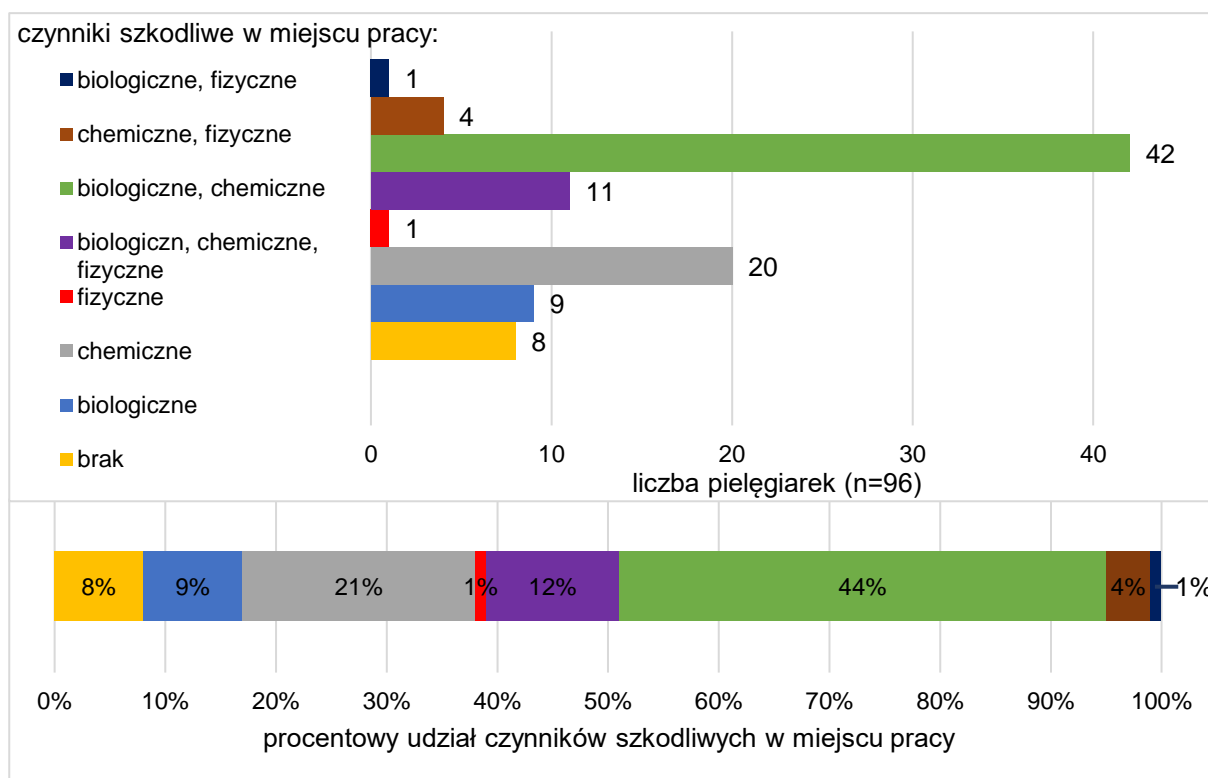
Rys. 47. Rozkład wzrostu w grupie badanej i jego udział procentowy w wybranych zakresach

Rodzaj wykonywanej pracy

70% badanych pielęgniarek zadeklarowało wykonywanie pracy umysłowo-fizycznej (67 ankietowanych), 19% umysłowej (18 ankietowanych) oraz 11% fizycznej (11 ankietowanych).

Czynniki szkodliwe w miejscu pracy

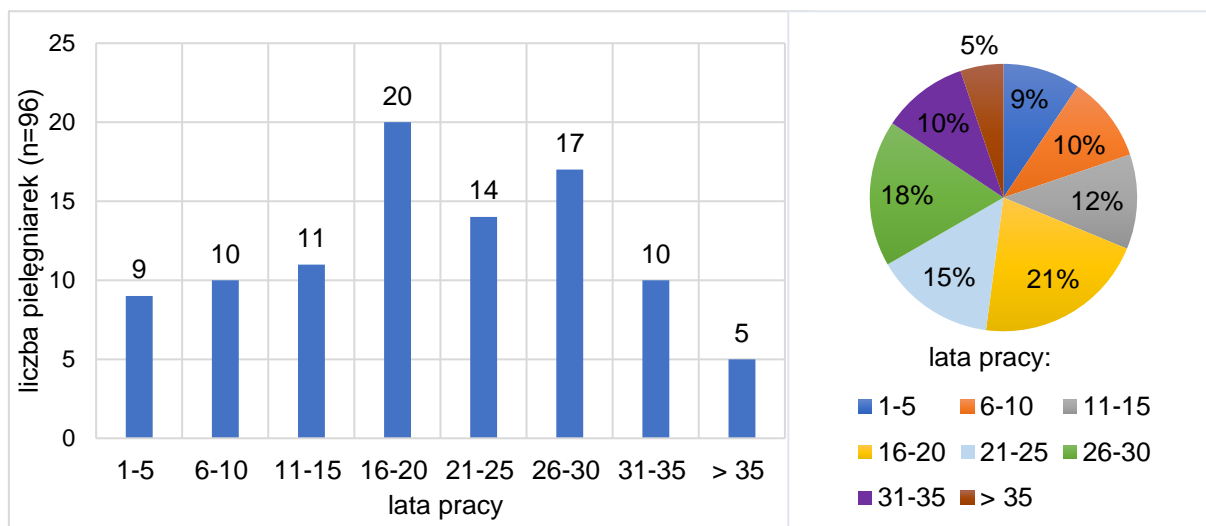
Pielęgniarki komunikowały za pośrednictwem kwestionariusza 3 występowanie w miejscu ich pracy czynników: chemicznych, biologicznych i fizycznych lub ich brak. Spośród badanych 49,0% (47 pielęgniarek) wybrało 2 czynniki szkodliwe dla zdrowia, 31,2% (30 pielęgniarek) 1 czynnik, 11,5% (11 pielęgniarek) 3 czynniki oraz 8,3% (8 pielęgniarek) brak czynników narażenia. Ankietowani najczęściej (76 razy) odpowiedzieli, że czynniki chemiczne, takie jak: środki czystości, substancje dezynfekujące, leki (w tym 33 razy zadeklarowano leki cytostatyczne) są głównym źródłem ich narażenia. Wielokrotnie (62 razy) zaznaczano czynniki biologiczne m.in. bakterie i wirusy, jako faktor zagrażający zdrowiu w miejscu pracy. Najrzadziej (16 razy) wybierano czynnik fizyczny (16 razy, w tym 15 razy promieniowanie jonizujące i 1 raz hałas). Najwyższy odsetek pielęgniarek wynosił 44% (2 czynniki narażenia: biologiczny i chemiczny), natomiast najniższy 1% (1 czynnik fizyczny i 2 czynniki: biologiczny i fizyczny) (Rysunek 48).



Rys. 48. Występowanie czynników szkodliwych w miejscu pracy i ich udział procentowy

Liczba lat pracy

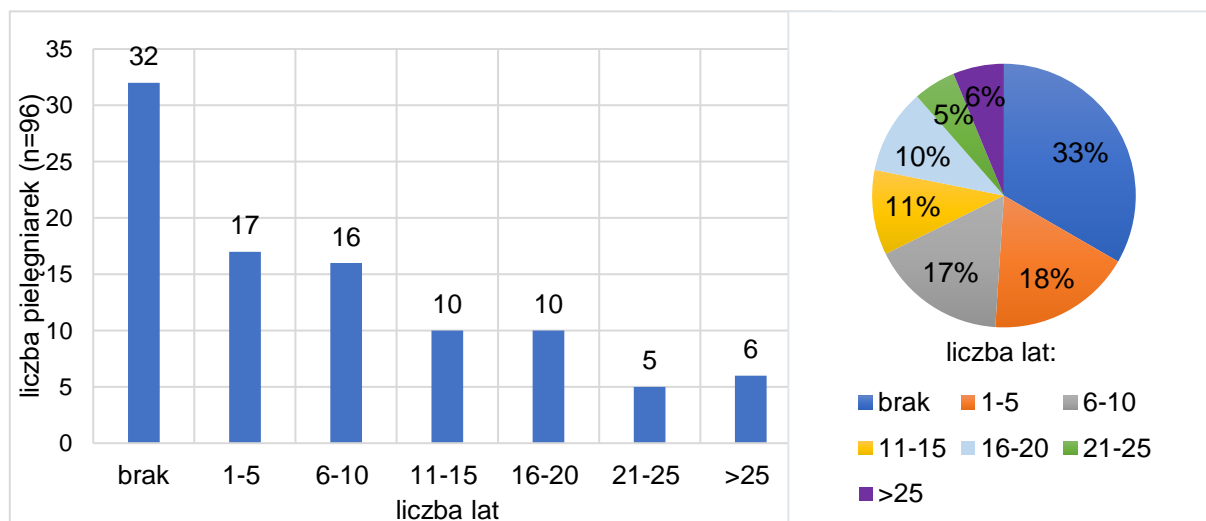
Pielęgniarki włączone do grupy badanej miały od 1 do 42 lat pracy. Średni staż pracy wynosił  $20,5 \pm 10,1$  lat (mediana 20,0 lat). Największy udział, 21% ankietowanych (20 pielęgniarek) miało od 16 do 20 lat pracy na stanowisku pielęgniarka. Najmniejszy udział w grupie badanej miały osoby pracujące powyżej 35 lat (5 pielęgniarek, 5%) (Rysunek 49).



Rys. 49. Rozkład stażu pracy i jego udział procentowy w każdej z 8 grup

Liczba lat pracy w narażeniu na cytostatyki

W grupie badanej, 32 pielęgniarki (33%), deklarowały brak narażenia na cytostatyki w trakcie całego okresu pracy. Natomiast 64 pielęgniarki zaznaczyły występowanie tego czynnika szkodliwego dla zdrowia przez średnio  $12,4 \pm 9,3$  lata (zakres wartości 1-42 lata, mediana 10,0 lat). Dane przedstawiające zakresy lat pracy w narażeniu na cytostatyki zilustrowano na Rysunku 50.



Rys. 50. Rozkład stażu pracy w narażeniu na cytostatyki i jego udział procentowy w każdej z 7 grup

Rodzaj diety

Ankietowani udzielili informacji na pytanie zamknięte dotyczące rodzaju stosowanej diety. Największy odsetek grupy badanej, wynoszący 89,6% (86 pielęgniarek) deklarowało zróżnicowaną dietę. Tylko 1 osoba (1%) była na diecie wysokowęglowodanowej, 2 osoby stosowały dietę wegetariańską i 2 wegańską (2,1%). Mięso stanowiło podstawę jadłospisu 5 osób (5,2%).

*Pytania warunkowe*

Osoby ankietowane udzieliły odpowiedzi na pytania warunkowe. Respondenci po podaniu odpowiedzi twierdzącej (odpowiedz tak) na pytanie filtrujące zamknięte, przekazywali skonkretyzowane informacje dotyczące badanego parametru (w wielu przypadkach występowało kilka odpowiedzi). Następnie, uzyskane informacje uwarunkowane odpowiedzią twierdzącą były analizowane i zliczane pod kątem ich liczby oraz udziału procentowego w grupie badanej. Poniżej w Tabeli 20 zestawiono informacje uzyskane na drodze zastosowanych pytań warunkowych zawartych w kwestionariuszu osobowym 3.

Tabela 20. Odpowiedzi pielęgniarek na pytania warunkowe kwestionariusza osobowego 3

BADANY PARAMETR	UZYSKANE WARTOŚCI (DLA N= 96 PIELEŃNIAREK)		
	ODPOWIEDZ	LICZBA PIELEŃNIAREK, (UDZIAŁ PROCENTOWY)	UWAGI DO ODPOWIEDZI (w nawiasie podano liczbę pielęgniarek udzielających daną odpowiedź)
przyjmowanie suplementów diety	tak	68; 70,8%	zbilansowane suplementy diety (34); witamina: D3 (15), B (7), C (3), A (2), E (1); tran (2); magnez (1); luteina (1); glukozamina (1); lecytyna (1);
	nie	28; 29,2%	
przyjmowanie leków wydawanych na receptę	tak	44; 45,8%	na nadciśnienie (15), przeciwbólowe (14), na choroby tarczycy (6), przeciwdepresyjne (2), na astmę (2), nasenne (1), na cukrzycę (1), na menopauzę (1), na stawy (1), na reumatoidalne zapalenie stawów (1), na układ krążenia (1), antykoncepcyjne (1), przeciwbakteryjne (1),
	nie	52; 54,2%	
przyjmowanie leków nasennych	tak	12; 12,5%	melatonina 5 mg (9), ziołowe leki nasenne (3)
	nie	84; 87,5%	
przechodzona antybiotykoterapia	tak	14; 14,6%	leczenie w ciągu ostatniego miesiąca (8), w trakcie leczenia (4)
	nie	82; 85,4%	
stosowanie używek	tak	86; 89,6%	kawa (75), herbata (42), alkohol (25), papierosy (11)
	nie	10; 10,4%	
aktywność fizyczna	tak	48; 50%	spacery (19), pływanie (6), gimnastyka (6), jazda na rowerze (5), siłownia (3)
	nie	48; 50%	
choroby nerek	tak	68; 70,8%	kamica nerkowa (4), wielotorbielowatość nerek (2), usunięcie nerki (2)
	nie	8; 29,2%	
choroby przewlekłe	tak	45; 46,9%	nadciśnienie tętnicze (24), choroba zwyrodnieniowa stawów (4), niedoczynność tarczycy (4), wirusowe zapalenie wątroby typu B (2), bezsenność (2), choroba Hashimoto (1),

## WYNIKI

	nie	51; 53,1%	alergie (1), trombofilia (1), dna moczanowa (1), żylaki kończyn dolnych (1), astma (1), jaskra (1), nadczynność tarczycy (1), gastropatia (1), łuszczyca (1), infekcje układu moczowego (1)
choroby przewlekłe członków rodziny	tak	55; 57,3%	nadciśnienie tętnicze (27), cukrzyca (18), niewydolność krążenia (7), choroby tarczycy (4), reumatoidalne zapalenie stawów (4), niewydolność nerek (3), astma (3), choroba zwyrodnieniowa stawów (3), wrzody żołądka (3), jaskra (2), przewlekła choroba obturacyjna płuc (2), stwardnienie rozsiane (2), sarkoidoza (1), choroba zakrzepowo-zatorowa (1), łuszczyca (1)
	nie	41; 42,7%	

### Pytania otwarte

Pielęgniarki udzieliły odpowiedzi na pytania otwarte zawarte w kwestionariuszu 3. Uzyskane w ten sposób informacje, dotyczące badanych parametrów, zostały zestawione w podgrupy zawierające poszczególne zakresy wartości (dane ilościowe) lub w zależności od rodzaju udzielanej informacji (dane jakościowe). Następnie zliczono ilość uzyskanych informacji dla badanego parametru i wyliczono ich udział procentowy. Dane zestawiono poniżej w Tabeli 21.

Tabela 21. Odpowiedzi na pytania otwarte kwestionariusza 3

BADANY PARAMETR	UZYSKANE WARTOŚCI (DLA N= 96 PIELEŃNIAREK)		
	ODPOWIEDZ	LICZBA PIELEŃNIAREK,	UDZIAŁ PROCENTOWY
zmianowość pracy	jednozmianowa	48	50%
	dwuzmianowa	48	50%
czas spędzany na świeżym powietrzu w ciągu dnia	< 0,5 h	8	8,3%
	0,5-1,5 h	37	38,5%
	2-3 h	34	35,4%
	3,5-4,5 h	4	4,2%
	> 4,5 h	7	7,3%
samopoczucie	dobre	6	6,3%
	umiarkowane	15	15,6%
	obniżone	6	6,3%
samopoczucie po przebudzeniu	dobre	59	61,5%
	umiarkowane	9	9,4%
	obniżone	28	29,2%
uczucie senności i niewyspania po przebudzeniu	tak	23	24,0%
	często	7	7,3%
	czasami	30	31,2%
	nie	36	37,5%
sposób przebudzania	budzik	49	51,0%
	inna osoba	2	2,1%
	samemu	35	36,5%
	różnie	10	10,4%
czas potrzebny do pełnego wybudzenia	0 min	7	7,3%
	1-5 min	38	39,6%
	6-10 min	29	30,2%
	11-15 min	2	2,1%

## WYNIKI

	> 15 min	20	20,8%
ilość godzin snu potrzebna do pełnego wypoczęcia i wybudzenia	< 5 h	1	1,0%
	5-6 h	21	21,9%
	6,6-7,5 h	28	29,2%
	8-9 h	40	41,7%
	9,5-10,5 h	5	5,2%
	> 10 h	1	1,0%
	godzina spożywania ostatniego posiłku w ciągu dnia	przed 18:00	4
18:00-19:30		45	46,9%
20:00-21:30		36	37,5%
22-23:30		5	5,2%
różnie		6	6,2%
godzina, o której następuje sen w dni robocze	20:01-22:00	39	40,6%
	22:01-24:00	54	56,3%
	24:01-2:00	3	3,1%
godzina, o której następuje pobudka w dni robocze	2:01-4:00	4	4,2%
	4:01-6:00	76	79,2%
	6:01-8:00	15	15,6%
	8:01-10:00	1	1,0%
godzina, o której następuje sen w dni wolne od pracy	20:01-22:00	27	28,1%
	22:01-24:00	61	63,6%
	24:01-2:00	8	8,3%
godzina, o której następuje pobudka w dni wolne od pracy	4:01-6:00	14	14,6%
	6:01-8:00	61	63,6%
	8:01-10:00	20	20,8%
	10:01-12:00	1	1,0%

### 3.7 Analiza statystyczna

Poniżej w Tabelach 22, 23, 24, 25, 26, 27 i 28 przedstawiono podsumowanie wyników analiz statystycznych uzyskanych danych. Tabela 22, zawiera charakterystykę porównawczą wybranych parametrów zmierzonych w szpitalach oraz w podstawowych jednostkach opieki zdrowotnej (POZ). Na podstawie obliczonych wartości statystycznych [średnich oraz wielkości współczynnika istotności  $p$  ( $p < 0,05$ )] można wnioskować, iż pomiędzy analizowanymi parametrami w POZ i szpitalach występują następujące istotne statystycznie zależności:

- średnia masa kurzu zdeponowana na powierzchni  $1 \text{ m}^2$  oraz średnia całkowita zawartość LZO w pyłe o mniejszej średnicy cząstek była prawie dwukrotnie wyższa w szpitalach, niż w POZ;
- średnia masa pyłu o mniejszej średnicy cząstek zawarta w  $400 \text{ l}$  powietrza wewnętrznego była wyższa w szpitalach niż w POZ;
- w powietrzu wewnętrznym szpitali zaobserwowano występowanie wyższych poziomów średnich zawartości ftalanów: DEHP i DMP;
- w powietrzu wewnętrznym POZ występowały wyższe stężenia średnie ftalanów: DEP, DiBP, DBP i DnHP;



## WYNIKI

- ponad trzykrotnie wyższe średnie sumaryczne stężenie ftalanów występowało w POZ, niż w szpitalach.
- dla pozostałych badanych parametrów nie stwierdzono statystycznie istotnych zależności.

Tabela 22. Charakterystyka porównawcza zmierzonych parametrów w szpitalach i POZ (obliczenia wykonane na podstawie analizy wariancji)

BADANY PARAMETR	SZPITAL (N=66)	POZ (N=30)	p
	WARTOŚĆ ŚREDNIA		
$\Sigma$ LZO w powietrzu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	448,12	476,66	0,4923
$\Sigma$ LZO w kurzu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	487,39	380,71	0,1717
masa kurzu [mg]	2,45	1,30	<0,0001
$\Sigma$ LZO w pyłe o większej średnicy [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	34,85	23,80	0,0506
$\Sigma$ LZO w pyłe o mniejszej średnicy [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	121,96	71,08	<0,0001
masa pyłu o mniejszej średnicy cząstek [mg]	0,14	0,10	<0,0001
stężenie DiNP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	29,77	28,15	0,8297
stężenie DiDP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	132,60	71,82	0,1761
stężenie DEP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	889,46	4653,62	<0,0001
stężenie DiBP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	1291,29	3957,71	<0,0001
stężenie DBP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	2964,74	14364,13	<0,0001
stężenie DnHP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	17,88	54,04	0,0026
stężenie BBP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	113,88	127,61	0,6530
stężenie DEHP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	1195,08	718,14	<0,0001
stężenie DnOP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	6,75	0	-
stężenie DMP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	461,21	83,21	<0,0001
$\Sigma$ stężenie ftalanów [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	7102,65	24058,46	<0,0001
toksyczność moczu [%]	77,00	72,11	bd
1/ln toksyczność	0,53	0,57	bd
BMI	25,83	27,16	bd
liczba lat pracy [lata]	19,00	23,93	bd
wiek [lata]	46	54	bd

Poniżej, w Tabeli 23 uwzględniono charakterystykę porównawczą badanych parametrów w jednostkach onkologicznych oraz nieonkologicznych. Analizując poniższe dane można stwierdzić, iż występują następujące istotne statystycznie zależności:

- w jednostkach onkologicznych występowała większa średnia masa kurzu zdeponowanego na  $1 \text{ m}^2$  powierzchni, w porównaniu do jednostek nieonkologicznych;
- w powietrzu wewnętrznym placówek onkologicznych występowała większa zawartość pyłu o mniejszej średnicy cząstek niż w placówkach nieonkologicznych;
- zidentyfikowano wyższą średnią całkowitą zawartość LZO w pyłe o mniejszej średnicy cząstek pobranym w placówkach, w których podawane są leki przeciwnowotworowe;
- średnie stężenie ftalanów: DEP, DiBP, DBP, DnHP oraz średnie sumaryczne stężenie ftalanów występujących w powietrzu wewnętrznym było wyższe w jednostkach nieonkologicznych, względem jednostek onkologicznych;

## WYNIKI

- średnie stężenie DMP w powietrzu wewnętrznym placówek onkologicznych było ponad czterokrotnie wyższe niż w placówkach nieonkologicznych;
- wartość parametru 1/ln toksyczności moczu był niższy u pielęgniarek, które mają kontakt z lekami przeciwnowotworowymi w trakcie pełnienia obowiązków służbowym, względem tych, które nie zadeklarowały takiego czynnika narażenia;
- w jednostkach, w których podawane są leki cytostatyczne pracują pielęgniarki o mniejszym stażu pracy, niż w jednostkach nieonkologicznych,
- dla pozostałych badanych parametrów nie stwierdzono statystycznie istotnych zależności.

Tabela 23. Charakterystyka porównawcza badanych parametrów w jednostkach onkologicznych i nieonkologicznych

BADANY PARAMETR	JEDNOSTKA NIEONKOLOGICZNA (N=34)	JEDNOSTKA ONKOLOGICZNA (N=62)	P
	WARTOŚĆ ŚREDNIA		
∑ LZO w powietrzu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	501,53	432,64	0,0998
∑ LZO w kurzu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	399,91	483,74	0,2490
masa kurzu [mg]	1,62	2,35	0,0081
∑ LZO w pyłe o większej średnicy cząstek [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	33,53	30,23	0,5537
∑ LZO w pyłe o mniejszej średnicy cząstek [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	85,70	117,23	0,0285
masa pyłu o mniejszej średnicy cząstek [mg]	0,11	0,14	<0,0001
stężenie DiNP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	0,0248	0,0317	0,3630
stężenie DiDP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	0,0680	0,1386	0,0862
stężenie DEP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	4,1653	0,9144	<0,0001
stężenie DiBP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	3,5992	1,3158	<0,0001
stężenie DBP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	12,9831	2,9867	<0,0001
stężenie DnHP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	0,0477	0,0190	0,0083
stężenie BBP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	0,1126	0,1212	0,7743
stężenie DEHP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	0,8675	1,1440	0,0372
stężenie DnOP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	0,0000	0,0072	-
stężenie DMP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	0,1076	0,4722	<0,0001
∑ stężenie ftalanów [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	21,9758	7,1508	<0,0001
toksyczność moczu [%]	73,31	76,61	0,4757
1/ln toksyczność	0,56	0,53	0,0409
BMI	27,03	25,82	0,1740
liczba lat pracy [lata]	23,38	18,98	0,0404
wiek [lata]	53,06	46,15	0,2000

W Tabeli 24 przedstawiono wyniki obliczeń statystycznych, służących do porównawczego scharakteryzowania wybranych parametrów w oddziałach szpitalnych, ambulatoryjnych i POZ. Stwierdzono następujące, istotne statystycznie zależności:

- najwyższe średnie sumaryczne stężenie LZO w powietrzu oraz w kurzu występowało w oddziałach szpitalnych, a najniższe w oddziałach ambulatoryjnych;

## WYNIKI

- w oddziałach szpitalnych oraz ambulatoryjnych zidentyfikowano najwyższą całkowitą zawartość LZO w pyłe o większej i mniejszej średnicy cząstek;
- w oddziałach dziennych średnie stężenie ftalanów DiDP, DEP, DiBP oraz DBP w powietrzu wewnętrznym było najniższe;
- w powietrzu wewnętrznym POZ występowało najwyższe stężenie średnie ftalanów: DiBP, DBP, DnHP, BBP;
- najwyższa sumaryczna zawartość ftalanów oraz DMP występowała w oddziałach szpitalnych, a najniższa w POZ;
- najniższe stężenie średnie DEHP występowało w oddziałach szpitalnych, dwukrotnie wyższe w POZ, a trzykrotnie wyższe w oddziałach ambulatoryjnych.
- dla pozostałych badanych parametrów nie stwierdzono statystycznie istotnych zależności.

Tabela 24. Charakterystyka porównawcza badanych parametrów w oddziałach szpitalnych, ambulatoryjnych i POZ

BADANY PARAMETR	ODDZIAŁ SZPITALNY (N=39)	ODDZIAŁ AMBULATORYJNY (N=27)	POZ (N=30)	p
	WARTOŚĆ ŚREDNIA			
∑ LZO w powietrzu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	539,81	315,69	476,66	<0,0001
∑ LZO w kurzu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	640,45	266,29	380,71	<0,0001
masa kurzu [mg]	2,62	2,21	1,30	<0,0001
∑ LZO w pyłe o większej średnicy cząstek [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	35,24	34,30	23,80	0,1208
∑ LZO w pyłe o mniejszej średnicy cząstek [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	123,21	120,16	71,08	0,0003
stężenie DiNP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	0,14	0,14	0,10	<0,0001
stężenie DiDP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	38,46	17,21	28,15	0,0062
stężenie DEP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	182,21	60,93	71,82	0,0011
stężenie DiBP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	957,06	791,80	4653,62	<0,0001
stężenie DBP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	1118,52	1540,84	3957,71	<0,0001
stężenie DnHP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	2265,40	3974,90	14364,13	<0,0001
stężenie BBP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	11,52	27,08	54,05	0,0001
stężenie DEHP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	64,11	185,77	127,61	0,0095
stężenie DMP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	1226,98	1148,99	718,14	0,0002
∑ stężenie ftalanów [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	632,94	213,16	83,21	<0,0001
toksyczność moczu [%]	76,42	78,55	72,11	0,6035
1/ln toksyczność	0,52	0,53	0,57	0,0727
BMI	25,31	27,23	27,16	0,2066
liczba lat pracy [lata]	19,38	18,00	23,93	0,4607
wiek [lata]	45,33	48,83	53,67	0,3670

Istotnie statystyczne zależności dla badanych parametrów, z uwzględnieniem zmienności pracy uwzględniono w Tabeli 25. Interpretując zamieszczone dane można stwierdzić, iż:

- starsze pielęgniarki pracują w systemie jednozmianowym;

## WYNIKI

- personel medyczny pracujący w trybie jednozmianowym ma wyższy wskaźnik BMI.

Tabela 25. Charakterystyka porównawcza badanych parametrów u pielęgniarek pracujących w systemie dwuzmianowym i jednozmianowym

BADANY PARAMETR	PRACA DWUZMIANOWA (N=48)	PRACA JEDNOZMIANOWA (N=48)	P
	WARTOŚĆ ŚREDNIA		
toksyczność moczu [%]	76,6	74,3	0,8125
1/ln toksyczność	0,55	0,53	0,6741
BMI	25,20	27,30	0,0102
liczba lat pracy [lata]	19,52	21,56	0,1624
wiek [lata]	44,58	52,60	<0,0001

Poniżej (Tabela 26) przedstawiono korelację toksyczności ostrej moczu, parametru 1/ln toksyczności moczu, względem badanych parametrów w powietrzu wewnętrznym. Na tej podstawie stwierdzono, iż:

- dla wyższych wartości średniej całkowitej zawartości LZO w pyłe o mniejszej średnicy cząstek oraz stężeń DnHP w powietrzu, odnotowywano wyższe wyniki średniej toksyczności moczu,
- przy wyższych średnich stężeniach DiBP występował istotny statystycznie wzrost parametru 1/ln toksyczność i spadek toksyczności moczu;
- wzrostowi średniego stężenia DEP w powietrzu towarzyszył wzrost parametru 1/ln toksyczności moczu;
- wraz ze wzrostem średniego stężenia BBP i masy pyłu o mniejszej średnicy cząstek w powietrzu wewnętrznym obserwowano wzrost parametru 1/ln toksyczności moczu;
- dla wyższych wartości stężeń średnich DnHP stwierdzano niższe poziomy parametru 1/ln toksyczności moczu.

Tabela 26. Korelacja toksyczności ostrej moczu oraz parametru 1/ln toksyczności względem badanych parametrów

BADANY PARAMETR	TOKSYCZNOŚĆ MOCZU [%]		1/LN TOKSYCZNOŚĆ MOCZU	
	R	p	R	p
$\Sigma$ LZO w powietrzu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0,09	-	0,04	-
$\Sigma$ LZO w kurzu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0,05	-	0,00	-
masa kurzu [mg]	0,12	-	0,01	-
$\Sigma$ LZO w pyłe o większej średnicy cząstek [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0,13	0,0681	-0,05	-
$\Sigma$ LZO w pyłe o mniejszej średnicy cząstek [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	0,10	0,0079	-0,05	0,1931
masa pyłu o mniejszej średnicy cząstek [mg]	0,01	-	0,07	0,0239
stężenie DiNP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	0,06	-	-0,04	-
stężenie DiDP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	0,04	0,1013	-0,15	-
stężenie DEP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	-0,09	0,5762	0,16	0,0267

## WYNIKI

stężenie DiBP [ng/m <sup>3</sup> ]	-0,25	<0,0001	0,28	0,0002
stężenie DBP [ng/m <sup>3</sup> ]	-0,13	0,2513	0,20	-
stężenie DnHP [ng/m <sup>3</sup> ]	0,07	0,0013	-0,04	0,0410
stężenie BBP [ng/m <sup>3</sup> ]	-0,11	-	0,04	0,0055
stężenie DEHP [ng/m <sup>3</sup> ]	0,01	-	-0,01	-
stężenie DMP [ng/m <sup>3</sup> ]	0,05	-	-0,13	0,1204
∑ stężenie ftalanów [ng/m <sup>3</sup> ]	-0,15	0,1336	0,21	bd

Na podstawie obliczeń regresji wielorakiej przedstawiono związek pomiędzy zmiennymi niezależnymi (parametry powietrza wewnętrznego), a zależnymi:

- samopoczucie po przebudzeniu w dni robocze (z uwzględnieniem 3 stopni samopoczucia);
- samopoczucie po przebudzeniu w dni wolne od pracy (z uwzględnieniem 3 stopni samopoczucia);
- ogólne samopoczucie (dobre, umiarkowane, obniżone);
- samopoczucie po przebudzeniu (dobre, umiarkowane, obniżone);
- czas potrzebny do pełnego przebudzenia (0, 1, 2, 5, 10, 15, 30, 40 min);
- sposób przebudzania (samemu, budzik/inna osoba)
- sen wypoczynek (ilość godzin snu niezbędna do pełnego wybudzenia i wypoczęcia).

Wyniki obliczeń przedstawiono w Tabeli 27. Następnie wszystkie istotne statystycznie korelacje zestawiono w Tabeli 28. Na podstawie otrzymanych danych, można stwierdzić, iż:

- osoby ankietowane narażone na wyższe średnie stężenia: LZO, DEP, DiBP, całkowite średnie stężenia ftalanów w powietrzu oraz LZO w kurzu, komunikowały, iż samodzielnie rano się przebudzają (bez użycia budzika),
- pielęgniarki, u których w miejscu pracy zaobserwowano najwyższe stężenia średnie LZO w pyłe o większej średnicy cząstek oraz DnHP w powietrzu, komunikowały posiadanie umiarkowanego samopoczucia;
- wraz ze wzrostem stężenia ftalanu DMP następuje spadek odczuwanego, subiektywnego samopoczucia;
- wraz ze wzrostem średniego, całkowitego stężenia ftalanów, obserwuje się obniżenie samopoczucia (będącego wynikiem wyskalowanego kwestionariusza DW) w grupie osób ankietowanych.

## WYNIKI

Tabela 27 Wynik obliczeń regresji wielorakiej wybranych parametrów. Wyniki istotne statystycznie zostały przedstawione w postaci słownej (istotny)

BADANY PARAMETR	SAMOPOCZUCIE DR SKALA	SAMOPOCZUCIE DW SKALA	OGÓLNE SAMOPOCZUCIE	SAMOPOCZUCIE PO PRZEBUDZENIU	CZAS POTRZEBNY DO PEŁNEGO PRZEBUDZENIA [MIN]	SPOSÓB PRZEBUDZENIA	SEN WYPOCZYNEK
$\sum$ LZO w powietrzu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności	istotny	brak istotności
$\sum$ LZO w kurzu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności	istotny	brak istotności
masa kurzu [mg]	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności
$\sum$ LZO w pyłe o większej średnicy cząstek [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	brak istotności	brak istotności	istotny	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności
$\sum$ LZO w pyłe o mniejszej średnicy cząstek [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności
masa pyłu o mniejszej średnicy cząstek [mg]	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności
stężenie DiNP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności
stężenie DiDP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności
stężenie DEP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności	istotny	brak istotności
stężenie DiBP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	brak istotności	istotny	brak istotności	brak istotności	brak istotności	istotny	brak istotności
stężenie DBP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności
stężenie DnHP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	brak istotności	brak istotności	istotny	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności
stężenie BBP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	brak istotności	istotny	istotny	brak istotności	istotny	brak istotności	brak istotności
stężenie DEHP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	brak istotności	istotny	brak istotności	brak istotności	istotny	brak istotności	brak istotności
stężenie DnOP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności	brak istotności
stężenie DMP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	brak istotności	brak istotności	istotny	brak istotności	istotny	brak istotności	brak istotności
$\sum$ stężenie ftalanów [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	brak istotności	istotny	brak istotności	brak istotności	brak istotności	istotny	brak istotności

## WYNIKI

Tabela 28. Istotne statystycznie korelacje pomiędzy wybranymi parametrami powietrza wewnętrznego, a zmiennymi zależnymi

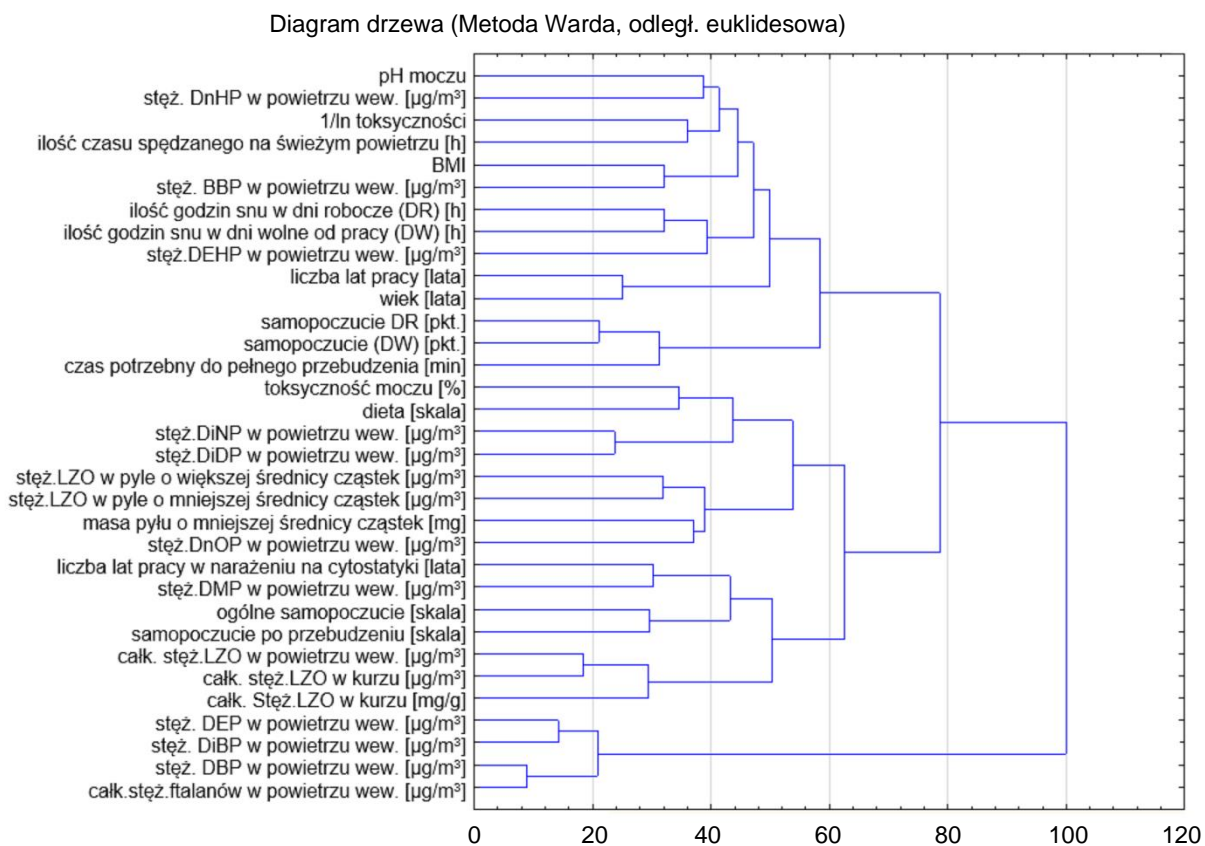
BADANY PARAMETR	SPOSÓB PRZEBUDZANIA								p
	SAMODZIELNY				Z BUDZIKIEM				
	WARTOŚĆ ŚREDNIA								
$\Sigma$ LZO w powietrzu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	535,05				393,75				0,0003
$\Sigma$ LZO w kurzu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	551,55				374,94				0,0105
stężenie DEP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	2,81				1,46				0,0002
stężenie DiBP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	2,56				1,77				0,0127
$\Sigma$ stężenie ftalanów [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	15,01				10,29				<0,0001
BADANY PARAMETR	OGÓLNE SAMOPOCZUCIE								p
	DOBRE		UMIARKOWANE			OBNIŻONE			
	WARTOŚĆ ŚREDNIA								
$\Sigma$ LZO w pyłe o większej średnicy cząstek [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	26,51		54,35			35,18			<0,0001
stężenie DnHP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	0,02		0,07			0,05			0,0105
stężenie BBP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	0,12		0,05			0,26			0,0172
stężenie DMP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	0,39		0,19			0,11			0,0243
BADANY PARAMETR	SAMOPOCZUCIE DW (SKALA)								p
	DOBRE		UMIARKOWANE			OBNIŻONE			
	WARTOŚĆ ŚREDNIA								
stężenie DiBP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	2,23		1,84			3,51			0,0401
stężenie BBP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	0,15		0,08			0,19			0,0419
stężenie DEHP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	1,20		0,92			1,20			0,0085
$\Sigma$ stężenie ftalanów [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	12,79		11,14			19,25			0,0491
BADANY PARAMETR	CZAS POTRZEBNY DO PEŁNEGO PRZEBUDZENIA [MIN]								p
	0	1	2	5	10	15	30	40	
	WARTOŚĆ ŚREDNIA								
stężenie BBP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	0,10	<0,01	0,40	0,15	0,06	0,01	0,18	<0,01	0,0114
stężenie DEHP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	1,37	2,10	0,60	0,94	0,91	2,21	1,12	2,10	0,0032
stężenie DMP [ $\text{ng}/\text{m}^3$ ]	0,65	0,30	0,12	0,31	0,35	0,95	0,23	0,30	0,0386

Poniżej na Rysunku 51 przedstawiono wykres z analizą skupień, który „zorganizował” analizowane wyniki w grupy danych o największym podobieństwie (względem siebie). W efekcie otrzymano badane parametry ułożone w grupy, w taki sposób, aby otrzymać jak największy stopień powiązania obiektów w danej grupie. Odległość pomiędzy macierzami stanowi miarę zbieżności w danej grupie. Analiza umożliwiła wykrycie określonych podobieństw:

- grupą, która wykazuje się największym podobieństwem to: średnie stężenie DEP, DiBP, DBP, suma ftalanów, a jednocześnie są one najmniej podobne względem całego zbioru danych;
- przy maksymalnej przyjętej odległości 66% występują 3 skupienia danych, mających podobną zmienność:
  - a) 1 skupienie: pH moczu, stężenie DnHP i DEHP, 1/ln toksyczność, ilość czasu spędzanego na świeżym powietrzu, ilość godzin snu DW, liczba lat pracy, wiek, samopoczucie DR, samopoczucie DW, czas potrzebny do pełnego przebudzenia;



- b) 2 skupienie: toksyczność moczu, dieta, stężenie DiNP, DiDP, DnOP, DMP, stężenie LZO w pyłe o większej i mniejszej średnicy cząstek, liczba lat pracy w narażeniu na cytostatyki, ogólne samopoczucie, stężenie LZO w powietrzu i kurzu;
- c) 3 skupienie: stężenie DEP, DiBP, DBP, stężenie sumaryczne ftalanów.



Rys. 51. Wykres przedstawiający analizę skupień wykonaną metodą Warda, z wykorzystaniem odległości euklidesowej (skrót: stęż.-stężenie, wew.-wewnętrzny; DR-dni robocze; DW-dni wolne od pracy; całk.-całkowite)



### DYSKUSJA WYNIKÓW

W środowisku wewnętrznym placówek medycznych, powinny panować komfortowe, bezpieczne, a także higieniczne warunki pracy, głównie ze względu na pracowników ochrony zdrowia, a także hospitalizowanych pacjentów. Obecny stan wiedzy wskazuje, iż w pomieszczeniach wewnątrz, w których człowiek spędza ponad 90% swojego czasu, występują substancje, mające bezpośredni wpływ na stan zdrowia, samopoczucie oraz wydajność pracy [5, 6]. W publikacjach naukowych można znaleźć określenie dotyczące występowania syndromu chorego szpitala (ang. Sick Hospital Syndrome), który nawiązuje do syndromu chorego budynku. Polega on na występowaniu złej jakości powietrza w budynkach szpitalnych, które powoduje występowanie negatywnych skutków zdrowotnych u personelu medycznego [152].

Dodatkowo, pomieszczenia w jednostkach ochrony zdrowia są szczególnym środowiskiem pracy, ponieważ występuje w nim ryzyko ekspozycji na wiele czynników szkodliwych dla zdrowia. Poziomy zawartości poszczególnych czynników chemicznych w powietrzu powinny osiągać wartości, które nie powodują takiego zagrożenia. Akty prawne nie są na bieżąco aktualizowane względem poziomu wiedzy na temat szkodliwości wybranych substancji, ich współoddziaływania oraz możliwości zastosowania najnowszych technik separacji i detekcji. Jednocześnie środowisko wewnętrzne w placówkach medycznych jest badane sporadycznie. Tym samym wyniki dostępne w literaturze naukowej są nieliczne, a także nie obejmują występowania oraz współwystępowania substancji szkodliwych dla zdrowia w różnych matrycach oraz nie podejmuje się ich całościowej oceny pod kątem wpływu na zdrowie człowieka.

W niniejszej pracy podjęto się kompleksowej oceny środowiska pracy pielęgniarstwa, w której wykorzystano obecny stan wiedzy (w oparciu o przegląd literatury światowej), zastosowano nowoczesne techniki analityczne, nowo opracowane kwestionariusze ankiet, a także zaawansowane metody statystyczne do analizy wyników oraz badanie moczu z wykorzystaniem biotestu opartego o bioluminescencję bakterii *Vibrio fischeri*. W badaniach podjęto się analizy substancji w wielu matrycach takich jak: powietrze wewnętrzne, zewnętrzne, pył zawieszony, kurz oraz mocz.

### POWIETRZE

#### Identyfikacja i oszacowanie zawartości poszczególnych LZO w powietrzu wewnętrznym

W polskim systemie prawnym istnieją dwa akty prawne regulujące zawartość wybranych lotnych związków organicznych w powietrzu wewnętrznym. Wytyczne, zawierające wartości dopuszczalne służące do oceny narażenia inhalacyjnego zawarte są w:

- Rozporządzeniu Ministra Rodziny, Pracy i Polityki społecznej z dnia 12 czerwca 2018 (Dz.U. 2018 poz. 1286 z późn. zm.) w *sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy*;
- Zarządzeniu Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 12 marca 1996 r. (M.P. 1996 nr 19 poz. 231) w *sprawie dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia, wydzielanych przez materiały budowlane, urządzenia i elementy wyposażenia w pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi*. Wytyczne określają dopuszczalne stężenie substancji w pomieszczeniach:
  - kategorii A: mieszkalnych, przeznaczonych na stały pobyt chorych w budynkach służby zdrowia, przeznaczonych na stały pobyt dzieci i młodzieży w budynkach oświaty oraz przeznaczonych do przechowywania produktów żywnościowych
  - kategorii B: pozostałych rodzajach pomieszczeń przeznaczonych na pobyt ludzi.

Należy mieć na uwadze fakt, iż zarządzenie (M.P. 1996 nr 19 poz. 231) ma ponad 2 dekady i w tamtym czasie zarówno stan wiedzy na temat szkodliwości wybranych substancji zanieczyszczających powietrze był na znacznie niższym poziomie oraz metody analityczne wykorzystywane do identyfikacji LZO wykazywały się znacznie niższą czułością. Jednakże akt prawny można odnieść do regulacji poziomu dopuszczalnych stężeń 35 substancji/grup związków, zarówno na stanowisku pracy pielęgniarki, jak i w miejscu przebywania chorych w placówkach służby zdrowia. Natomiast Dz.U. 2018 poz. 1286 z późn. zm. zawiera normatywy higieniczne (wartości dopuszczalne) dla 556 substancji/grup substancji w środowisku pracy. W związku z powyższym, pomieszczenia placówek ochrony zdrowia można analizować pod kątem pomieszczeń przeznaczonych na stały pobyt ludzi oraz jako miejsce pracy.

W Tabeli 29 porównano zakres stężeń wybranych 70 z 613 substancji występujących w analizowanych placówkach ochrony zdrowia z poziomami dopuszczalnymi zawartymi w aktach prawnych oraz z wartościami opisanymi w literaturze. Należy mieć na uwadze fakt, iż wykonywane badania nie były w pełni zgodne z zaleconymi procedurami. Dane uzyskane podczas prowadzenia badań stanowią wartość naukową oraz poznawczą (nie były to badania

## DYSKUSJA WYNIKÓW

monitoringowe) i nie należy bezpośrednio odnosić uzyskanego stężenia z jednej godziny do normy dobowej i w oparciu o takie porównanie wskazywać na przekroczenie dopuszczalnych stężeń.

Stężenie żadnej z 613 zidentyfikowanych substancji nie przekroczyło najwyższych dopuszczalnych stężeń/dopuszczalnych stężeń (zgodnie Dz.U. 2018 poz. 1286, z późn. zm. oraz M.P. 1996 nr 19 poz. 231). Uzyskane wartości stężeń były również znacznie niższe od wartości dopuszczalnych w pomieszczeniach na stały pobyt ludzi (zgodnie z M.P. 1996 nr 19 poz. 231). Porównanie uzyskanych wyników z danymi literaturowymi wskazuje, iż substancje zestawione w Tabeli 29 są szeroko identyfikowane w literaturze i osiągają podobne poziomy stężeń.

Tabela 29. Porównanie zawartości poszczególnych substancji w powietrzu wewnętrznym z wartościami występującymi w obowiązujących aktach prawnych oraz w literaturze (skrót: NDS-najwyższe dopuszczalne stężenie; DS-dopuszczalne stężenie)

NAZWA SUBSTANCJI	WYNIKI BADAŃ	AKTY PRAWNE		DANE LITERATUROWE		
	ZAKRES STĘŻEŃ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	NDS (DZ.U. 2018 POZ. 1286, z późn. zm.) [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	DS (M.P. 1996 nr 19 poz. 231) [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] KATEGORIA A	ZAKRES STĘŻEŃ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	STĘŻENIE ŚREDNIE [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	LIT.
1,3-dietylobenzen	<LOQ-7,59	100000	-	0,62-10,54	3,2	[153]
1,4-dichlorobenzen	<LOQ-2,09	12000	30	0,1-1,1	0,2	[6]
				<LOD-8,94	0,65	[153]
1,4-dioksan	<LOQ-2,72	50000	-	-	0,05	[154]
1-butanol	<LOQ-15,42	50000	300	-	1,43	[154]
1-chloronaftalen	<LOQ-3,64	500	15	b.d.	b.d.	-
1-metylnaftalen	<LOQ-0,62	30000	-	<LOD-0,51	0,08	[153]
1-pentanol	<LOQ-3,49	100000	-	0,15-18,81	2,56	[153]
1-propanol	<LOQ-185,89	200000	-	0,5-24,9	5,9	[6]
2-(2-butoksyetoksy)- -etanol	<LOQ-5,15	67000	-	b.d.	b.d.	-
2,3-dietylobenzen	<LOQ-7,25	100000	-	b.d.	b.d.	-
2-butanon	<LOQ-70,64	450000	-	0,1-174	8,7	[6]
2-butoksyetanol	<LOQ-49,66	98000	-	-	2,06	[154]
2-chloroetanol	<LOQ-2,39	1000	-	b.d.	b.d.	-
2-etoksyetanol	<LOQ-12,69	8000	-	<LOD-7,1	1,33	[155]
2-etyloheksanol	<LOQ-0,66	5400	-	0,1-8,8	3,1	[6]
2-fenoksyetanol	<LOQ-33,16	230000	-	0,1-11,6	1,4	[6]
2-fenylopropen	<LOQ-0,21	240000	-	b.d.	b.d.	-
2-furylometanol	<LOQ-0,69	30000	-	b.d.	b.d.	-
2-heksanon	<LOQ-4,14	10000	-	-	0,12	[154]
2-metylopropan-1-ol	<LOQ-2,47	100000	-	-	121,5	[156]
2-pentanon	<LOQ-0,88	27000	-	-	0,42	[154]
2-propanol	<LOQ-197,6	900000	-	0,7-174	47,9	[6]
3-heptanon	<LOQ-5,25	95000	-	-	179,5	[156]
3-metylobutan-1-ol	<LOQ-0,33	200000	-	b.d.	b.d.	-
acetofenon	<LOQ-3,45	50000	-	b.d.	b.d.	-

DYSKUSJA WYNIKÓW

adypinian bis(2-etyloheksylu)	<LOQ-0,18	400000	-	b.d.	b.d.	-
benzaldehyd	<LOQ-8,2	10000	-	0,91-6,56	2,09	[153]
benzen	<LOQ-4,42	1600	10	0,5-5,1	1,6	[6]
				3,4-63,7	13,9	[157]
benzotiazol	<LOQ-1,76	20000	-	0,004-2,23	-	[158]
bezwodnik ftalowy	<LOQ-0,24	1000	40	b.d.	b.d.	-
bifenyl	<LOQ-0,2	1000	-	<LOD-4,7	0,16	[153]
chlorobenzen	<LOQ-0,24	23000	15	<LOD-0,16	0,02	[153]
cykloheksanon	<LOQ-27,95	40000	40	0,1-20,1	3,3	[6]
dichlorometan	<LOQ-1,57	88000	-	b.d.	b.d.	-
disiarczek dimetylu	<LOQ-70,52	2500	-	b.d.	b.d.	-
etanol	<LOQ-185,89	1900000	-	0,3-3956	928	[6]
eter difenylowy	<LOQ-0,88	7000	-	b.d.	b.d.	-
etylobenzen	<LOQ-27,81	200000	100	0,1-6,6	1,8	[6]
fentrotion	<LOQ-1,23	20	-	0,003-2,4	-	[159]
fenol	<LOQ-4,2	7800	20	0,2-5,9	2,3	[6]
				<LOD-2,95	0,88	[153]
fenylometanol	<LOQ-16,69	240000	-	b.d.	b.d.	-
formamid	<LOQ-1,82	23000	-	b.d.	b.d.	-
ftalan benzylu butylu	<LOQ-0,17	5000	-	0,00011-0,06	0,003	[124]
ftalan di(2-etyloheksylu)	<LOQ-25,23	1000	-	0,00204-0,09	27	[124]
ftalan dibutylu	<LOQ-16,15	5000	100	0,00085-0,451	0,04	[124]
ftalan dietylu	0,17-4,41	3000	-	0,00034-0,466	0,05	[124]
furfural	<LOQ-0,86	10000	-	5,26-32,6	-	[160]
heksanal	<LOQ-6,75	40000	-	1,08-25,07	6,6	[153]
m, p-ksylen	<LOQ-62,12	100000	100	1-10,6	3,6	[6]
metakrylan metylu	<LOQ-3,11	100000	-	b.d.	b.d.	-
formaldehyd (metanal)	0,05-2,87	370	50	1,5-14,8	5,8	[6]
				-	21,45	[161]
metanol	<LOQ 9,39	100000	-	b.d.	b.d.	-
m-krezol	<LOQ 2,58	22000	25	b.d.	b.d.	-
naftalen	<LOQ 6,71	20000	100	0,2-0,6	0,3	[6]
				-	0,44	[153]
n-heptan	<LOQ-19,32	1200000	-	0,6-6,1	0,9	[6]
				-	0,68	[161]
				<LOD-13,23	1,67	[153]
octan 2-butoksyetylu	<LOQ-1,53	100000	-	b.d.	b.d.	-
octan butylu	<LOQ-13,9	240000	100	b.d.	b.d.	-
octan etylu	<LOQ-17,39	734000	100	1,3-3,55	2,31	[162]
octan izobutylu	<LOQ-123,29	240000	-	-	20	[163]
octan pentylu	<LOQ-0,23	250000	-	b.d.	b.d.	-
octan propylu	<LOQ-0,29	200000	-	3,23-25,31	13,12	[164]
o-ksylen	0,1-48,72	100000	100	0,5-6,2	1,6	[6]
pentanal	<LOQ-20,80	118000	-	0,07-0,74	-	[165]
pirydyna	<LOQ-1,76	5000	-	b.d.	b.d.	-
propanon (aceton)	<LOQ-2,76	600000	-	0,1-82,3	22,6	[6]
				-	35,55	[161]
styren	<LOQ-6,74	50000	200	0,1-2,3	0,6	[6]
				0,08-3,87	0,75	[153]
suma WWA (iloczyn stężenia i wartości współczynnika rakotwórczości k)	<LOQ-0,0032	2	-	-	-	-
tetrachloroeten	<LOQ-0,76	85000	-	0-5,65	0,46	[153]
tetrahydrofuran	<LOQ-21,42	150000	-	-	0,06	[154]
toluen	0,67-117,72	100000	200	0,5-16,5	4,7	[6]

## DYSKUSJA WYNIKÓW

toluen	0,67-117,72	100000	200	0,6-70,36	21,27	[153]
				-	20,35	[41]

Niektóre ze zidentyfikowanych substancji wykazują, poza działaniem toksycznym, także genotoksyczność (np.: benzen, fenol, pirydyna), czy potencjał endokrynną (np. BBP, DBP, DiBP, DEHP). Benzen uznany jest przez Międzynarodową Agencję Badań nad Rakiem (IARC) za związek kancerogenny o udowodnionym działaniu kancerogennym dla ludzi (grupa 1). W oparciu o wytyczne WHO, dotyczące jakości powietrza w pomieszczeniach, gdyby średnie stężenie benzenu, zmierzone w wybranych jednostkach opieki zdrowotnej, wynosiło  $1,33 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wiązałyby się to z ryzykiem zachorowalności na raka wynoszącym  $1/100000$  [63, 166]. Oznacza to, że stopień narażenia organizmu na poszczególne związki w głównej mierze zależy od długości trwania ekspozycji, a nie tylko od poziomów ich zawartości [167].

Nie bez znaczenia jest zatem fakt, iż toluen i o-ksylen występował we wszystkich zanalizowanych próbkach powietrza wewnętrznego (częstość występowania 100%). Zatem długotrwała ekspozycja, która występuje u personelu medycznego na te związki może prowadzić do trwałych uszkodzeń nerek, układu nerwowego, oddechowego, wątroby i serca [168, 169].

We wszystkich próbkach zidentyfikowano również obecność ftalanów, których negatywny wpływ na zdrowie związany jest z ich działaniem endokrynnym (co omówiono w części teoretycznej oraz dalszej części dyskusji dotyczącej identyfikacji ftalanów oraz analizy statystycznej).

Formaldehyd również występował we wszystkich analizowanych pomieszczeniach w zakresie od  $0,05$  do  $2,87 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (stężenie średnie  $0,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Został zaklasyfikowany przez WHO jako czynnik kancerogenny dla ludzi (grupa 1) oraz przez Komisję Europejską, jako związek mutagenny i kancerogenny (grupa 1 B) [170]. Jest substancją, której występowanie w stężeniu przekraczającym  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  w pomieszczeniach powinno budzić szczególne obawy, głównie ze względu na negatywny wpływ na układ oddechowy [36]. Natomiast w powietrzu zewnętrznym występował w 32% lokalizacji w średnim stężeniu  $0,08 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (zakres stężeń od <LOQ do  $0,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Przeprowadzone badania wykazały, iż formaldehyd w powietrzu wewnętrznym pochodził ze źródeł endogennych (co oznacza, że ich źródło występowało wewnątrz pomieszczeń). Formaldehyd jest stosowany w wielu produktach i materiałach m.in.: żywicach, które wiążą produkty drzewne, występuje w papierze, tuszach i tonerach, izolacji z wełny szklanej oraz wełny mineralnej. Jest również stosowany w tworzywach sztucznych i powłokach, tekstyliach, środkach dezynfekujących i konserwujących [171-173]. Ekspozycja na formaldehyd może powodować podrażnienie

górných dróg oddechowych, a po dłuższym kontakcie inhalacyjnym mogą wystąpić niewielkie, ale znaczące zmiany czynnościowe płuc. Podrażnienie górnych dróg oddechowych, obejmujące suchość, ból gardła, swędzenie, pieczenie oraz przekrwienie błony śluzowej nosa, kaszel świszczący oddech i duszność, to najczęstsze objawy wynikające z narażenia na nawet bardzo niskie stężenia formaldehydu w powietrzu [174, 175]. Natomiast chroniczna ekspozycja może prowadzić nawet do wystąpienia nowotworów jamy nosowo-gardłowej, czy białaczki szpikowej [44].

Najliczniejszą grupą LZO występujących w powietrzu wewnątrz były estry (119 substancji o średnim sumarycznym stężeniu  $43,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Estry zaliczane są do substancji endogennych, a ich źródłem emisji mogą być: farby, emalie, lakiery, wykładziny podłogowe, płyty styropianowe, tapety oraz kleje (mają największy udział procentowy w materiałach wykończeniowych) [176], ale także kosmetyki [177]. Związki zaliczane do tej grupy nie są obojętne dla zdrowia oraz samopoczucia [178].

Węglowodory alifatyczne (alkany, alkeny, alkiny) stanowiły drugą najliczniejszą (109 związków) grupę związków zidentyfikowaną w powietrzu wewnętrznym. Głównym źródłem emisji tych substancji są materiały budowlane, farby, produkty zabezpieczające powierzchnie drewniane oraz kleje [179]. Ekspozycja na wyżej wymienione związki może wpływać na ośrodkowy układ nerwowy i wywoływać uczucie senności oraz zawroty głowy.

Kolejną grupą związków, które osiągały wysokie poziomy zawartości w powietrzu wewnętrznym i powszechnie występowały w analizowanych próbkach były silany i siloksany. Oznaczone średnie sumaryczne stężenie związków z tej grupy wynosiło  $53,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (drugie najwyższe stężenie w powietrzu wewnętrznym). Od kilku dziesięcioleci związki te są szeroko stosowane w produktach higieny osobistej, produktach konsumenckich takich jak: kleje, powłoki, kosmetyki, detergenty, izolacja elektryczna, smary, farby, powłoki papierowe, tekstylia, a nawet jako dodatek do żywności (E900). W ostatnim czasie można zaobserwować dynamiczny rozwój technologii, w których wykorzystywane są silikony i siloksany. Zarejestrowano ponad 150000 różnych zastosowań praktycznych tych substancji (m.in. w przemyśle farmaceutycznym, medycznym, kosmetycznym, a także spożywczym) [180-182]. Silany i siloksany są ważnym obiektem badań, ze względu na ich powszechne stosowanie przez osoby dorosłe, ale także u dzieci i niemowląt. Obecnie około 50% produktów do pielęgnacji skóry zawiera co najmniej jedną substancję z tej grupy [183]. Związki te były wielokrotnie oznaczane w powietrzu wewnętrznym również przez innych badaczy [6, 98, 184]. W literaturze występuje niewiele danych dotyczących ich szkodliwego wpływu na zdrowie, ponieważ powszechnie uważane są za nietoksyczne dla ludzi oraz dla środowiska,

lub toksyczne w bardzo niewielkim stopniu. Istnieją jednak publikacje, w których naukowcy i eksperci kwestionują tę opinię. Wielu autorów wykazało, że stopień polimeryzacji oraz struktura związku decyduje o ich potencjalnym wpływie na zdrowie. Związki o mniejszej masie cząsteczkowej mają większą zdolność do pokonywania barier komórkowych, w tym warstwy rogowej skóry, wchłaniania, migracji w organizmie żywym, akumulacji oraz degradacji [182]. US EPA wskazuje, iż oktametylocyklotetrasiloksan (zidentyfikowany w 38% próbkach powietrza wewnętrznego, w zakresie stężeń od <LOQ do  $3,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) może wywoływać efekt estrogenny, który jest zależny od dawki substancji.

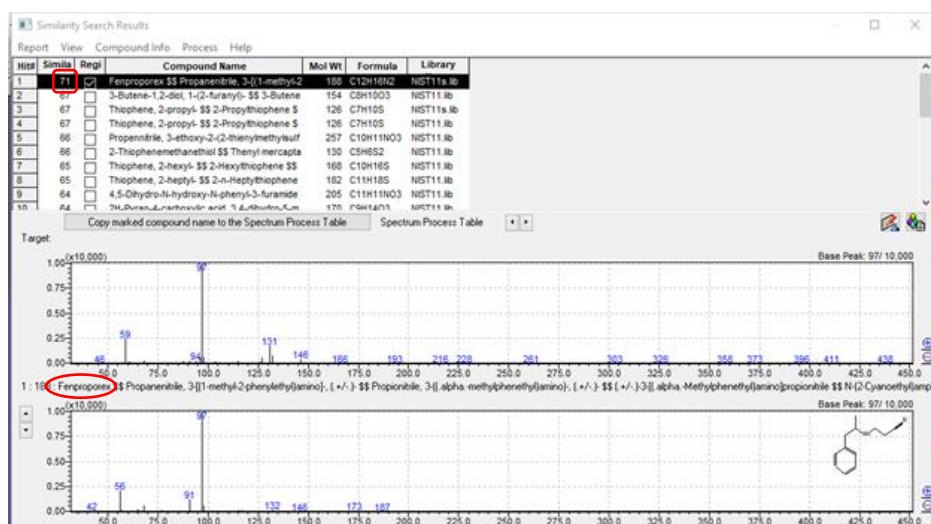
W powietrzu wewnętrznym licznie występowały związki należące do grupy terpenów i terpenoidów (52 związki, o średnim sumarycznym stężeniu  $41,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Narażenie na niewielkie zawartości tych substancji w powietrzu nie powoduje negatywnych skutków zdrowotnych, ze względu na ich naturalne pochodzenie. Jednakże związki z tej grupy mogą przyczyniać się do pojawienia tzw. nadwrażliwości chemicznej, porównywalnej z tą występującą w kontakcie z metalami, herbicydami, pestycydami czy gazem ziemnym. Terpeny i terpenoidy charakteryzują się przyjemnym zapachem dla większości populacji ludzkiej, jednakże dla osób wrażliwych na chemikalia mogą stanowić istotny problem. Pomimo udowodnionej małej szkodliwości zdrowotnej, substancje te są prekursorami wtórnych zanieczyszczeń powietrza wewnętrznego, których toksyczność bardzo często jest dużo wyższa, niż związków pierwotnych [68, 185].

W jednostkach medycznych powszechnie stosowane są środki czyszczące, dezynfekujące oraz produkty na bazie alkoholu, w celu ograniczenia zakażeń szpitalnych [6]. Alkohole takie jak etanol (średnie stężenie  $25,77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 1-propanol (średnie stężenie  $25,77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) oraz 2-propanol (średnie stężenie  $32,24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), były substancjami których częstość występowania w pomieszczeniach wewnętrznych była bardzo wysoka (etanol, 1-propanol-93% i 2-propanol-87%). Średnie sumaryczne stężenie alkoholi alifatycznych było najwyższe względem wszystkich zidentyfikowanych grup LZO ( $99,90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Największą zawartość tych związków zaobserwowano w pomieszczeniach zabiegowych oraz pokojach pacjentów, co wynikać może głównie z wykonywania procedur dezynfekcji przed i po kontakcie z chorym. Podczas użytkowania środków na bazie alkoholu dochodzi do ich bezpośredniej emisji do powietrza, ekspozycji dermalnej oraz inhalacyjnej, na co również wskazują dane literaturowe [6, 186, 187]. W powietrzu wewnętrznym stężenie etanolu zastało oszacowane na poziomie od <LOD do  $185,89 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Badania naukowe dowodzą, iż narażenie na alkohol etylowy na tym poziomie może w nieznacznym stopniu wpływać na wzrost stężenia tej substancji we krwi, do poziomu, którego szkodliwość

zdrowotna nie została w pełni udowodniona. Jednakże szczególną uwagę należy zwrócić na pracownice lub pacjentki w ciąży, u których narażenie na alkohol (drogą dermalną i inhalacyjną) może doprowadzić do rozwoju alkoholowego zespołu płodowego. Również ekspozycja pracowników na nagłą zmianę stężenia etanolu może powodować tymczasowe podrażnienie skóry i śluzówek. [166, 188].

W badanych pomieszczeniach wykryto także obecność farmaceutyków (zidentyfikowano 9 substancji z tej grupy). Potwierdzenia struktury dokonano na podstawie porównania widma masowego substancji z widmem dostępnym w bibliotece NIST11. Były to następujące związki organiczne:

- **fenproporeks** – wykorzystywany w leczeniu otyłości, głównie u pacjentów ze współistniejącymi chorobami sercowo-naczyniowymi oraz u osób, u których stosowanie innych środków farmakologicznych było nieefektywne. Jest to lek tłumiący łaknienie [189]. Zidentyfikowany został w powietrzu wewnętrznym pokoju pacjentów oraz w sali zabiegowej Oddziału Gastroenterologii, SMK (Rysunek 52);

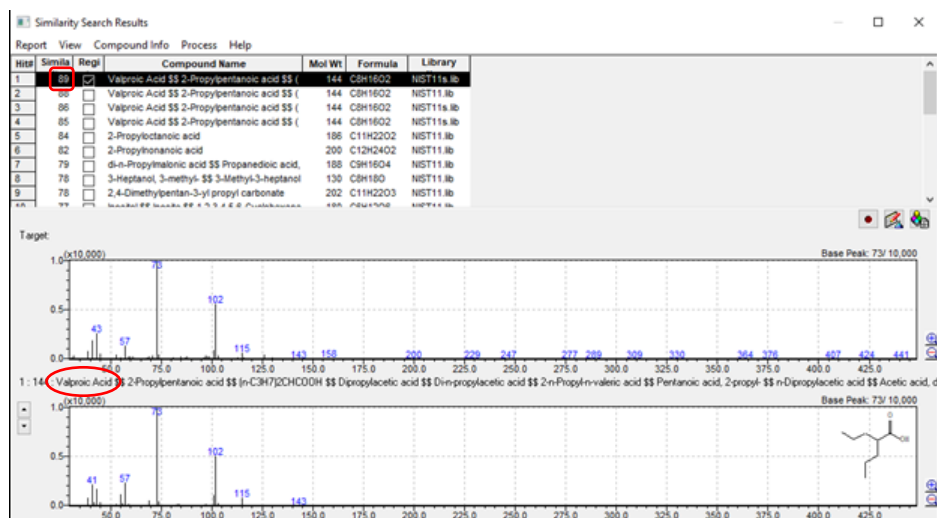


Rys. 52. Stopień dopasowania (71%) widma substancji analizowanej w powietrzu wewnętrznym z widmem masowym fenproporeksu, dostępnym w zasobach biblioteki NIST11 w programie GC MS Postrun Analysis

- **kwasy walproinowe** – jest szeroko stosowanym lekiem przeciwpadaczkowym pierwszej generacji, przepisywanym głównie w leczeniu padaczki i zaburzeń psychicznych. Może być również wykorzystywany w monoterapii oraz epigenetycznej terapii przeciwnowotworowej, a także w leczeniu uzupełniającym [190, 191]. Substancję zidentyfikowano w powietrzu wewnętrznym, we wszystkich pomieszczeniach Oddziału Onkologii Klinicznej Szpitala Morskiego w Gdyni (SMOOK) (Rysunek 53);

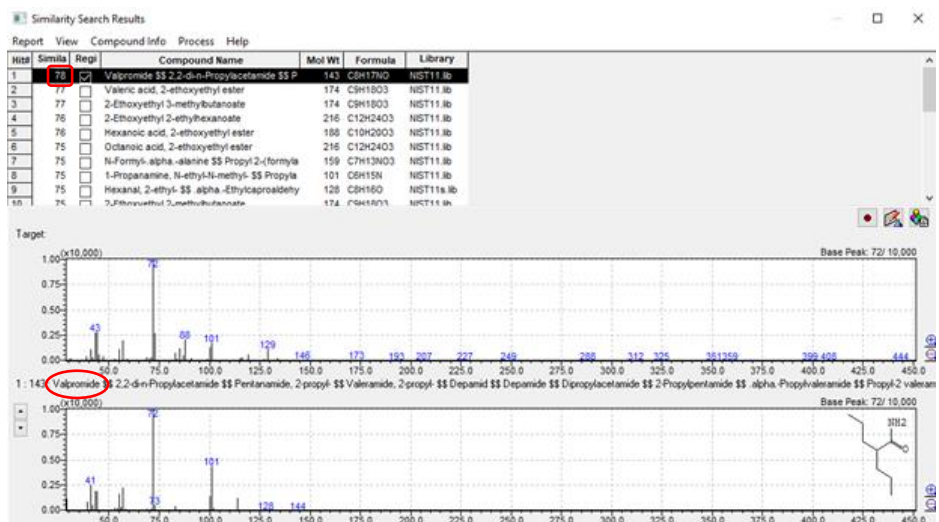


## DYSKUSJA WYNIKÓW



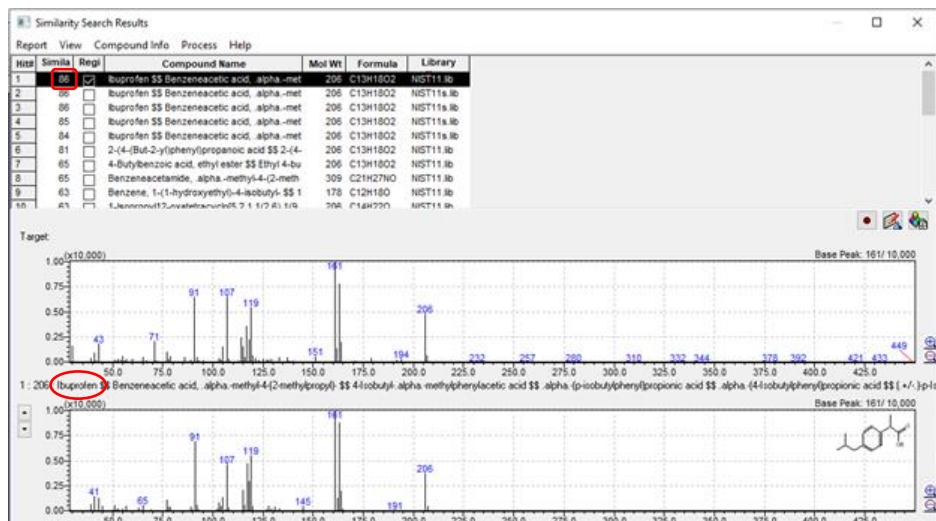
Rys. 53. Stopień dopasowania (89%) widma substancji analizowanej w powietrzu wewnętrznym z widmem masowym kwasu walproinowego, dostępnym w zasobach biblioteki NIST 11 w programie GC MS Postrun Analysis

- **walpromid** – podawany pacjentom jako skuteczny środek przeciwpadaczkowy i przeciwpyschotyczny (neuroleptyczny). Został scharakteryzowany jako najsilniejszy analog kwasu walproinowego. Powoduje znaczny wzrost funkcji poznawczych, euforie, poprawę funkcji społecznych oraz stabilizację nastroju w zaburzeniach afektywnych [192]. Zidentyfikowano w pomieszczeniu pacjentów Katedry i Kliniki Chirurgii Onkologicznej, UCK (UCKKChO) (Rysunek 54);



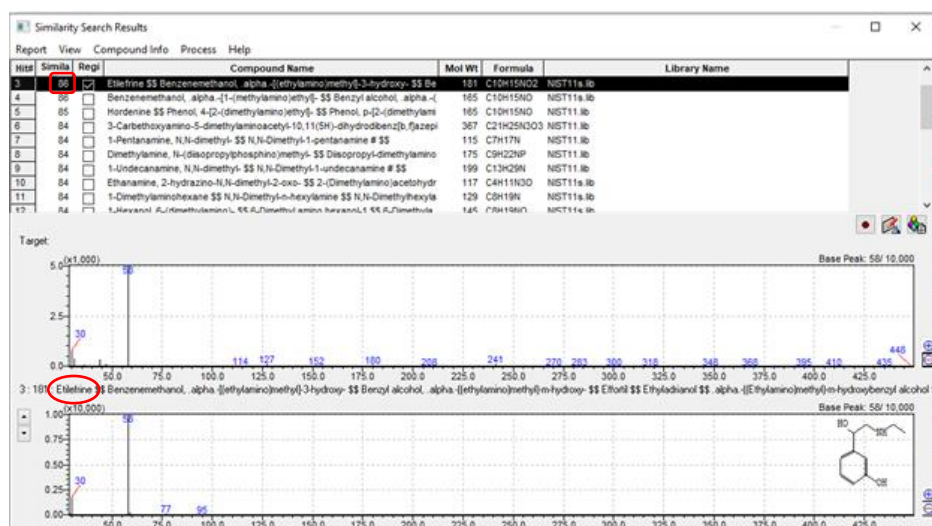
Rys. 54. Stopień dopasowania (78%) widma substancji analizowanej w powietrzu wewnętrznym z widmem masowym walpromidu, dostępnym w zasobach biblioteki NIST 11 w programie GC MS Postrun Analysis

- **ibuprofen** – szeroko stosowany, niesteroidowy lek przeciwzapalny, wykazujący działanie przeciwbólowe i przeciwgorączkowe [193]. Zidentyfikowany został w pomieszczeniach zabiegowych SMK w Gdańsku (Oddział Pediatrii i Pododdział Żywienia Dzieci) (Rysunek 55);



Rys. 55. Stopień dopasowania (86%) widma substancji analizowanej w powietrzu wewnętrznym z widmem masowym ibuprofenu, dostępnym w zasobach biblioteki NIST 11w programie GC MS Postrun Analysis

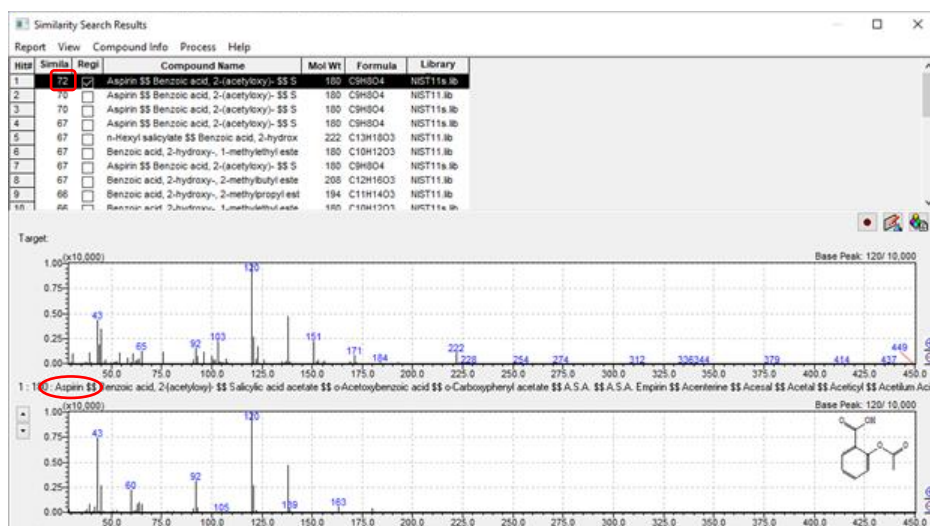
- **etylefryna** – jest agonistą receptorów  $\alpha$ -adrenergicznym, powoduje zwężenie naczyń krwionośnych. Substancja selektywnie wiąże się i aktywuje receptory alfa-1-adrenergiczne naczyń tętniczo-żylnych, powodując skurcze mięśni gładkich, co w efekcie prowadzi do wzrostu ciśnienia krwi [194]. Zidentyfikowany w powietrzu pomieszczenia zabiegowego Pododdziału Żywienia Dzieci (SMKPZD) (Rysunek 56);



Rys. 56. Stopień dopasowania (86%) widma substancji analizowanej w powietrzu wewnętrznym z widmem masowym etylefryny, dostępnym w zasobach biblioteki NIST 11w programie GC MS Postrun Analysis

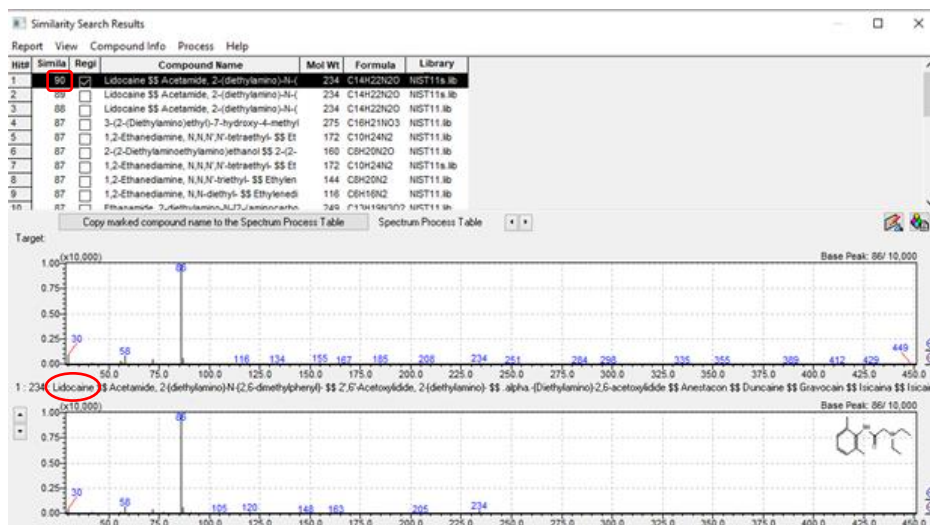
## DYSKUSJA WYNIKÓW

- **kwas acetylosalicylowy** – (powszechnie znany pod nazwą handlową aspiryna) jest środkiem przeciwbólowym, przeciwzkrzepowym, który przy długotrwałej profilaktyce zmniejsza ryzyko chorób sercowo-naczyniowych, jednakże zwiększa ryzyko wystąpienia krwawień (działa przeciwzkrzepowo) [195]. Zidentyfikowany w pomieszczeniu przygotowawczym Oddziału Szybkiej Diagnostyki z Oddziałem Dziennym, UCK (Rysunek 57);



Rys. 57. Stopień dopasowania (72%) widma substancji analizowanej w powietrzu wewnętrznym z widmem masowym kwasu acetylosalicylowego, dostępnym w zasobach biblioteki NIST11 w programie GC MS Postrun Analysis

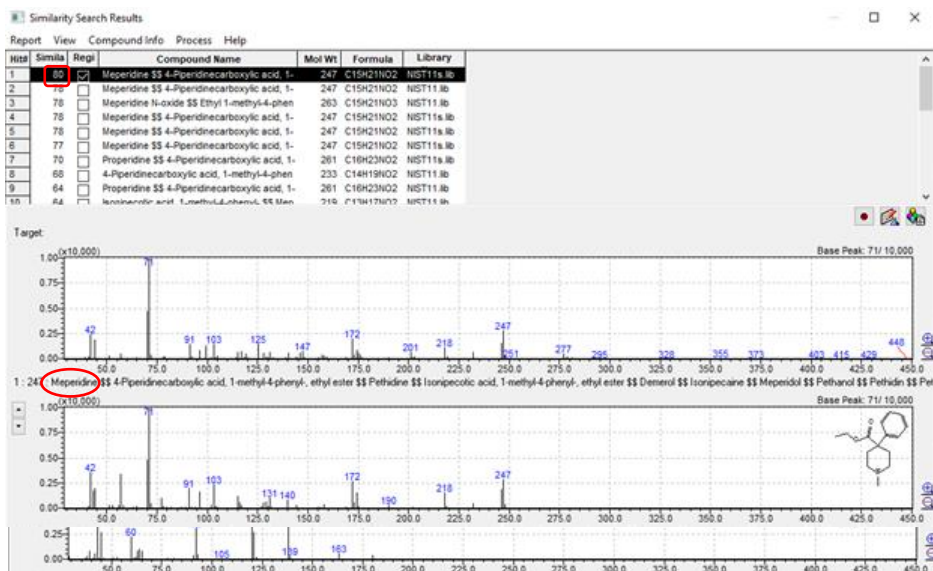
- **lidokaina** – to amidowy środek miejscowo znieczulający. Jest również wykorzystywany w znieczuleniu ogólnym oraz w łagodzeniu bólu neuropatycznego oraz w okresie okołoperacyjnym [196]. Zidentyfikowano w trzech niezależnych pomieszczeniach zabiegowych: POZS, POZSt i UCKOGRB (Rysunek 58);



Rys. 58. Stopień dopasowania (90%) widma substancji analizowanej w powietrzu wewnętrznym z widmem masowym lidokainy, dostępnym w zasobach biblioteki NIST11 w programie GC MS Postrun Analysis

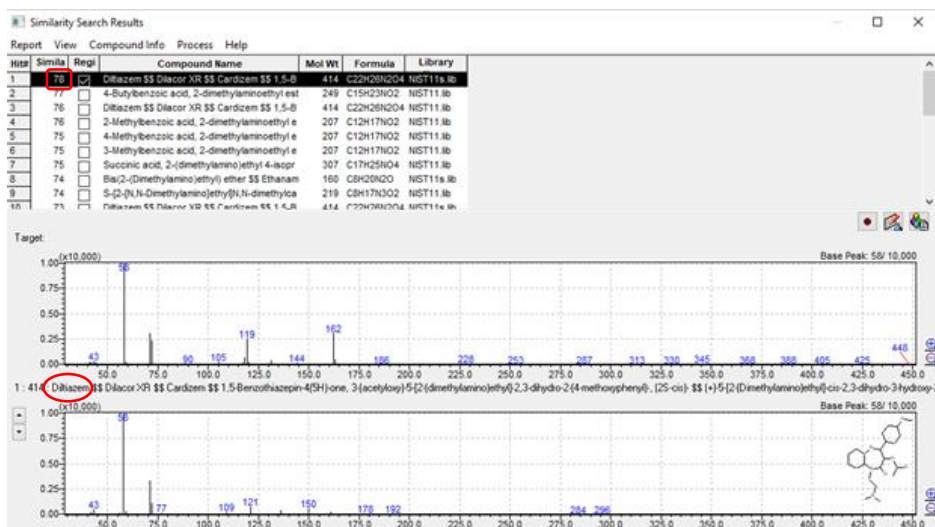
## DYSKUSJA WYNIKÓW

- **meperydyna** – jest opioidowym lekiem przeciwbólowym, stosowanym w celu łagodzenia bólu o różnej intensywności (od umiarkowanego do silnego), w tym bólu związanego z występowaniem chorób nowotworowych [197]. Zidentyfikowano w pokoju zabiegowym UCKOHB (UCK, Oddział Hematologii B) (Rysunek 59);



Rys. 59. Stopień dopasowania (80%) widma substancji analizowanej w powietrzu wewnętrznym z widmem masowym meperydyny, dostępnym w bibliotece NIST11 programu GC MS Postrun Analysis

- **diltiazem** – lek z grupy antagonistów wapnia, pochodna benzotiazepiny, która powoduje blokadę kanałów wapniowych. Jego zażycie prowadzi do zwiększenia przepływu krwi w naczyniach wieńcowych, wpływając na obniżenie ciśnienia tętniczego i zwolnienie akcji serca. Stosowany w leczeniu nadciśnienia tętniczego, w chorobach niedokrwiennych serca i w zapobieganiu arytmii przedsionkowej [198]. Zidentyfikowano w pomieszczeniu zabiegowym (WCO) (Rysunek 60).



Rys. 60. Stopień dopasowania (78%) widma substancji analizowanej w powietrzu wewnętrznym z widmem masowym diltiazemu, dostępnym w zasobach biblioteki NIST11 w programie GC MS Postrun Analysis



Nie są wyznaczone granice bezpiecznej pracy z farmaceutykami, dlatego każdy kontakt można uznać za potencjalnie niebezpieczny dla zdrowia. Stosowane procedury medyczne mają na celu uniemożliwienie przenoszenia tych substancji do fazy gazowej, jednakże jak wskazują przeprowadzone badania, dochodzi do ich niekontrolowanego uwalniania, a ich zawartość w powietrzu wewnętrznym nie jest w żaden sposób monitorowana. Nieliczne źródła literaturowe udowadniają fakt występowania leków, czy też gazów anestetycznych w fazie gazowej jednostek opieki medycznej [6, 52]. Można się spodziewać, że leki będą występowały w pomieszczeniach, w których są aplikowane, przy czym poziom ich stężeń w powietrzu będzie bardzo niski. Współczesne metody analityczne, w przeciwieństwie do tych dostępnych jeszcze 5-10 lat temu, charakteryzują się zdecydowanie lepszym poziomem wykrywalności oraz większym potencjałem identyfikacyjnym. Jest to istotne, ponieważ wiedza na temat poziomu stężeń leków (substancji bioaktywnych) w powietrzu pomieszczeń szpitalnych i POZ ma ogromne znaczenie w ocenie możliwych negatywnych skutków zdrowotnych dla personelu placówek medycznych. W związku z powyższym obecność tych substancji powinna być kontrolowana w ściśle określonym zakresie.

Szeroką grupę zidentyfikowanych związków stanowiły substancje, które w literaturze charakteryzowane są jako bezpośrednio emitowane przez człowieka [22, 23]. Morisco i in. w swoich badaniach dowiedli, iż wątroba odgrywa kluczową rolę w metabolizmie spożywanych pokarmów, w efekcie czego powstają endogenne związki lotne, przedostające się do powietrza. Również takie czynności jak: palenie papierosów, stosowanie płynów do płukania jamy ustnej, mycie zębów, picie alkoholu i kawy oraz spożywanie żywności zawierającej czosnek, cebulę, miętę i inne aromatyzowane posiłki, może wpływać na emisję LZO [199]. Przeprowadzone badania wykazały obecność w powietrzu substancji, których jednym ze źródeł emisji może być proces oddychania m.in.: salicylan metylu [200], longifolen, 2-etyloheksanol czy limonen [22, 201]. Nonanal i dekanal występowały we wszystkich analizowanych próbkach powietrza wewnętrznego. Zidentyfikowane związki należą do substancji, które bardzo często identyfikowane są w pomieszczeniach wewnątrz (na podobnych poziomach stężeń), w których przebywają ludzie [202-204]. W powietrzu wewnętrznym zidentyfikowano także substancje, które mogą być emitowane do powietrza całą powierzchnią ciała człowieka: 3-metylobutanal, heksanal, heptanal, benzaldehyd, 2-pentanon, 2-metylopropan-1-ol [205]. U osób cierpiących na choroby nowotworowe, może dochodzić do zmiany w składzie jakościowym i ilościowym wydychanego powietrza [206]. W literaturze jako biomarkery nowotworu płuc wymieniane są substancje, które również występowały

w badanych jednostkach: metylocyklopentan, propylobenzen [207, 208], 2-pentanon [209-211], czy 4-metylooktan [210, 212].

W pobranych próbkach powietrza wewnętrznego zidentyfikowano w sumie 613 lotnych związków organicznych. W efekcie stworzono jedną z największych baz zidentyfikowanych LZO. Wyniki analizy jakościowej zestawiono z informacjami dostępnymi w Rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1272/2008 z dnia 16 grudnia 2008 r. *w sprawie klasyfikacji, oznakowania i pakowania substancji i mieszanin, zmieniające i uchylające dyrektywy 67/548/EWG i 1999/45/WE oraz zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1907/2006*. Uzyskane wyniki odniesiono do powyższego Dz.U. L 353 z 31 grudnia 2008 r. z późn. zm., ponieważ uwzględnia on nowy, globalnie zharmonizowany, usystematyzowany system klasyfikacji, który uzupełnia rozporządzenie REACH. Na podstawie informacji zawartych w Rozporządzeniu CLP (classification, labelling and packaging), przyporządkowano zidentyfikowanym substancjom informacje dotyczące klasy zagrożenia i kodu kategorii uwzględniającej określone skutki zdrowotne, które zestawiono w Załączniku 11.

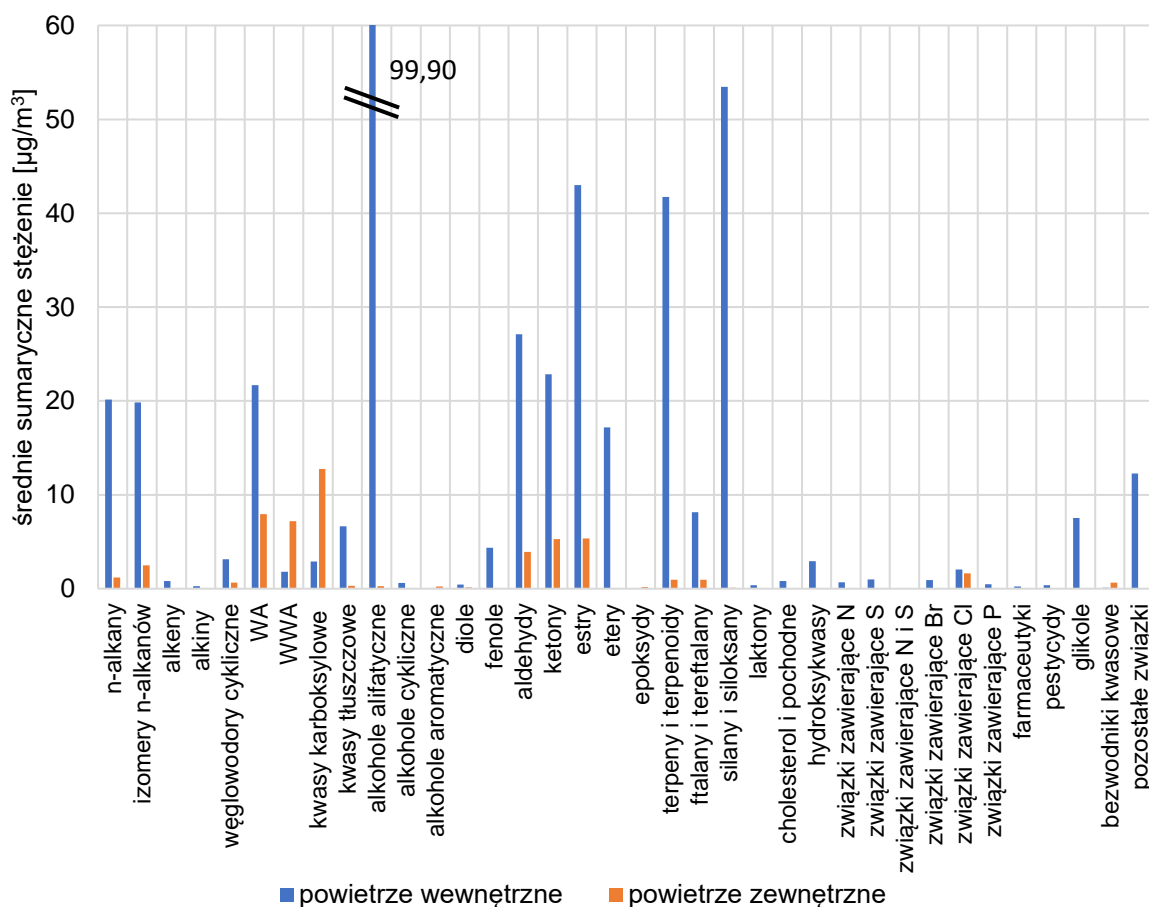
W efekcie określono, które substancje występujące w powietrzu wewnętrznym stwarzają zagrożenie dla zdrowia i wywołują określone efekty, wynikające z ich właściwości fizycznych. Wewnątrz pomieszczeń zidentyfikowano następującą liczbę substancji przyporządkowanych do konkretnych klas zagrożeń:

- 4 mutagenne (na komórki rozrodcze) – kategorii 1B (mogące powodować wady genetyczne) i 2 (podejrzewane, że powodują wady genetyczne);
- 35 o toksyczności ostrej;
- 36 toksycznych względem narządów docelowych (przy narażeniu jednorazowym);
- 5 działających żrąco na skórę;
- 31 działających drażniąco na skórę;
- 13 rakotwórczych, kategorii 1A i 1B (mogących powodować raka) oraz 2 (podejrzewanych o powodowanie raka)
- 7 powodujących uszkodzenie oczu;
- 29 działających w sposób drażniący na oczy;
- 13 działających szkodliwie na rozrodczość;
- 9 toksycznych względem narządów docelowych (przy powtarzanym narażeniu);
- 10 powodujących zagrożenie spowodowane aspiracją;
- 1 o działaniu uczulającym na drogi oddechowe;
- 8 powodujących reakcje alergiczne skóry.

Źródłem emisji/pochodzenia zidentyfikowanych związków w powietrzu wewnętrznym mogą być m.in.:

- środki dezynfekcyjne i czyszczące,
- materiały budowlane, wykończeniowe, wyposażeniowe,
- farmaceutyki i produkty medyczne,
- kosmetyki i środki higieny osobistej
- procesy oddychania i metabolizmu człowieka.

Jednoznaczne określenie pochodzenia danego związku jest niezwykle trudne do wykonania, głównie ze względu na fakt, że dana substancja może posiadać wiele potencjalnych źródeł emisji. Jedynym z niewymienionych powyżej jest powietrze zewnętrzne, które jest zdecydowanie mniej zanieczyszczone niż powietrze wewnętrzne (ok. 4 krotnie bardziej zanieczyszczone niż powietrze zewnętrzne), co również potwierdziły uzyskane wyniki. Jednakże przeprowadzone badania wykazały, iż większość zidentyfikowanych związków z poszczególnych grup, które występują w powietrzu wewnętrznym ma endogenne źródło pochodzenia, o czym świadczą wyniki zestawione na Rysunku 61.

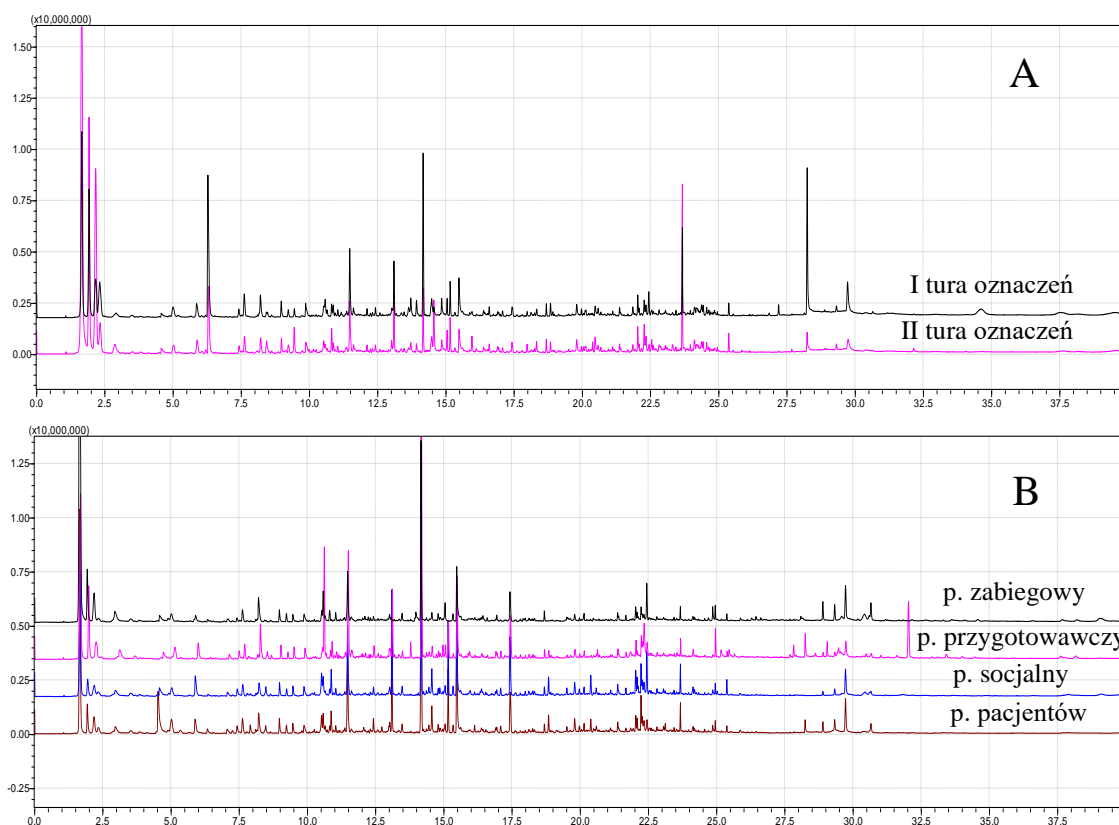


Rys. 61. Porównanie średnich sumarycznych stężeń poszczególnych grup związków w powietrzu wewnętrznym i zewnętrznym

W przypadku kwasów karboksylowych oraz WWA w pomieszczeniach wewnątrz można z całą pewnością stwierdzić, iż pochodzą one z powietrza zewnętrznego, o czym świadczą wyższe stężenia tych związków w środowisku zewnętrznym. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne pochodzą głównie z procesów antropogenicznych takich jak: spalanie paliw kopalnych, smoły węglowej, drewna, odpadów komunalnych [213]. Jednym z głównych źródeł emisji WWA w zanalizowanych próbkach powietrza zewnętrznego były pozaprodukcyjne procesy spalania (tzw. niska emisja) oraz procesy spalania paliw związane ze zintensyfikowanym ruchem samochodowym, jaki występuje na terenie Trójmiasta w pobliżu jednostek opieki zdrowotnej, które włączone zostały do badania. Kwasy karboksylowe w fazie gazowej mogą być emitowane z procesów utleniania atmosferycznego, jak również spalania paliwa, biomasy oraz z fotochemicznego utleniania prekursorów biogenych [214].

Zaobserwowano również okresowość występowania niektórych związków chemicznych w powietrzu (tylko podczas jednej z dwóch tur pomiarów), takich jak piren, czy hydroksyaceton, co może świadczyć o ich czasowym występowaniu i wynikać z niestałego źródła emisji związanego z krótkotrwałą działalnością człowieka. Analityka lotnych związków organicznych występujących w powietrzu wewnętrznym jest bardzo dużym wyzwaniem, ze względu na dużą różnorodność substancji w powietrzu, ich zróżnicowany poziom zawartości oraz bardzo dużą zmienność w czasie i przestrzeni, która zachodzi nawet w obrębie tych samych pomieszczeń. Największe fluktuacje w składzie jakościowym zaobserwowano m.in. dla występowania farmaceutyków, alkoholi cyklicznych, pestycydów, których obecność w powietrzu wewnętrznym może negatywnie wpływać na stan zdrowia pielęgniarek i pacjentów. Jednakże szerokie spektrum związków identyfikowano w trakcie obu tur pomiarowych w analizowanych pomieszczeniach jednostek medycznych, co może wiązać się z małym dynamizmem zmian jakościowych powietrza. Fakt ten sugeruje, że w powietrzu wewnętrznym znajdują się substancje, które mają stałe źródło emisji takie jak: materiały wykończeniowe, wyposażeniowe, budowlane lub poszczególne procesy związane z działalnością człowieka. O małym dynamizmie zmian jakościowych świadczyć może również zbliżony obraz chromatograficzny, tzw. fingerprint (charakterystyczny profil reprezentujący skład jakościowy próbki, posiadający możliwie największą ilość informacji) [215], uzyskiwany w tych samych pomieszczeniach, a nawet budynkach. Poniżej przedstawiono chromatogramy, które świadczą o małym dynamizmie fluktuacji jakościowych LZO w powietrzu wewnętrznym w obrębie pomieszczenia oraz budynku (Rysunek 62).





Rys. 62. Zestawienie obrazów chromatograficznych: **A**-2 próbek powietrza wewnętrznego pobranego w pomieszczeniu zabiegowym UCKOSD podczas I i II tury oznaczeń; **B**-4 próbek powietrza wewnętrznego pobranego w pomieszczeniu zabiegowym, przygotowawczym, socjalnym i pacjentów w SMOOK podczas I tury oznaczeń

### Całkowita zawartość LZO w powietrzu wewnętrznym

Obecnie brakuje norm i aktów prawnych, które regulowałyby dopuszczalne całkowite stężenie lotnych związków organicznych w powietrzu wewnętrznym. Dane literaturowe i wskazania poszczególnych organizacji przedstawiają jedynie wytyczne dla całkowitej zawartości LZO w pomieszczeniach wewnętrznych. Należy zwrócić uwagę, iż są to wartości proponowane, które w zależności od cytowanego źródła, znacznie się różnią. WHO oraz EPA zalecają prowadzenie działań mających na celu zmniejszenie narażenia na niektóre zanieczyszczenia, w tym LZO w pomieszczeniach wewnątrz. Według National Health and Medical Research Council, całkowite stężenie tych związków nie powinno przekraczać  $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , natomiast Finnish Society of Indoor Air Quality and Climate podaje wartość graniczną  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . W pracy Zabiegały, na podstawie zebranych danych literaturowych, zaproponowano trzystopniową skalę odnoszącą się do całkowitego stężenia lotnych związków organicznych w powietrzu wewnętrznym i występowania potencjalnych skutków zdrowotnych [176, 216]:

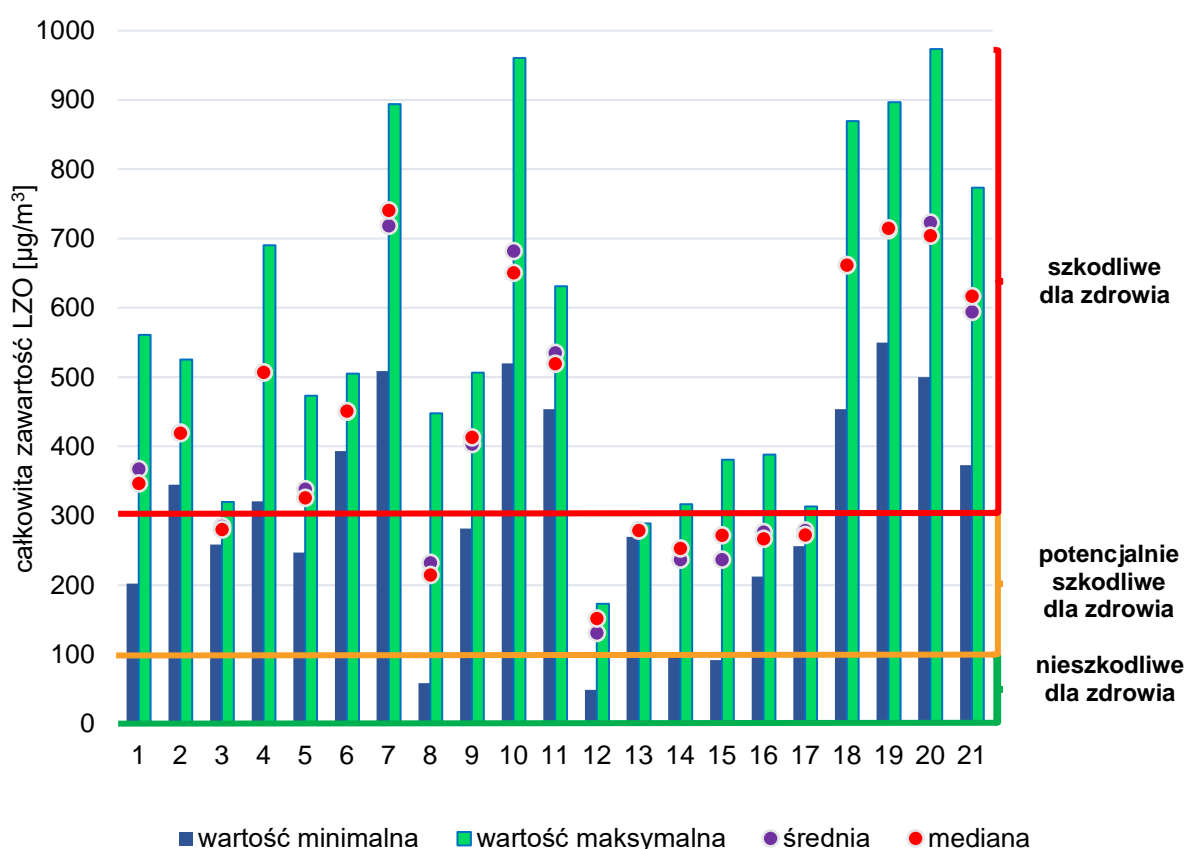
- $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -nieškodliwe dla zdrowia;

## DYSKUSJA WYNIKÓW

- 200-300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -potencjowanie szkodliwe;
- 300-5000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -szkodliwe dla zdrowia.

Na podstawie powyższej skali zastosowanej do uzyskanych wyników całkowitej zawartości lotnych związków organicznych (Rysunek 63) w poszczególnych jednostkach opieki zdrowotnej, można stwierdzić, iż:

- we wszystkich przebadanych budynkach uzyskane wartości średnie oraz mediany sumy LZO mogą wykazywać szkodliwy oraz potencjalnie szkodliwy wpływ na zdrowie;
- potencjalna szkodliwość sumy LZO jest wartością, która nieznacznie zmienia się w czasie, o czym świadczą wyniki uzyskane w trakcie I i II tury pomiarów (wyjątek stanowią jednostki: 8, 12 i 15).

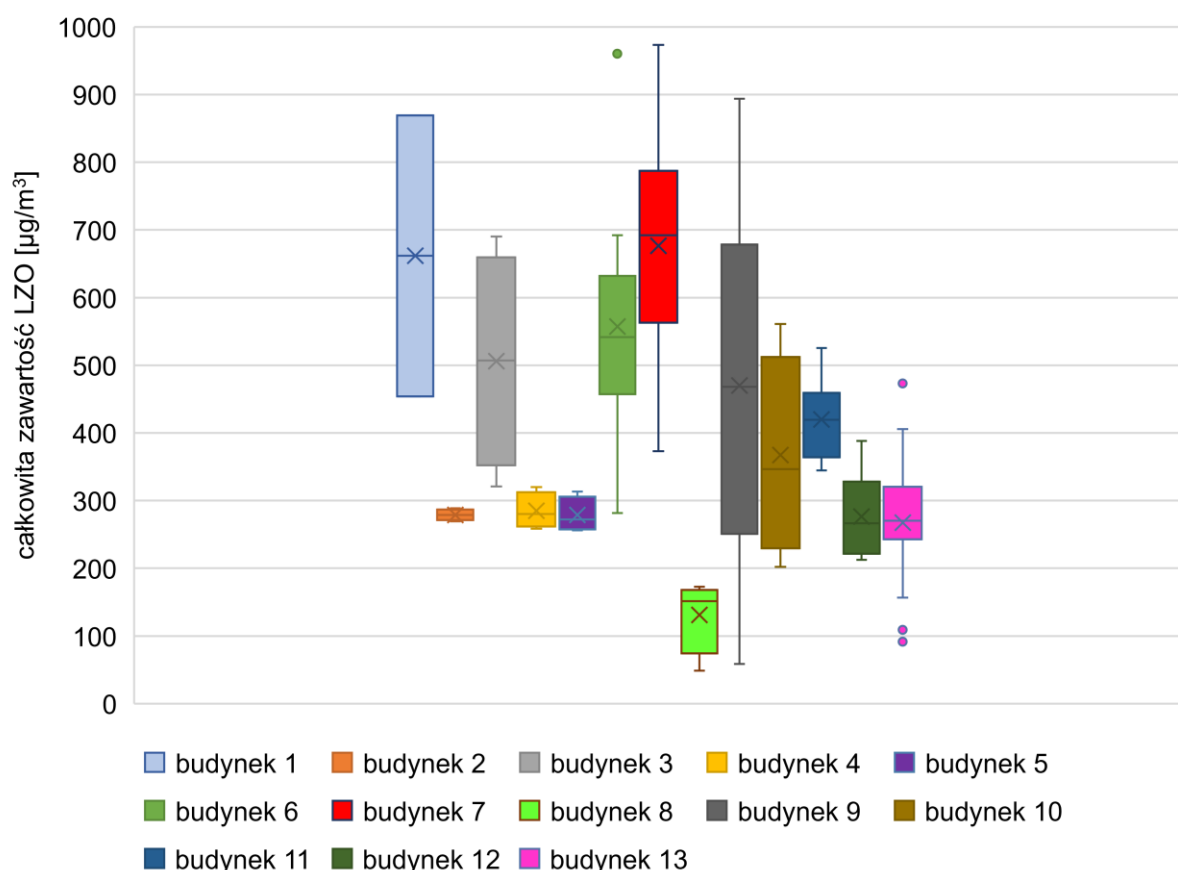


Rys. 63. Całkowita zawartość LZO w próbkach powietrza wewnętrznego z uwzględnieniem wartości minimalnych, maksymalnych, średnich, mediany oraz z ich klasyfikacją potencjalnej szkodliwości zdrowotnej wg Zabiegały (1-SMODCH; 2-SMOOK; 3-POZDD; 4-POZS; 5-UCKKChO; 6-UCKOChO; 7-UCKOHD; 8-UCKOSD; 9-UCKPH; 10-UCKOHA; 11-UCKOHB; 12-UCKOT; 13-UCKCMR; 14-UCKOGRB; 15-UCKOOKR; 16-WCO; 17-POZSP; 18-POZSt; 19-SMKOG; 20-SMKOP; 21-SMKPZD)

Ocena występowania negatywnych skutków zdrowotnych, w badanych jednostkach ochrony zdrowia, która została wykonana na podstawie skali zaproponowanej przez Zabiegałą, nie uwzględnia występowania poszczególnych lotnych związków organicznych występujących w powietrzu, a jedynie ich całkowitą zawartość. Analiza występowania potencjalnych skutków

zdrowotnych związana z występowaniem LZO powinna uwzględniać analizę jakościową i ilościową tych związków, co jest obszarem badawczym tej rozprawy. Należałoby również wziąć pod uwagę efekty toksyczne oddziaływania poszczególnych substancji oraz ich mieszaniny (wykazującej zróżnicowane łączne działania) na zdrowie oraz samopoczucie.

Rysunek 64 przedstawia całkowitą zawartość LZO w budynkach, w których znajdowały się poszczególne jednostki ochrony zdrowia. Wartość badanego parametru znacznie różniła się pomiędzy badanymi obiektami. Wartości średnie i mediany w obrębie poszczególnych obiektów mają zbliżoną wartość, czyli nie uzyskano skrajnych wartości pomiarów. W oddziałach usytuowanych w tych samych budynkach zaobserwowano zbliżone poziomy całkowitej zawartości LZO, co wskazuje na fakt, iż jednym z głównych źródeł emisji tych związków w powietrzu mogą być materiały budowlane i wykończeniowe, a poszczególne procesy i procedury prowadzone w tych obiektach mogą być zbieżne (wynikać z zastosowania tych samych środków czyszczących, dezynfekcyjnych).



Rys. 64. Całkowita zawartość LZO w próbkach powietrza wewnętrznego z uwzględnieniem wartości minimalnych, maksymalnych, średnich oraz mediany w poszczególnych budynkach: 1-POZSt, 2-UCKCMR, 3-POZS, 4-POZDD, 5-POZSP, 6-UCKPH, UCKOHA, UCKOHB, 7-SMKOG, SMKOP, SMPPZD, 8-UCKOT, 9- UCKOChO, UCKOHD, UCKOSD, 10-SMODCH, 11-SMOOK, 12-WCO, 13-UCKCMR

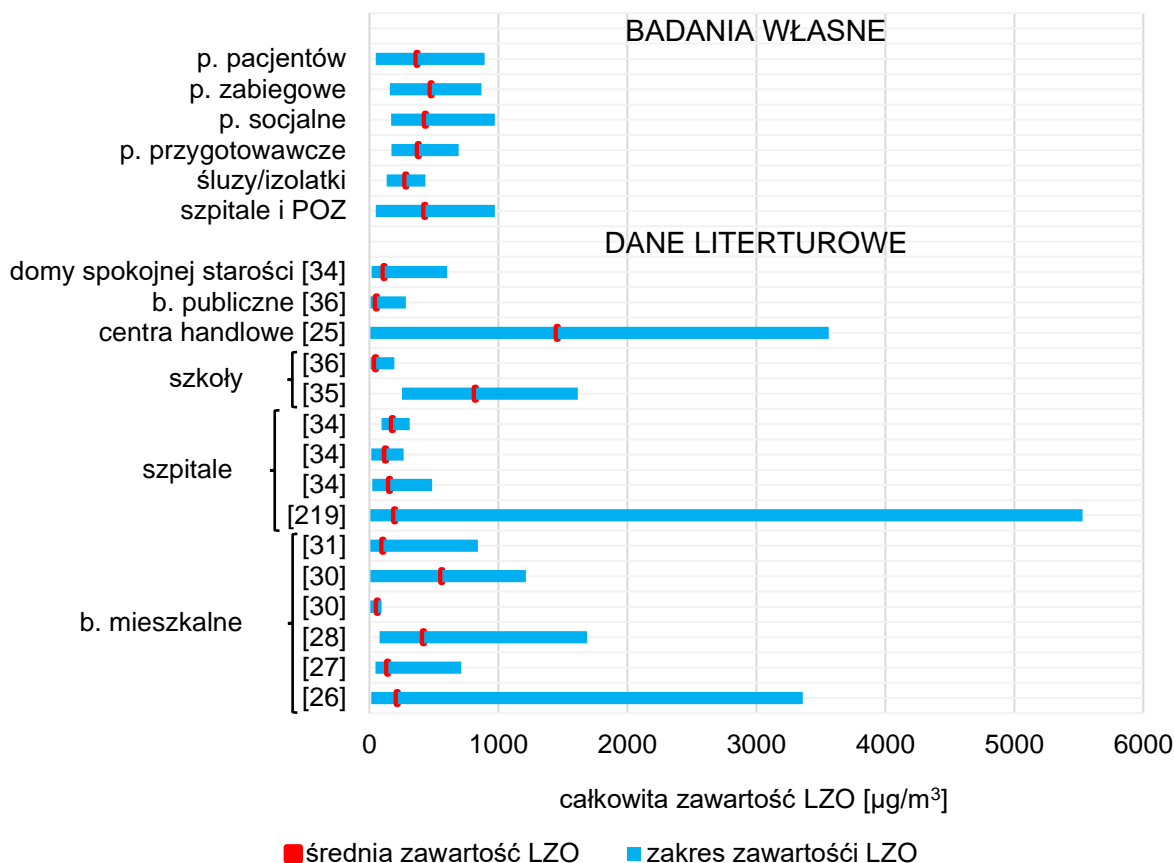
Najniższą całkowitą zawartość LZO (Rysunek 64) zmierzono w UCK oraz w Oddziale Transplantacji-UCKOT (wartość minimalna 48,65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , średnia 131,06  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), gdzie prowadzone są procedury medyczne, mające na celu zmniejszenie wystąpienia niepożądanych infekcji u chorych poddanych przeszczepom narządów i tkanek (obowiązuje nakaz noszenia maseczek i odzieży ochronnej). W jednostce tej obowiązuje zakaz odwiedzin chorych, którzy są od siebie wzajemnie izolowani oraz występuje ograniczona rotacja ludzi, w tym personelu szpitala. Dane literaturowe potwierdzają, że osoby odwiedzające placówki medyczne mogą wpływać na jakość powietrza m.in. poprzez transport zanieczyszczeń z środowiska zewnętrznego, emisję z przedmiotów osobistych i potencjalnych prezentów oraz przez stosowanie środków higienicznych [217]. Należy dodać również, iż oddział znajduje się w Centrum Medycyny Inwazyjnej, które wybudowano od podstaw w 2012 r. i jest to najnowszy budynek, spośród wszystkich, w którym wykonywano badania. Zważywszy na młody wiek obiektu, zastosowano w nim nowoczesne, niskoemisyjne materiały budowlane i wykończeniowe oraz odpowiednio zaplanowano układ wentylacyjny. Obecnie materiały stosowane w jednostkach medycznych muszą posiadać międzynarodowe certyfikaty i spełniać normy higieniczne [218].

Porównując uzyskane wyniki całkowitej zawartości LZO z danymi literaturowymi (Rysunek 65), można stwierdzić, iż uzyskano porównywalne zakresy wartości mierzonego parametru. Najwyższe całkowite stężenie lotnych związków organicznych w przygotowanym przeglądzie (na poziomie 5530  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) uzyskano w Fińskich szpitalach [219].

Źródła literaturowe na temat LZO w głównej mierze dotyczą stężenia poszczególnych związków (analizy jakościowej i ilościowej wybranych związków/grupy związków), rzadko całkowitej zawartości LZO. Analizując Rysunek 65 można zauważyć, że w pomieszczeniach takich jak śluzi i izolatki uzyskano najniższe zawartości LZO. Może to wynikać z faktu, iż są to pomieszczenia o szczególnym przeznaczeniu, w których przebywa nieznaczna liczba osób, nie były one elementem szlaków komunikacyjnych oraz nie znajdowały się w nich dodatkowe materiały wyposażenie, czy dekoracyjne. W literaturze można również odnaleźć informację, iż wzrost zawartości LZO jest proporcjonalny do liczby osób przebywających w pomieszczeniu oraz od ilości wykonywanych w nim czynności [220].

Poziomy stężenie zawartości LZO, które uzyskano w trakcie dwóch tur pomiarów w poszczególnych pomieszczeniach różniły się między sobą w zakresie od 0,14 do 47% (średnio o 14%). Uzyskano powtarzalne wyniki, o czym świadczy średnia wartość odchylenia standardowego na poziomie 43,51  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , co miało również bezpośredni wpływ na decyzję o ilości wykonywanych powtórzeń pomiarów (tur). Przystępując do wykonywania badań

wstępnych oczekiwano, iż zawartość LZO będzie wartością zmienną w czasie, na skutek zmian sezonowych i dobowych zachodzących w powietrzu wewnętrznym [216], co powinno skutkować wyższą wartością odchylenia standardowego.



Rys. 65. Porównanie całkowitej zawartości LZO (wartości średnich i zakresów wartości) w zanalizowanych próbkach, z danymi zawartymi w literaturze (skrót: b.-budynki, p-pomieszczenia)

Zawartość LZO w powietrzu wewnętrznym było zdecydowanie wyższe w powietrzu wewnętrznym (W), niż w zewnętrznym (Z). Stosunek stężeń (iloraz) W/Z dla wszystkich wykonanych pomiarów był wyższy od 1 i wynosił średnio 5,6 (zakres wartości ilorazu W/Z wynosił od 2,6 do 10,9) i był to wynik porównywalny do wartości dostępnych w literaturze [221, 222]. Najbardziej zbliżony stosunek stężeń W/Z względem uzyskanego w pracy, otrzymali brazylijscy naukowcy (zakres od 2,0 do 11,8) [223]. Na podstawie obliczonego ilorazu można stwierdzić występowanie endogennych źródeł emisji tych związków w powietrzu wewnętrznym.

Zawartość ftalanów w powietrzu wewnętrznym

W polskim ustawodawstwie aktami prawnymi, regulującymi najwyższe dopuszczalne stężenia wybranych ftalanów w powietrzu wewnętrznym są:

- Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki społecznej z dnia 12 czerwca 2018 (Dz.U. 2018 poz. 1286 z późn. zm.) *w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy*;
- Zarządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 12 marca 1996 r. (M.P. 1996 nr 19 poz. 231) *w sprawie dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia, wydzielanych przez materiały budowlane, urządzenia i elementy wyposażenia w pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi*.

W Tabeli 30 przedstawiono porównanie najwyższych dopuszczalnych stężeń wybranych ftalanów wg dostępnych regulacji w polskim ustawodawstwie z zakresem stężeń zanalizowanych próbek powietrza wewnętrznego.

Tabela 30. Porównanie najwyższych dopuszczalnych stężeń z zakresem stężeń uzyskanym dla zanalizowanych próbek (kategoria A-pomieszczenia mieszkalne przeznaczone na stały pobyt chorych w budynkach służby zdrowia, przeznaczone na stały pobyt dzieci i młodzieży w budynkach oświaty, przeznaczone do przechowywania produktów żywnościowych)

FTALAN	NAJWYŻSZE STĘŻENIE W BADANYCH PRÓBKACH [mg/m <sup>3</sup> ]	M.P. 1996 nr 19 poz. 231 [mg/m <sup>3</sup> ] KATEGORIA A	DZ.U. 2018 poz. 1286 [mg/m <sup>3</sup> ]
	MAX	DS	NDS
DMP	0,002	-	5
DEP	0,010	-	3
DBP	0,025	0,1	5
BBP	0,001	-	5
DEHP	0,005	-	1

Porównanie uzyskanych wyników najwyższych poziomów zawartości ftalanów w próbkach powietrza wewnętrznego z dopuszczalnymi stężeniami (DS) i najwyższymi dopuszczalnymi stężeniami (NDS) w polskim ustawodawstwie wskazują, iż w żadnym z pomieszczeń nie doszło do przekroczeń wartości maksymalnych regulowanych aktami prawnymi.

Analizując dane zawarte w Tabeli 31 pod kątem występowania poszczególnych ftalanów w powietrzu wewnętrznym, można stwierdzić, iż zakres uzyskiwanych stężeń przez poszczególnych badaczy ma bardzo szeroki zakres i waha się o kilka rzędów wielkości. Wyniki badań zawierają się w zakresie danych opublikowanych w wiodących czasopismach. Średnia zawartość poszczególnych ftalanów jest najbardziej zbliżona do wyników, które zawarte są w publikacji Wang'a i in. analizującej poziomy zawartości estrów kwasu ftalowego w pomieszczeniach szpitalnych [127]. Z danych literaturowych wynika, iż zawartość poszczególnych ftalanów jest zdecydowanie wyższa w pomieszczeniach szpitalnych,

względem pomieszczeń mieszkalnych, czy też użyteczności publicznej tj. np.: przedszkola, szkoły czy biura.

Tabela 31. Porównanie wartości średnich poszczególnych ftalanów w powietrzu wewnętrznym z wartościami literaturowymi

FTALAN	ŚREDNIE STĘŻENIE W BADANYCH PRÓBKACH [ng/m <sup>3</sup> ]	ZAKRES ŚREDNICH STĘŻEŃ W LITERATURZE [ng/m <sup>3</sup> ]	LIT.
DMP	339,80	0,08-2498,00	[116-119, 121, 122, 124, 125, 127]
DEP	1349,91	0,40-3453,00	[116-118, 120-125, 127]
DiBP	1738,13	0,11-1230,00	[116, 119, 120, 122, 125]
DBP	5334,43	0,25-4612,00	[116-127]
BBP	105,45	0,05-2383,00	[116-124, 127]
DEHP	1200,00	1,85-3692,00	[116, 118-127]
DnOP	9,43	<LOD-25,00	[116-118, 121]
DiNP	23,16	<LOD-18,00	[122]

Ftalan DnHP oraz DiDP nie były do tej pory analizowane pod kątem obecności w powietrzu wewnętrznym w żadnym z dostępnych manuskryptów. Może to wynikać z faktu, iż analiza ftalanu DiDP jest bardzo utrudniona. Związek ten występuje w postaci wielu (ponad 100) izomerów, które dają odpowiedź w postaci wielu charakterystycznych pików o różnych czasach retencji na chromatogramie [224]. Natomiast DnHP jest bardzo mało rozpowszechniony w środowisku wewnętrznym i zwykle występuje na bardzo niskich poziomach stężeń, co również potwierdzają przeprowadzane badania w niniejszej pracy. DnHP jest rzadko stosowany, głównie do produkcji plastizoli, które są następnie wykorzystywane do wytwarzania części samochodowych takich jak: filtry powietrza, pokrywy baterii oraz do produkcji konsumenckich produktów formowanych metodą zanurzeniową (uchwyty narzędziowe, kosze do zmywarek) [225]. Ftalan DnOP występował w wielu pomieszczeniach poniżej granicy detekcji, co prawdopodobnie wynika z jego wysokiej masy cząsteczkowej i ograniczonej migracji w temperaturze pokojowej z materiałów [226], co zaobserwowano również w innych opublikowanych badaniach naukowych [127]

Największy udział w całkowitej zawartości estrów kwasu ftalowego miały: DEP, DiBP, DBP, DEHP oraz DMP – substancje, które są najczęściej wykorzystywane na szeroką skalę, również w wyrobach o zastosowaniu medycznym [108, 227, 228]. Ftalany o większej masie cząsteczkowej, DBP i DEHP są składnikami materiałów polimerowych, takich jak estry celulozy i kopolimery chlorku winylu (PCW). W rezultacie wiele produktów konsumenckich zawiera te związki, w tym: materiały budowlane, wykończeniowe, wyposażeniowe, urządzenia medyczne, zabawki dla dzieci oraz opakowania przeznaczone do przechowywania żywności [109]. Natomiast estry kwasu ftalowego o niższej masie cząsteczkowej: DMP, DEP,

są stosowane jako rozpuszczalniki w produktach higieny osobistej (perfumy, lakiery do paznokci, mydła w płynie i kosmetyki nawilżające) [229]. DiBP jest stosowany jako plastyfikator zapewniający elastyczności i trwałość szerokiej gamy produktów przemysłowych i konsumenckich (farby, lakiery, tusze drukarskie, masy celulozowe, papier, dywany, beton i kosmetyki) [107]. Związki te przedostają się do powietrza bezpośrednio podczas produkcji tworzyw sztucznych oraz w wyniku lotnej emisji (uwalniania z danego materiału, na skutek: migracji, ługowania lub odparowywania). [109].

Analizując dane, można stwierdzić, iż uzyskano różne poziomy zawartości ftalanów w pomieszczeniach o odmiennym przeznaczeniu oraz w poszczególnych budynkach, co sugeruje występowanie wielu różnych źródeł emisji tych związków.

### Całkowita zawartość ftalanów w powietrzu wewnętrznym

W jednostkach Podstawowej Opieki Zdrowotnej występowało ponad trzykrotnie wyższe średnie sumaryczne stężenie ftalanów, względem jednostek szpitalnych. Fakt ten może być spowodowany wieloma czynnikami, m.in.:

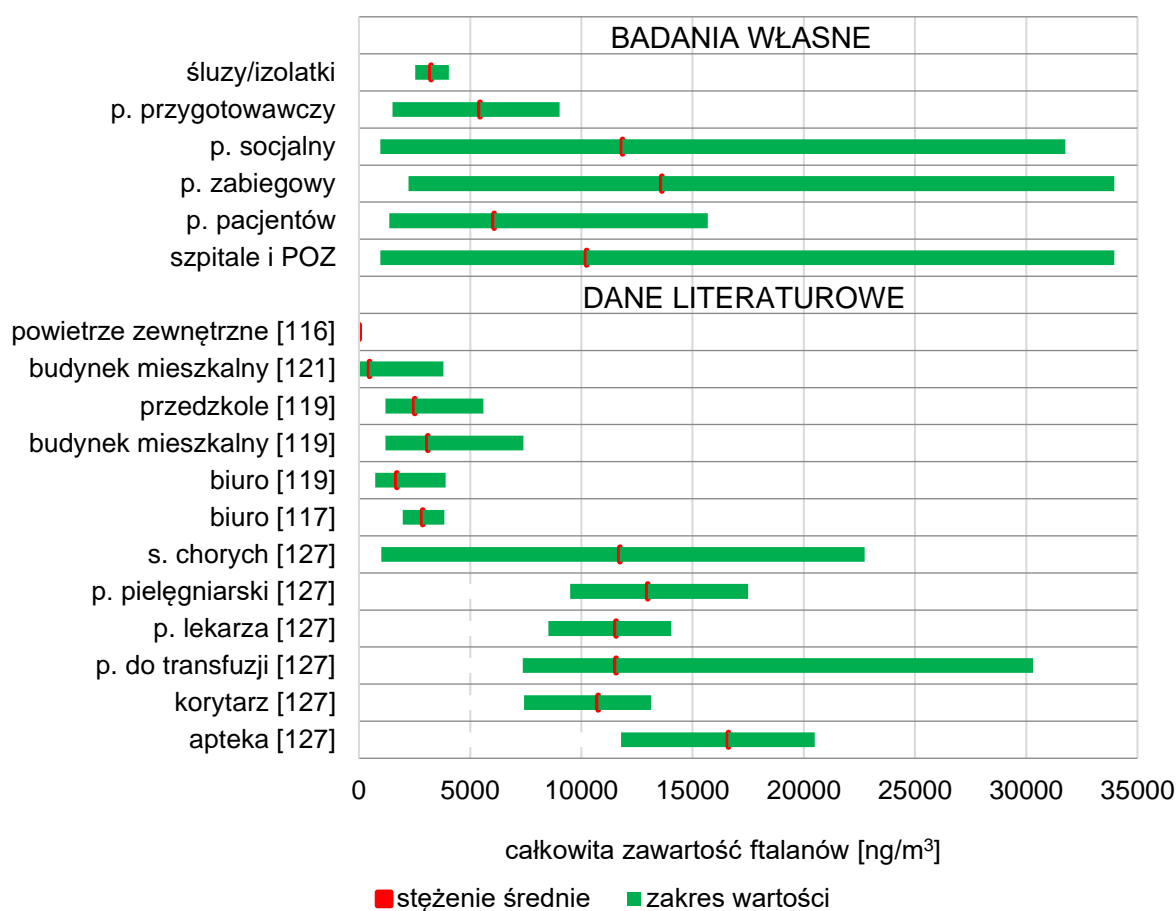
- pomieszczenia w POZ są zamknięte w godz. 18-6 (w tym czasie pomieszczenia nie są wietrzone) i może dochodzić do emisji ftalanów z materiałów budowlanych, wykończeniowych i wyposażeniowych;
- w POZ występuje duża rotacja osób, które wykorzystują produkty konsumenckie, w tym środków higieny osobistej, które mogą powodować emisję ftalanów do powietrza;
- w szpitalach zastosowane są inne materiały wyposażeniowe, a także wykończeniowe (zwykle wyższej jakości).

W Polskim ustawodawstwie żaden akt prawny nie reguluje całkowitej zawartości estrów kwasu ftalowego w powietrzu wewnętrznym. Porównanie sumarycznej zawartości ftalanów z wartościami przedstawionymi w literaturze zestawiono na Rysunku 66. Analizując zestawione dane można stwierdzić, iż średnia całkowita zawartość ftalanów w badanych próbkach jest zbliżona do tej w literaturze. Zakresy stężeń badanych próbek, mają ten sam rząd wielkości i są najbardziej zbieżne z wynikami badań prowadzonymi przez Wang'a i in. w chińskim szpitalu [127]. Zauważyć można również, iż dane literaturowe dotyczące całkowitej zawartości estrów kwasu ftalowego w budynkach użyteczności publicznej, jest zdecydowanie niższa niż w jednostkach ochrony zdrowia. Najwyższa sumaryczna zawartość ftalanów występowała w pomieszczeniach socjalnych oraz zabiegowych, co może



## DYSKUSJA WYNIKÓW

wynikać z większego przemieszczania się osób w tych salach (rotacja ludzi) oraz z dużej ilości wykonywanych czynności, procedur, do których wykorzystywane są różnego rodzaju produkty polimerowe (np.: podczas wykonywania zabiegów, przygotowywania posiłków). Natomiast najniższe poziomy oznaczono w szluzach i izolatkach, które są bardziej izolowane od reszty pomieszczeń (ograniczony jest w nich ruch ludzi oraz są najmniej wyposażone pod względem obecności materiałów wyposażeniowych i wykończeniowych).



Rys. 66. Porównanie całkowitej zawartości ftalanów (wartości średnich i zakresów wartości) w zanalizowanych próbkach powietrza wewnętrznego i z danymi zawartymi w literaturze

Analiza próbek z wykorzystaniem metody do oznaczania LZO wykazała, że ftalan DEHP został zidentyfikowany we wszystkich próbkach powietrza, pyłu zawieszonego i kurzu. Badania innych naukowców wskazują, iż udział poszczególnych ftalanów w aerozolu wzrasta wraz ze wzrostem stałej  $K_{ow}$  i spadkiem prężności par. W efekcie czego, DEHP występuje przede wszystkim na cząstkach stałych, zwłaszcza w pyłku zawieszonym w powietrzu wewnętrznym [230]. Stężenie masowo-objętościowe ftalanu di(2-etyloheksylu) w kurzu i pyłku jest zdecydowanie niższe, niż w powietrzu wewnętrznym, w związku z powyższym jego głównym źródłem pochodzenia w przebadanych matrycach jest otaczające powietrze

## DYSKUSJA WYNIKÓW

wewnętrzne. W powietrzu wewnętrznym potwierdzono także obecność ftalanów DEP, DiBP, DnHP, BBP, DEHP, DiNP oraz DiDP, na niższych poziomach zawartości.

Poziomy stężenie estrów kwasu ftalowego analizowane podczas dwóch turach pomiarów różniły się, jednakże osiągały podobny rząd wielkości. Stężenia związków organicznych w dowolnym środowisku wewnętrznym mogą różnić się w czasie i przestrzeni, na skutek zmian geograficznych, sezonowych i dobowych oraz jakości powietrza zewnętrznego. Dlatego oprócz bezpośrednio zmierzonego stężenia analitu, w Tabeli 32 podano również stosunek stężenia analitu w powietrzu wewnętrznym (W) i powietrzu zewnętrznym (Z) z równoległych pomiarów [216, 231]. Parametr W/Z wskazuje, iż stężenie ftalanów jest zdecydowanie niższe w powietrzu zewnętrznym niż wewnętrznym (od 6 do 4854 razy niższe). Zatem za jakość powietrza w pomieszczeniu odpowiadają głównie endogenne źródła emisji. Na tej podstawie można stwierdzić, iż źródłem estrów kwasu ftalowego w pomieszczeniach nie jest powietrze zewnętrzne. Zasadniczo w krajach rozwiniętych stężenia zanieczyszczeń w pomieszczeniach są podobne do stężeń na zewnątrz i ich stosunek mieści się w zakresie od 0,7 do 4 [216]. Ponadto, związki DiDP oraz DiNP występowały na zewnątrz poniżej granicy detekcji. Zestawienie uzyskanych wyników z danymi literaturowymi wskazuje, iż oznaczone stężenia ftalanów DEHP, BBP w powietrzu zewnętrznym są wyższe, a dla DMP niższe niż w innych rejonach świata. Mając na uwadze powyższe dane można stwierdzić, iż jednym ze sposobów pozwalających na zmniejszenie zawartości ftalanów w pomieszczeniach wewnętrznych jest intensywniejsze wietrzenie pomieszczeń, szczególnie obecnie, gdy pomieszczenia są bardzo izolowane, a okna uszczelniane.

Tabela 32. Zestawienie średnich stężeń poszczególnych ftalanów występujących w powietrzu wewnętrznym, zewnętrznym, ich stosunku stężeń (W/Z-iloraz stężeń w powietrzu wewnętrznym i zewnętrznym) oraz porównanie ich zawartości z danymi literaturowymi (dla powietrza zewnętrznego)

FTALAN	POWIETRZE WEW.	POWIETRZE ZEW.	W/Z	POWIETRZE ZEWNĘTRZNE (Lit.)							
				[232]	[233]	[234]	[118]	[235]	[236]	[237]	[238]
				ŚREDNIE STĘŻENIE [ng/m <sup>3</sup> ]							
<b>DMP</b>	339,80	0,07	4854	45,10	0,11	5,1	1,62	0,5	10,1	-	-
<b>DEP</b>	1349,91	2,83	477	6,72	0,41	17,1	2,54	10,7	3,4	-	470
<b>DiBP</b>	1738,13	3,38	514	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>DBP</b>	5334,43	3,72	1434	54,62	0,29	4,6	nd	22,2	58,8	10,3	-
<b>DnHP</b>	11,21	0,07	160	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>BBP</b>	105,45	20,38	6	0,19	0,04	0,3	nd	4,6	3,2	-	-
<b>DEHP</b>	1200,00	166,28	7	63,48	0,22	63,1	58,3	18,9	20,3	11,9	-
<b>DnOP</b>	9,43	0,39	24	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>DiDP</b>	112,50	<LOD	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>DiNP</b>	23,16	<LOD	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>SUMA</b>	10224,02	197,14	52	-	-	-	-	-	-	-	-

### Temperatura, wilgotność powietrza

Na stan powietrza w pomieszczeniach wewnętrznych ma również wpływ jego wilgotność względna oraz temperatura kształtująca komfort cieplny osób w nim przebywających [239]. W ustawodawstwie polskim aktem prawnym regulującym zakres temperatury na stanowisku pracy jest Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz.U. 1997 nr 129 poz. 844 z późn. zm.). Określa ono minimalne temperatury odpowiednie do rodzaju wykonywanej pracy, jakie należy zapewnić w pomieszczeniach pracy. Dla pracy lekkiej, biurowej jest to nie mniej niż 18°C, a dla pozostałych rodzajów prac nie mniej niż 14°C (chyba że względy technologiczne uniemożliwiają utrzymanie wskazanej temperatury). Wartości uzyskane w trakcie prowadzenia badań (podczas pomiarów temperatury) w jednostkach ochrony zdrowia spełniają wymagania regulowane przez ww. rozporządzenie.

Warunki temperatury oraz wilgotności, które powinny zostać zapewnione w pomieszczeniach przeznaczonych na stały pobyt ludzi muszą spełniać określone wymagania, które zostały opisane w normie PN-B-03421:1978 *Wentylacja i klimatyzacja. Parametry obliczeniowe powietrza wewnętrznego w pomieszczeniach przeznaczonych do stałego przebywania ludzi*. Norma została wycofana w 2015 r., jednakże środowisko branżowe wciąż powołuje się na jej wytyczne oraz wykorzystuje parametry obliczeniowe w niej zawarte. Norma do tej pory nie została zastąpiona przez jej aktualną wersję, która pozwalałaby interpretować warunki temperatury i wilgotności powietrza wewnętrznego. Zgodnie z PN-B-03421:1978, dla osób pracujących na stanowisku pracy pielęgniarka można przyjąć średnią aktywność fizyczną, w związku z powyższym temperatura powietrza powinna wynosić od 18 do 22°C (w okresie zimowym-Z) oraz od 20 do 23 °C (w okresie letnim-L), a wilgotność względna od 40 do 60% [minimalna 30% (Z) i maksymalna 70% (L)]. W okresie letnim temperatura nie spadała poniżej 20 °C, natomiast w 70% wykonywanych pomiarów przekraczała wartość zalecaną (22°C), co wynikało głównie z wysokiej temperatury powietrza zewnętrznego w sezonie letnim oraz z bezpośredniego ogrzewania promieniowaniem słonecznym pomieszczeń wewnętrznych. W efekcie braku urządzeń klimatyzacyjnych temperatura w pomieszczeniach wewnętrznych dochodziła do 28,4 °C. W okresie zimowym temperatura w 73% pomieszczeń przekraczała wartości normatywne. Natomiast wilgotność względna latem wynosiła od 32,5 do 76,8% (w 2 pomieszczeniach przekraczała wartości maksymalne), a zimą od 25,9 do 75,6% (w 2 przypadkach zaobserwowano wartości niższe, niż minimalne).

Odpowiednio dobrane warunki wentylacji i klimatyzacji mogą zapewnić optymalne warunki termalne, wpływać na komfort pracy oraz na odczuwalne samopoczucie. Wyższa

temperatura powietrza powoduje wzrost ilości związków uwalnianych z materiałów budowlanych, wykończeniowych i wyposażeniowych, podczas gdy wzrost częstotliwości wietrzenia może przyczynić się do zmniejszenia poziomów stężeń oraz ilości związków z grupy LZO w powietrzu oraz wpływać na poprawę stanu higienicznego obiektów. Dane literaturowe wskazują, iż wszystkie procesy fizyko-chemiczne, takie jak dyfuzja w materiale, desorpcja, parowanie ulegają intensyfikacji wraz ze wzrostem temperatury i znacząco wpływają na ilość uwalnianych LZO z materiałów [111, 240].

Również wilgotność względna jest czynnikiem środowiskowym wpływającym na szybkość emisji lotnych związków organicznych z materiałów budowlanych. Dla większości LZO zależność wilgotności od stopnia szybkości emisji jest pozytywnie skorelowana. [241]. W danych literaturowych można znaleźć informacje, że dla LZO, takich jak: formaldehyd, toluen, etylobenzen, ksylen, wraz ze wzrostem wilgotności obserwuje się kilkukrotny wzrost szybkości emisji z materiałów (od 1,1 do 5,4) [242].

Zbyt niska wilgotność względna powietrza może powodować podrażnienia sensoryczne oczu i górnych dróg oddechowych, zaburzać emisję głosu, zmniejszać wydajność pracy oraz jakość snu. Podwyższenie wilgotności powietrza w pomieszczeniu może pozytywnie wpływać na zespół suchego oka, zwiększać wydajność pracy zwłaszcza w środowisku biurowym oraz zmniejszać objawy związane z zespołem obturacyjnego bezdechu [243].

### **PYŁ ZAWIESZONY**

W przeprowadzonych badaniach uwzględniono średnią 24-godzinną zawartość pyłu zawieszonego, w celu porównania uzyskanych wyników z wytycznymi i normami dotyczącymi jakości powietrza oraz z dostępnymi danymi literaturowymi. Ze względu na ograniczenia sprzętowe i niemożność uzyskania odpowiedniego przepływu przez układ cyklonu, otrzymano 2 frakcje pyłu o zróżnicowanej wielkości średnicy aerodynamicznej (niemożliwe było dokładne oszacowanie wielkości uzyskanych frakcji PM). W wyniku rozdzielania pyłu zawieszonego uzyskano frakcje o większej i mniejszej średnicy cząstek. Jednakże głównym celem badania nie było frakcjonowanie pyłu i zbadanie masy poszczególnych frakcji, a uzyskanie informacji na temat analizy jakościowej lotnych związków organicznych, które związane są na powierzchni pyłu zawieszonego, a także określenie ich potencjalnego wpływu na zdrowie.

Przyczyny niekorzystnych skutków zdrowotnych wdychania PM nadal nie są w pełni poznane. Niewiele jest dowodów na to, że właściwości fizyczne (wielkość cząstek), czy też chemiczne (struktura pyłu oraz spektrum zaadsorbowanych związków) mają wpływ na zdrowie [244]. Jednak pojawiają się dowody świadczące o tym, że cząstki pyłu przekraczają

barierę układ oddechowy – układ krwionośny, w wyniku czego może dochodzić do zatorów w naczyniach krwionośnych i powstawania określonych problemów zdrowotnych [245, 246]

### Stężenie pyłu zawieszonego

WHO zaleca, aby zawartość cząstek PM była możliwie jak najniższa w powietrzu wewnętrznym, a EPA zaleca, aby dopuszczalna 24-godzinna koncentracja PM<sub>10</sub> i PM<sub>2,5</sub> w powietrzu wewnętrznym nie przekraczała 150 µg/m<sup>3</sup> i 35 µg/m<sup>3</sup>. Natomiast w Polsce brakuje regulacji prawnych określających dopuszczalne zawartości cząstek pyłu zawieszonego w powietrzu wewnętrznym.

Zawartość pyłu o mniejszej średnicy cząstek (zmierzona metodą filtracyjno-wagową) który występował w powietrzu wewnętrznym jednostek opieki medycznej, wynosiła od 208 do 417 µg/m<sup>3</sup>. W pomieszczeniach wewnętrznych usytuowanych na terenach zurbanizowanych (do których możemy zaliczyć Gdańsk, Gdynię i Sopot), w których nie pali się tytoniu, średnie stężenia cząstek zawieszonych bardzo często przekracza poziom 100 µg/m<sup>3</sup> [57]. Jednakże w badaniach prowadzonych w szkołach w środkowej Finlandii uzyskano zdecydowanie niższą wartość w zakresie od 3,5 do 70 µg/m<sup>3</sup> [247], a w halach sportowych zlokalizowanych w Polsce zawartość całkowitego pyłu zawieszonego wynosiła od 10 do 500 µg/m<sup>3</sup> [195].

Nie oszacowano zawartości pyłu o większej średnicy w powietrzu wewnętrznym wybranych pomieszczeń, ze względu na zbyt niską masę analizowanego materiału, która była niższa niż granica oznaczalności wagi analitycznej.

### Identyfikacja LZO w pyłe zawieszonym

Dz.U. 2018 poz. 1286 z późn. zm. określa NDS pyłowych czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. W Załączniku 1 do tego rozporządzenia uwzględniono wykaz wartości najwyższych dopuszczalnych stężeń pyłowych czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy w frakcji wdychalnej, respirabilnej, torakalnej oraz włókien respirabilnych. Poniżej w Tabeli 33 porównano zakres stężeń maksymalnych poszczególnych substancji występujących w pyłe o mniejszej i większej średnicy aerodynamicznej cząstek, z poziomami zawartymi w Dz.U. 2018 poz. 1286 z późn. zm.

## DYSKUSJA WYNIKÓW

Tabela 33. Porównanie stężeń poszczególnych substancji występujących w pyłe o większej i mniejszej średnicy cząstek z poziomami zawartymi w ustawodawstwie krajowym

NAZWA SUBSTANCJI	WYNIKI BADAŃ		Dz.U. 2018 poz. 1286 z późn. zm.
	PYŁ O WIĘKSZEJ ŚREDNICY – stężenie maksymalne [mg/m <sup>3</sup> ]	PYŁ O MNIJSZEJ ŚREDNICY – stężenie maksymalne [mg/m <sup>3</sup> ]	FRAKCJA WDYCHALNA/ RESPIRABILNA/ PARY – NDS [mg/m <sup>3</sup> ]
bezwodnik ftalowy	0,00015	0,00007	1
ftalan dibutyłu	0,00265	0,07670	5
ftalan dietylu	0,00020	0,00284	3
kaprolaktam (heksano-6-laktam)	0,00001	0,00870	5

Stężenia 4 substancji, występujących w pyłe zawieszonym, można odnieść do wartości NDS, które podane są w rozporządzeniu. Analizując informacje zawarte w Tabeli 33, można zauważyć, iż uzyskane stężenia są wielokrotnie niższe niż wartości dotyczące frakcji wdychalnej przewidzianej w Dz.U. 2018 poz. 1286 z późn. zm.

Najliczniejszą grupą związków, dla której oszacowano również najwyższe sumaryczne stężenie w PM były estry, które posiadają najczęściej endogenne źródła emisji takie jak materiały budowlane, wykończeniowe oraz wyposażeniowe [176, 216]. Obecność tych związków w pyłe zawieszonym nie jest obojętna dla zdrowia ludzi oraz dla ich samopoczucia [178].

W pyłe o mniejszej średnicy cząstek oszacowano wysokie stężenie związków z grupy kwasów tłuszczowych (17,80 µg/m<sup>3</sup>). Natomiast w pyłe o większej średnicy na wyższych poziomach zawartości występowały ftalany i tereftalany (4,10 µg/m<sup>3</sup>). Estry kwasów ftalowych wykazują negatywne skutki zdrowotne. Obecność tych substancji jest rzadko rozpatrywana w literaturze pod kątem występowania w PM. Jednakże chińscy naukowcy uzyskali podobny zakres całkowitej zawartości ftalanów w PM<sub>2,5</sub> (od 0,00408 do 4,790 µg/m<sup>3</sup>). Ponadto zwrócili uwagę, iż najwyższy udział w całkowitym stężeniu miał DBP oraz DEHP [248].

Najwięcej informacji w piśmiennictwie można odnaleźć na temat zawartości wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w pyłe zawieszonym. Wynika to głównie z faktu, iż są to związki wszechobecnie występujące w środowisku, charakteryzujące się trwałością, mutagennością oraz rakotwórczością. [240, 249, 251]. Oszacowane średnie sumaryczne zawartości związków były na porównywalnym poziomie (pył o większej średnicy cząstek – 0,05 µg/m<sup>3</sup>, pył o mniejszej średnicy cząstek – 0,08 µg/m<sup>3</sup>), względem dostępnych danych literaturowych (mediana dla całkowitego pyłu zawieszonego – od 0,00125 do 0,05137 µg/m<sup>3</sup>) [252].

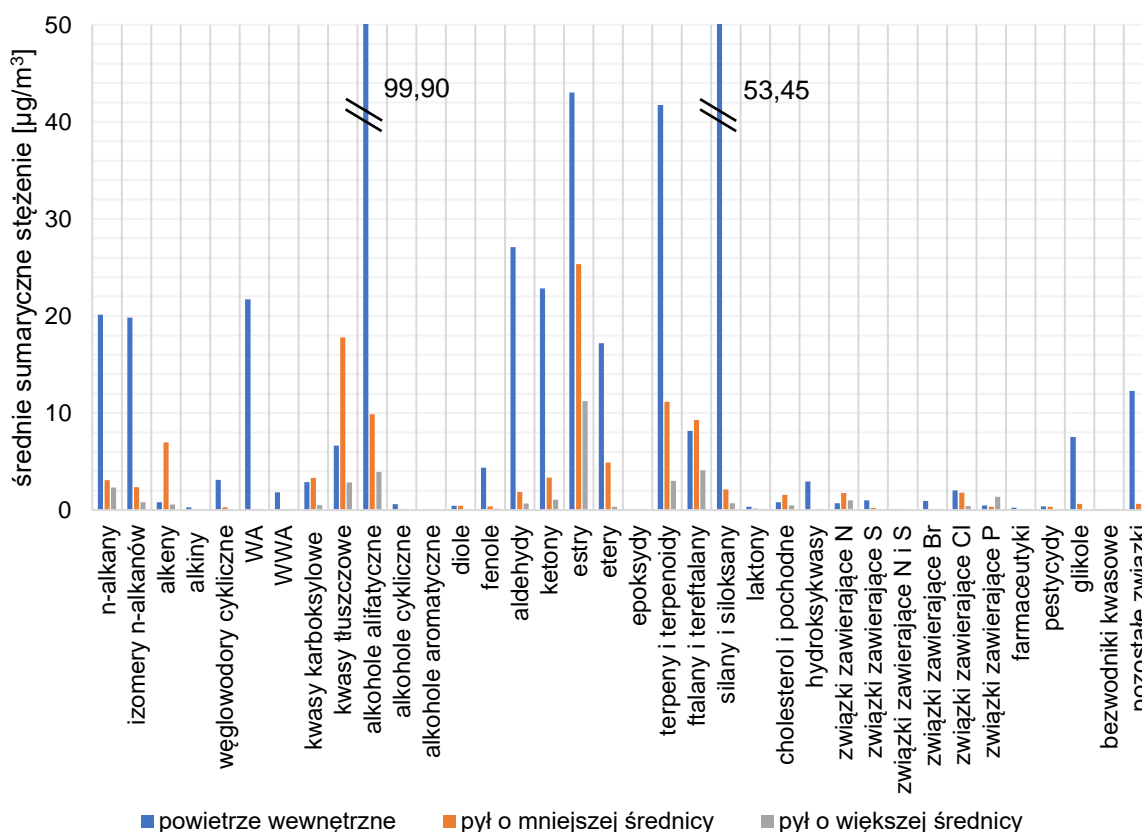
Przeprowadzone badania wykazały, iż pył zawieszony jest źródłem narażenia na substancje, które mają działanie: mutagenne na komórki rozrodcze (benzen, formaldehyd), kancerogenne (2-furylometanol; benzen; dichlorometan; formaldehyd; naftalen; buta-1,3-dien; antracen; 1,4-dioksan) oraz zaburzające funkcjonowanie układu rozrodczego (dibutyloformamid, disiarczek węgla, DEHP, DiBP, DBP, kwas 2-etyloheksanowy, oktametylocyklotetrasiloksan, styren, toluen) [zgodnie z Dz.U. L 353 z 31.12.2008 z późn. zm.].

Skład jakościowy i ilościowy LZO zaadsorbowanych na cząstkach pyłu o mniejszej średnicy różni się od składu pyłu o większej średnicy oraz od składu powietrza wewnętrznego. Na Rysunku 67 zilustrowano występowanie podobieństw oraz różnic w zawartości poszczególnych grup związków w wybranych matrycach. Obecność określonych różnic i podobieństw związane jest z wieloma mechanizmami, m.in. z usuwaniem substancji z fazy gazowej (dyfuzja do powierzchni z następującą po niej sorpcją) i z powierzchni cząstek pyłu zawieszonego (zderzanie, przechwytywanie i osadzanie grawitacyjne). Należy zauważyć, iż procesom sorpcji i osadzania LZO może towarzyszyć ponowne wprowadzanie ich do powietrza poprzez ulatnianie i zawieszanie. [253]. Analizując dane przedstawione na Rysunku 67 można zauważyć, iż większość ze zidentyfikowanych grup związków występuje na dużo wyższych poziomach stężeń w fazie gazowej niż w pyle zawieszonym. Wyjątek stanowiły kwasy tłuszczowe, ftalany i tereftalany, związki zawierające azot oraz alkeny, dla których oszacowano wyższe stężenia w pyle o mniejszej średnicy cząstek niż w powietrzu.

W pyle o większej średnicy cząstek zidentyfikowano łącznie 312 substancji, a w pyle o mniejszej średnicy cząstek 370 LZO. Wyniki oznaczeń jakościowych zestawiono z informacjami dostępnymi w Dz.U. L 353 z 31 grudnia 2008 r. z późn. zm. i przyporządkowano zanalizowanym substancją informacje dotyczące klasy zagrożenia i kodu kategorii uwzględniającej określone skutki zdrowotne (Załącznik 11). W pyle o większej średnicy cząstek zidentyfikowano następującą ilość związków chemicznych przyporządkowanych do konkretnych klas zagrożeń:

- 2 mutagenne (na komórki rozrodcze);
- 20 o toksyczności ostrej;
- 13 toksycznych względem narządów docelowych (w narażeniu jednorazowym);
- 7 działających żrąco na skórę;
- 11 działających drażniąco na skórę;
- 8 rakotwórczych;
- 4 powodujące uszkodzenie oczu;

- 19 działających drażniąco na oczy;
- 8 działających szkodliwie na rozrodczość;
- 4 toksyczne względem narządów docelowych (w powtarzanym narażeniu);
- 1 powodującą zagrożenie spowodowane aspiracją;
- 1 o działaniu uczulającym na drogi oddechowe;
- 3 powodujące reakcje alergiczne skóry.



Rys. 67. Porównanie średnich sumarycznych stężeń poszczególnych grup związków zidentyfikowanych w powietrzu zewnętrznym oraz w pyłe o większej i mniejszej średnicy cząstek

W pyłe o mniejszej średnicy cząstek wykryto obecność następujących kategorii substancji:

- 1 o działaniu mutagennym,
- 20 wykazujących toksyczność ostrą,
- 13 toksycznych względem narządów docelowych (w narażeniu jednorazowym),
- 8 działających żrąco na skórę,
- 12 działających drażniąco na skórę,
- 6 rakotwórczych,
- 3 powodujące uszkodzenie oczu,
- 20 działających drażniąco na oczy,



- 9 działających szkodliwie na rozrodczość,
- 3 toksyczne względem narządów docelowych (w powtarzanym narażeniu),
- 1 powodującą zagrożenie spowodowane aspiracją,
- 1 o działaniu uczulającym na drogi oddechowe,
- 3 wykazujące reakcje alergiczne skóry.

### Całkowita zawartość LZO w pyle zawieszonym

W ustawodawstwie polskim brakuje aktów prawnych regulujących całkowitą zawartość LZO jaka może znajdować się w pyle zawieszonym. Również międzynarodowe komisje, agencje i organizacje nie wprowadziły wytycznych, które normowałyby wartość tego parametru w PM. Na podstawie uzyskanych wyników, zwrócono uwagę, iż całkowita zawartość LZO zdesorbowana z PM była kilkakrotnie wyższa (od 1,1 do 12,3 razy wyższa) w pyle o mniejszej średnicy cząstek (zakres od 29,34 do 380,73  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), niż w pyle o większej średnicy cząstek (zakres od 2,71 do 150,66  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). W głównej mierze związane jest to z procentową zawartością poszczególnych frakcji pyłu w powietrzu wewnętrznym, ale także z sumaryczną powierzchnią. Cząstki o mniejszej średnicy cząstek, klasyfikowane jako frakcja  $\text{PM}_{10}$  stanowią zwykle 70% wszystkich cząstek pyłu zawieszonego [57]. Mniejszych cząstek jest zdecydowanie więcej w powietrzu wewnętrznym i z tego powodu uzyskuje się zdecydowanie wyższe poziomy LZO. Może to wynikać z faktu, iż cząstki o mniejszej średnicy aerodynamicznej mają większe zdolności sorpcyjne. Podobne wnioski wysunął w swoich badaniach Cai i in., który zaobserwował, iż lotne związki organiczne są silniej związane z cząstkami o mniejszych rozmiarach [87]. Najwyższą zawartość LZO oznaczono w pyle o mniejszej średnicy cząstek, pobranym w pomieszczeniu zabiegowym Szpitala im. Mikołaja Kopernika w Gdańsku, na Oddziale Gastroenterologii (380,73  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), w którym wykonywano badania miesiąc po otwarciu Kliniki (po jej modernizacji i gruntownym remoncie), co mogło mieć główny wpływ na wielkość mierzonego parametru.

### **KURZ**

W publikacjach naukowych opisywane i stosowane są dwie metody pobierania próbek kurzu. Materiał może pochodzić z odkurzacza domowego (zawierać zanieczyszczenia występujące w kilku pomieszczeniach na przestrzeni wielu miesięcy, bądź lat) lub być pobierany z powierzchni (co dostarcza informacji o zanieczyszczeniach charakterystycznych dla danego pomieszczenia, które występuje w krótszym okresie). Wobec powyższego uzasadnione było wybranie zastosowanej metody pobierania próbek z powierzchni mebli za pośrednictwem filtrów szklanych, ze względu na fakt, iż wiek kurzu nie przekraczał kilku tygodni, był charakterystyczny dla danego miejsca oraz wykazywał się jednorodną powierzchnią [70-72, 101-104].

### Masa kurzu

Średnia masa kurzu, które ulegała depozycji na 1 m<sup>2</sup> powierzchni płaskich w wybranych jednostkach opieki medycznej wynosiła od 0,3 do 7,8 mg (średnia masa 2,38 mg). Jest to wartość porównywalna z danymi literaturowymi, które wskazują na występowanie od 2,2 do 3,7 mg cząstek stałych na 1 m<sup>2</sup> powierzchni [254] i w głównej mierze zależy od pory roku, w której prowadzone były badania.

### Identyfikacja LZO w kurzu

Liczba publikacji naukowych dotyczących tematyki identyfikacji LZO zaadsorbowanych na powierzchni kurzu jest dużo mniej liczna niż ta dotycząca zawartości związków lotnych w powietrzu wewnętrznym. Nieliczne materiały skupiają się głównie na analizowaniu zawartości substancji z grupy: PBDE (polibromowanych difenyleterów), PCB (polichlorowanych bifenyli) i WWA [70, 104, 255, 256]. Większość dostępnych badań została opublikowana przed rokiem 2000. Niewielka liczba dostępnych artykułów naukowych może wynikać z faktu, iż szczegółowa analiza narażenia na poszczególne substancje występujące w kurzu oraz zbadanie ich wpływu na zdrowie jest bardzo kosztownym i żmudnym procesem [99]. Niedostępne są źródła literaturowe przedstawiające skład jakościowy i ilościowy LZO w kurzu pobranym w jednostkach medycznych. W związku z powyższym przeprowadzone badania można uznać za unikatowe/pionierskie. Pozwalają one określić narażenie na związki organiczne pochodzące z różnych matryc.

W pobranych próbkach kurzu zidentyfikowano łącznie 449 związków organicznych. W badaniach literaturowych największa ilość wykrytych związków wynosiła 188, co może być związane z odmiennym charakterem miejsca, w którym pobierano próbki [257]. Stworzona

baza identyfikacyjna jest najliczniejsza spośród dostępnych literaturowo. Najbardziej liczną grupą związków, jaką zidentyfikowano w badanym materiale, były: estry (101 zidentyfikowanych związków), izomery n-alkanów (40 związków) oraz farmaceutyki (30 związków).

Kwasy tłuszczowe to grupa związków, dla których oszacowano najwyższe średnie sumaryczne stężenie ( $24912,21 \mu\text{g/g}$ ,  $59,79 \mu\text{g/m}^2$ ) w kurzu. Substancje takie jak: kwas nonanowy (C:9), dekanowy (C:10), dodekanowy (C:12), tetradekanowy (C:13), (Z) 6-heksadekenowy (C:16:1), heksadekanowy (C:16) oraz heptadekanowy (C:17) występowały we wszystkich analizowanych próbkach. Wynika to z faktu, iż powyższe kwasy tłuszczowe wraz z cholesterolem i ceramidami tworzą jedną z głównych klas lipidów międzykomórkowych w najbardziej zewnętrznej warstwie skóry (warstwie rogowej). Kurz w głównej mierze składa się z warstwy martwego naskórka, na co wskazują również badania innych naukowców [258]. Na powierzchni warstwy lipidowej skóry znajdują się głównie takie kwasy tłuszczowe jak: kwas heksadekanowy, kwas (Z)-9-heksadekenowy, (Z)-9-oktadekenowy oraz (Z,Z)-9,12-oktadekadienowy [259]. W źródłach literaturowych można odnaleźć informacje, iż kwas (Z)-9-heksadekenowy jest jednym ze składników sebum ludzkiego, czyli łoju skórniego, który jest mieszaniną lipidów nabłonkowych, wydzielanych przez gruczoły łojowe skóry owłosionej i nieowłosionej. Substancje te nie stanowią potencjalnego zagrożenia dla zdrowia i życia ludzi [260]. Uzyskane wyniki potwierdzają, iż głównym składnikiem kurzu są fragmenty martwego naskórka.

Drugą grupą związków chemicznych o najwyższym sumarycznym stężeniu, które zidentyfikowano w próbkach kurzu były ftalany i tereftalany ( $43,06 \mu\text{g/m}^2$ ,  $17942,21 \mu\text{g/g}$ ). Substancje te wykazują negatywny wpływ na zdrowie oraz samopoczucie. Ftalan di(2-etyloheksylu) i dinonylu występował we wszystkich analizowanych próbkach. DEHP od 1949 r. przez bardzo długi czas był jednym z najlepiej sprzedających się estrów kwasu ftalowego na świecie. Po 2005 r. został on zastąpiony w wielu produktach głównie przez DiNP. Jednakże nie jest możliwe zastąpienie DEHP przez DiNP w wyrobach medycznych, ponieważ nie posiada on pożądaných właściwości elastyczności i lepkości w niskich temperaturach [113]. W związku z powyższym zastanawiający jest fakt, że ftalan di(2-etyloheksylu) występował we wszystkich próbkach kurzu pobranych w jednostkach opieki medycznej. W badaniach innych autorów również zaobserwowano powszechne występowanie związków z tej grupy w kurzu, jednakże w zróżnicowanym składzie ilościowym i jakościowym. W Tabeli 34 porównano otrzymane wartości średnie, mediany oraz zakres zawartości poszczególnych estrów kwasu ftalowego z danymi zawartymi w literaturze. [99, 113, 257, 261-263].

## DYSKUSJA WYNIKÓW

Tabela 34. Porównanie stężeń średnich, ich wartości minimalnych, maksymalnych oraz mediany poszczególnych ftalanów w kurzu z wartościami dostępnymi w literaturze

FTALAN	BADANIA WŁASNE			DANE LITERATUROWE			LIT.
	STĘŻENIE [ $\mu\text{g/g}$ ]						
	średnie	mediana	zakres	średnie	mediana	zakres	
<b>DMP</b>	<LOD	<LOD	<LOD	259,7	-	<LOQ-461	[264]
				-	0,47	<LOD-23	[265]
				-	-	<LOQ-43987	[266]
				-	0,1	<LOD-12	[267]
<b>DEP</b>	101,782	51,092	<LOD-375,833	1824,5	-	15,4-4900	[264]
				-	14	<LOD-323	[265]
				-	-	0,15-43988	[266]
				-	0,46	<LOD-390	[267]
<b>DiBP</b>	149,165	57,625	<LOD-652,500	1444,2	-	12,6-9340	[264]
				-	104	2,7-1080	[265]
				-	-	<LOQ-150	[266]
				-	6,4	1-130	[267]
<b>DBP</b>	2832,113	2531,214	<LOD-23794,167	3943,7	-	11,9-9070	[264]
				-	103	10-5945	[265]
				-	21	1,2-21000	[267]
<b>BBP</b>	<LOD	<LOD	<LOD	3712,1	-	16,8-7210	[264]
				-	16	3,4-397	[265]
				-	-	0,20-43927	[266]
				-	8,7	0,01-240	[267]
<b>DEHP</b>	5014,909	2029,703	3,145-1855,653	440,6	-	144-785	[264]
				-	449	33-4843	[265]
				-	-	9,00-1957	[266]
				-	290	<LOD-4500	[267]
<b>DnOP</b>	45,542	20,337	<LOD-457,500	-	0	<LOD-30	[265]
<b>DiNP</b>	2813,333	1190,896	<LOD-22482,084	157,5	-	79,7-249	[264]
				-	106	<LOD-5740	[265]
				-	-	<LOQ-1872	[266]
				-	380	58-66000	[267]
<b>DNP</b>	2375,783	285,096	3,314-34094,584	nd	nd	nd	-
<b>DiDP</b>	636,958	100,552	<LOD-16082,083	-	56	<LOD-2388	[265]
				-	-	<LOQ-485	[266]
				-	50	11-1800	[267]
<b>DDP</b>	2111,225	380,114	<LOD-14432,917	nd	nd	nd	-
STĘŻENIE [ $\mu\text{g/m}^2$ ]							
<b>DMP</b>	<LOD	<LOD	<LOD	-	0,183	0,141-0,319	[268]
<b>DEP</b>	0,244	0,123	<LOD-0,902	-	1,93	1,33-2,74	
<b>DiBP</b>	0,358	0,138	<LOD-1,566	-	41,3	22,3-197	
<b>DBP</b>	6,797	6,075	<LOD-57,106	-	10,9	6,49-17	
<b>BBP</b>	<LOD	<LOD	<LOD	-	73,6	18,9-305	
<b>DEHP</b>	12,036	4,871	0,008-39,764	-	1390	146-2440	
<b>DnOP</b>	0,109	0,049	<LOD-1,098	-	-	-	
<b>DiNP</b>	6,752	2,858	<LOD-53,957	-	661	326-1200	
<b>DNP</b>	5,702	0,684	0,008-81,827	-	-	-	
<b>DiDP</b>	1,529	0,241	<LOD-38,597	-	-	-	
<b>DDP</b>	5,067	0,912	<LOD-34,639	-	-	-	

Wyniki dotyczące analizy ftalanów w próbkach kurzu były najczęściej publikowanymi badaniami w bazach naukowych (spośród wszystkich publikacji dotyczących identyfikacji próbek kurzu), z których wynika, iż występowały one na najwyższym poziomie stężeń

w pobieranym materiale [134, 268]. Związek DiNP, który występował w 86% zanalizowanych próbek, został zidentyfikowany również w badaniach Bamai'a i in., które wykazały statystyczną zależność pomiędzy występowaniem tej substancji w kurzu, a pojawieniem się zmian skórnych u dzieci [73]. Ftalany o wyższej masie cząsteczkowej częściej występowały w kurzu niż w powietrzu, co związane jest z ich niższą lotnością i mniejszym powinowactwem do fazy gazowej. Jednakże udział ftalanów w cząstkach stałych wzrasta wraz ze wzrostem  $K_{ow}$  i spadkiem prężności par. W ten sposób np. DEHP zwykle wiąże się z cząstkami stałymi, zwłaszcza z pyłem i kurzem, natomiast ftalan DMP nie występuje na cząstkach kurzu [270], co potwierdzają uzyskane wyniki badań.

Badania jakościowe i ilościowe wykazały również, iż największą zawartość w kurzu, jak i pyłe o większej średnicy cząstek stanowią ftalany oraz kwasy tłuszczowe, co może wynikać z faktu, iż kurz może składać się z osiadłych cząstek pyłu, a także ulegać resuspensji (czyli ponownie ulegać zawieszeniu w powietrzu) jako cząstki pyłu zawieszonego.

Związkami, które bardzo licznie identyfikowano w analizowanym materiale były farmaceutyki – łącznie 40. Jednakże dla substancji tych oszacowano niskie poziomy średnie stężenia (zakres od 0,006 do 0,114  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ) a ich częstość występowania w próbkach nie przekraczała 19%. Najczęściej w kurzu występowała lidokaina oraz paracetamol, które są powszechnie wykorzystywane zarówno w POZ, jak i szpitalach. Niekontrolowane przedostanie się tych substancji, w wyniku ekspozycji inhalacyjnej, dermalnej bądź poprzez przypadkowe połknięcie może prowadzić do negatywnych skutków zdrowotnych, szczególnie u osób, u których występują przeciwwskazania związane z ich stosowaniem. Jednakże należy mieć na uwadze fakt, iż zidentyfikowane farmaceutyki występują w badanym materiale w bardzo niskich stężeniach masowych oraz ich sposób przedostawania się do organizmu jest dużo bardziej ograniczony, niż ma to miejsce w przypadku substancji zawieszonych w fazie gazowej.

Substancje dla których oszacowano najwyższe średnie stężenia w analizowanych próbkach to: kwas (Z) 6-heksadekenowy (24,16  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ , 10067,12  $\mu\text{g}/\text{g}$ ), ftalan di(2-etyloheksylu) (12,04  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ , 5014,90  $\mu\text{g}/\text{g}$ ) oraz skwalen (11,83  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ , 4928,99  $\mu\text{g}/\text{g}$ ), który jest jednym z głównych składników sebum (ok. 20% zawartości) [260].

W kilku wcześniejszych badaniach opublikowanych w literaturze zidentyfikowano przy użyciu techniki GC-MS związki chemiczne, które również występowały w analizowanych próbkach kurzu. Może to wskazywać, iż są to substancje charakterystyczne dla tego rodzaju próbek i występują również w pomieszczeniach o innym przeznaczeniu oraz położeniu geograficznym. Były to takie głównie aldehydy oraz substancje zaklasyfikowane do innych

grup, takie jak: 2-propanon [100, 271, 272], benzaldehyd [99, 100], dekanal [99, 100, 271, 273], 2,6-di-*tert*-butylo-*p*-krezol [100, 271], furfural [99, 100], furfurol [100, 274], heptanal [99, 100, 271-273], 3-metylobutanal [100, 272, 274], nonanal [99, 100, 271], oktanal [99, 100, 271-273], 2-pentylofuran [99, 100, 271, 272, 274], fenol [100, 271] i pirol [100, 271].

W kurzu występowały substancje, które mają udowodniony negatywny wpływ na zdrowie oraz samopoczucie. Zgodnie z Dz.U. L 353 z 31.12.2008 z późn. zm., zidentyfikowane związki w próbkach wykazują określone działanie, które zostało skategoryzowane dla poszczególnych substancji w Załączniku 11. W próbkach oznaczono szerokie spektrum związków, które mogą przyczyniać się do złego samopoczucia oraz stanu zdrowia użytkowników pomieszczeń wewnętrznych. W kurzu zidentyfikowano następującą ilość substancji z poszczególnych kategorii:

- 3 mutagenne (na komórki rozrodcze),
- 28 o toksyczności ostrej,
- 19 toksycznych względem narządów docelowych (narażenie jednorazowe),
- 11 działających żrąco na skórę,
- 20 działających drażniąco na skórę,
- 9 rakotwórczych,
- 4 powodujących uszkodzenie oczu,
- 19 działających drażniąco na oczy,
- 11 działających szkodliwie na rozrodczość,
- 10 toksycznych względem narządów docelowych (powtarzane narażenie)
- 5 powodujących zagrożenie spowodowane aspiracją,
- 2 o działaniu uczulającym na drogi oddechowe,
- 6 powodujących reakcje alergiczne skóry.

### Całkowita zawartość LZO w kurzu

W Polsce, jak również na świecie, nie istnieją akty prawne lub wytyczne, które regulowałyby masę kurzu oraz całkowitą zawartości LZO w nim występujących, czy też stężenia poszczególnych substancji zaadsorbowanych na cząstkach stałych pobranych z powierzchni pomieszczeń wewnętrznych. W związku z powyższym nie można odnieść uzyskanych wyników badań do normatywów higienicznych.

Średnia całkowita zawartość LZO w kurzu, którą wyznaczono w efekcie przeprowadzonych badań wynosiła 201,38036 mg/g (od 23,19694 do 898,99010 mg/g). Porównując uzyskane wyniki badań z nielicznymi dostępnymi danymi literaturowymi można

stwierdzić, iż uzyskana wartość była wielokrotnie wyższa od tych oszacowanych przez innych autorów, m.in. Møhlhave'a i in. (176 i 319  $\mu\text{g/g}$ ) [99], czy Wilkins'a i in. (116-238  $\mu\text{g/g}$ ) [257]. Taka różnica wynikać może z zastosowania odmiennych metod pobierania próbek. W badaniach literaturowych kurz zwykle pobierany jest poprzez zastosowanie wysokowydajnych odkurzaczy, które zbierają z powierzchni podłogi fragmenty skóry ludzkiej i zwierzęcej, włosy, sierść, włókna papierowe, wełnę szklaną, drewno, włókna tekstylne oraz głównie piasek. Natomiast w badaniach własnych zastosowano metodę, która polegała na pobraniu kurzu ulegającemu depozycji na powierzchni blatów. W związku z powyższym analizowano znacznie lżejszy materiał, charakteryzujący się mniejszą wielkością cząstek oraz większą powierzchnią sorpcyjną [257]. Autorzy badania zidentyfikowali dużo mniejszą liczbę związków (Møhlhave i in. 17, a Wilkins i in 188). Również badania innych naukowców wskazują na fakt, iż uzyskane stężenia lotnych związków organicznych w kurzu pobranym metodą manualną są znacznie wyższe niż podczas zastosowania metody aspiracyjnej z odkurzaczem [268]. Jednakże, w publikacjach w których zastosowano metodę automatycznego pobierania próbek i analizowano wybraną grupę związków, a nie całkowitą zawartość LZO, również uzyskano wielokrotnie wyższe stężenia dla pojedynczych substancji, niż dla całego spektrum zidentyfikowanych LZO, którą podawał Møhlhave i in. oraz Wilkins i in. W badaniach opublikowanych przez Larsson'a i in. zakres stężenia dla jednej zidentyfikowanej substancji, takiej jak ftalan diizononylu wynosił od 58 do 66000  $\mu\text{g/g}$  (mediana 380  $\mu\text{g/g}$ ) [267].

## **MOCZ**

### Obecność cytostatyków w moczu

Leki przeciwnowotworowe to grupa substancji wykorzystywanych w chemioterapii nowotworów, obejmujących: leki cytostatyczne (cytostatyki), hormony i antybiotyki. Ich celem jest hamowanie wzrostu komórek nowotworowych poprzez zakłócanie ich podziału oraz unieszkodliwianie. Leki cytostatyczne są powszechnie wykorzystywane (głównie w szpitalach) w leczeniu raka oraz innych chorób nienowotworowych [275].

Substancje z tej grupy mogą wykazywać działanie genotoksyczne [276] oraz kancerogenne [277]. IARC zaklasyfikowało 11 leków przeciwnowotworowych do grupy 1 (rakotwórcze dla człowieka), 12 z nich do grupy 2A (prawdopodobnie rakotwórcze dla człowieka) oraz 9 do grupy 2 B (możliwie rakotwórcze dla człowieka). [278] Od lat 70 XX w. narażenie zawodowe na cytostatyki zostało uznane za potencjalne zagrożenie

dla zdrowia w miejscu pracy. W literaturze można odnaleźć informacje na temat występowania związku między kontaktem z lekami przeciwnowotworowymi, a zwiększonym prawdopodobieństwem wystąpienia efektów mutagennych układu moczowego [279].

Badania naukowe wskazują na występowanie zanieczyszczenia powierzchni roboczych i blatów tymi substancjami w placówkach ochrony zdrowia, nawet po zastosowaniu procedur czyszczących [280, 281]. NIOSH zwrócił uwagę na tematykę obecności cytostatyków w miejscu pracy oraz wprowadził wytyczne mające na celu ochronę pracowników przed tym narażeniem. Czynności rutynowo wykonywane przez personel medyczny, polegające na podawaniu leków chemioterapeutycznych w postaci wlewów dożylnych oraz tabletkowanych form, może być szkodliwe, nawet po wprowadzeniu procedur bezpiecznej pracy z tymi substancjami. Wzrost stosowania leków przeciwnowotworowych w szpitalach może wpłynąć na powstawanie określonych problemów zdrowotnych pracowników służby zdrowia [282]. Mając na uwadze potencjalne negatywne skutki oraz powyższe dywagacje, należałoby uzyskać dowody świadczące o występowaniu narażenia na te leki w miejscu pracy, oraz ich zawartości. Na podstawie aktualnej wiedzy naukowej niemożliwe jest ustalenie poziomu narażenia, który można by uznać za bezpieczny. W związku z powyższym, ekspozycja na te substancje powinna być utrzymywana na poziomie możliwie bliskim zeru. Jednakże badania naukowe wskazują, że placówki medyczne mogą być zanieczyszczone aerozolami zawierającymi te niepożądane substancje. Poza występowaniem cieczy lub pyłu w fazie gazowej, może również dochodzić do ekspozycji dermalnej poprzez bezpośredni kontakt z tymi lekami lub zanieczyszczonymi powierzchniami. Dane literaturowe wskazują na przenikanie cytostatyków przez rękawiczki. Możliwe jest również nieumyślne połknięcie lub przypadkowe zdarzenia umożliwiające ich przedostanie się do organizmu (np.: przez zranienie ostrymi narzędziami). Czynności związane z podawaniem, przechowywaniem, transportem oraz usuwaniem opakowań po lekach przeciwnowotworowych, mogą prowadzić do powstawania narażenia zawodowego u pracowników opieki medycznej [278, 283].

Narażenie zawodowe na substancje z tej grupy można badać poprzez bezpośredni pomiar poziomów ich zawartości w powietrzu, co jest wyjątkowo utrudnione ze względu na wielość i właściwości analizowanych związków. W fazie gazowej leki cytostatyczne występują zwykle poniżej granicy oznaczalności obecnie dostępnych metod analitycznych [278]. Możliwe jest również wykonanie analizy próbek pobranych z rękawiczek, masek ochronnych, tamponów, powierzchni, które miały kontakt z cytostatykami [275]. Jednakże najczęściej stosowaną metodą w celu określenia narażenia na leki przeciwnowotworowe, jest ich identyfikacja i oznaczanie związków pierwotnych jak i ich metabolitów w moczu.



W tym celu najczęściej wykorzystywaną techniką jest LC-MS/MS, która pozwala na uzyskanie wysokiej czułości oraz selektywności [284, 285].

Na podstawie wykonanego przeglądu literatury zdecydowano o wykonaniu analizy identyfikacyjnej LC-MS/MS cytostatyków w próbkach moczu pielęgniarek. W badaniach pominięto metabolity cytostatyków przede wszystkim ze względu na dostępność wzorców, ich cenę, ale także na rozległość zadania badawczego. W jednej próbce moczu pozyskanego od pielęgniarki pracującej w Katedrze i Klinice Hematologii i Transplantologii, GUMed (oddział Hematologii A) zidentyfikowano dakarbazynę (5-[(1E)-3,3-dimetylotriaz-1-enyl]-1H-imidazo-4-karboksyamid). W pozostałych, przeanalizowanych próbkach moczu nie wykryto obecności wybranych cytostatyków, przy wyznaczonym poziomie LOD.

Dakarbazyna to jeden z najważniejszych środków chemioterapeutycznych, należący do klasy związków alkilujących. Jest stosowany w terapii chorych cierpiących na czerniaka, a także w połączeniu z innymi lekami, w przypadku występowania gruczolakoraka nerki, mięsaka tkanek miękkich, chłoniaków złośliwych, nowotworów mózgu i choroby Hodgkina [286, 287, 288]. Jest zaliczany do grupy 2 B, czyli substancji przypuszczalnie kancerogennych dla człowieka. Dane literaturowe wskazują, iż po podaniu dakarbazyny może ona występować w moczu i osoczu w postaci pierwotnej oraz metabolitów [m.in. 5-(3-hydroksymetylo-3-metylo-1-triazeno)imidazo-4-karboksyamidu i 5-(3-metylo)-1-triazeno)imidazo-4-karboksyamidu] [289]. Jest to substancja wydalana głównie z moczem z organizmu człowieka.

W niniejszej pracy wykorzystano metodę LC-MS/MS z odwróconym układem faz do oznaczania całego spektrum cytostatyków, w tym dakarbazyny. Obserwowano trudności podczas wykonywania analiz chromatograficznych związane z występowaniem wysokiego poziomu szumów, ponieważ mocz jest bardzo skomplikowaną, wieloskładnikową mieszaniną. Największym utrudnieniem analitycznym był fakt, iż spodziewane stężenie analizowanych substancji było na poziomie kilku ng/ml, a nawet niższym.

Podstawowymi narzędziami oceny ryzyka, w odniesieniu do narażenia zawodowego na środki przeciwnowotworowe, jest monitorowanie środowiska pracy oraz monitoring biologiczny. Przeprowadzone badania moczu wykazały, iż w jednostkach, w których stosowane są leki cytostatyczne może dochodzić do narażenia organizmu człowieka na substancje o działaniu cytostatycznym. Pielęgniarka, u której w płynie biologicznym zidentyfikowano dakarbazynę, miała ciągły kontakt z tą substancją w szpitalu, ponieważ podaje ją pacjentom w postaci wlewów dożylnych. Lek ten jest często stosowany w leczeniu chemioterapeutycznym pacjentów w Katedrze i Klinice Hematologii i Transplantologii, GUMed (oddział Hematologii

A). Fakt przedostawania się cytostatyków do płynów biologicznych w miejscu ekspozycji personelu potwierdzają również dane literaturowe [290-294].

### Toksyczność moczu

Komercyjnie dostępny test Microtox® jest wykorzystywany do pomiaru toksyczności ostrej próbek środowiskowych takich jak: wody morskie, podziemne, powierzchniowe, ścieki, osady oraz gleba. W bioteście stosowane są bakterie bioluminescencyjne *Vibrio fischeri* jako organizm testowy. Podczas ekspozycji bakterii na substancje toksyczne występujące w próbce, następuje zmniejszenie emisji światła. Wraz ze wzrostem toksyczności związków chemicznych, dochodzi do zmniejszenia ilości światła emitowanego przez bakterie, a różnica ta jest wykorzystywana do obliczenia procentowego zahamowania bioluminescencji, czyli określania toksyczności próbki [148-151].

Test nie jest standardowo wykorzystywany do pomiaru efektu toksyczności próbek biologicznych. Jednakże w literaturze naukowej można odnaleźć informacje na temat badań, w których zastosowano bakterie bioluminescencyjne do pomiaru toksyczności moczu. Przeprowadzone badania wykazały korelację pomiędzy spadkiem bioluminescencji bakterii, a występowaniem w moczu nikotyny i kotyniny (markerów narażenia na tytoń) [295].

Jednym z najistotniejszych zastosowań Microtox® opisanych w literaturze było wykorzystanie biotestu do oceny zmian toksyczności moczu wobec bakterii *Vibrio fischeri* u osób narażonych zawodowo na związki toksyczne obecne w powietrzu wewnętrznym na stanowiskach pracy w koksowni oraz w fabryce nart i obuwia [296]. Przeprowadzone badania miały na celu wykazać korelację pomiędzy występowaniem narażenia zawodowego na substancje obecne wewnątrz pomieszczeń, a zmianą toksyczności ostrej moczu grupy kontrolnej. Chao i współautorzy wykazali, iż test może mieć duży potencjał aplikacyjny, jednakże w badaniach związanych z narażeniem zawodowym sugerowano prowadzenie dalszych obserwacji oraz zastosowanie więcej, niż pojedynczego pomiaru próbki [297]. W badaniach opublikowanych przez Pruul'a i in. wskazano, że przy wyższej średniej mutagenności moczu w teście Ames'a uzyskiwano wyższą średnią toksyczność względem bakterii bioluminescencyjnych. [296].

Doświadczenie pracowników Zakładu Toksykologii Środowiska (ZTŚ), GUMed, zdobyte podczas realizacji projektu Narodowego Centrum Nauki (nr N N404 175139 pt.: Endogenne związki przeciwdrobnoustrojowe w moczu, ich identyfikacja i toksyczność oraz poziom występowania w zależności od czynników środowiskowych) wskazuje, że wyższą toksycznością charakteryzuje się mocz osób oceniających swój stan zdrowia jako dobry

i bardzo dobry, zaś niższą toksyczość obserwuje się u badanych, którzy swój stan zdrowia oceniają gorzej. W oparciu o tę obserwację oraz nieliczne badania odnotowane w literaturze światowej (przedstawione powyżej), zdecydowano się włączyć parametr toksyczności moczu do oceny zdrowia pielęgniarek. W badaniu pomiary wykonywano na próbie 96 pielęgniarek, a materiał badawczy (mocz) pozyskiwano i badano dwukrotnie (co sugerował w swoich badaniach Chao i in.) [297].

Próbki moczu wykazywały się zróżnicowanym poziomem toksyczności ostrej od -2 do 99%. Jedna z analizowanych próbek charakteryzowała się wartością ujemną toksyczności. Drugi pomiar próbki, pobranej od tej samej pielęgniarki (w krótkim okresie od pierwszego pomiaru), również wykazał niską toksyczość na poziomie 4%. Wynika z tego, iż próbka wpłynęła korzystnie na funkcjonowanie bakterii wskaźnikowych *Vibrio fischeri* i wskazuje na wystąpienie hormezy, czyli korzystnego, stymulującego wpływu składników próbki na metabolizm organizmu testowego [298]. Uzyskany wynik może sugerować większą podatność na infekcję dróg moczowych, a tym samym niższą odporność organizmu, która prawdopodobnie związana jest z występowaniem określonych problemów zdrowotnych.

Na podstawie danych literaturowych można wyróżnić 4 klasy toksyczności próbek, w zależności od procentowych wartości [299]:

- <25% - brak toksyczności;
- 25-50% - niska toksyczość;
- 50,1-75% - umiarkowana toksyczość;
- 75,1-100% - wysoka toksyczość.

W efekcie przeprowadzonych badań oraz zastosowania powyższej klasyfikacji, można uznać, że:

- mocz 3 pielęgniarek nie wykazywał toksyczności ostrej;
- materiał biologiczny 10 badanych wykazywał niską toksyczość;
- 29 pielęgniarek miało mocz o umiarkowanej toksyczości;
- mocz 54 badanych wykazywał się wysoką toksyczością.

Na podstawie badań przeprowadzonych w Zakładzie Toksykologii Środowiska, w związku z prowadzeniem projektu NCN oraz z wykonaną klasyfikacją, można przypuszczać, iż ponad 56% pielęgniarek z grupy badanej wykazuje się dobrym albo bardzo dobrym stanem zdrowia, a 13,5% gorszym.

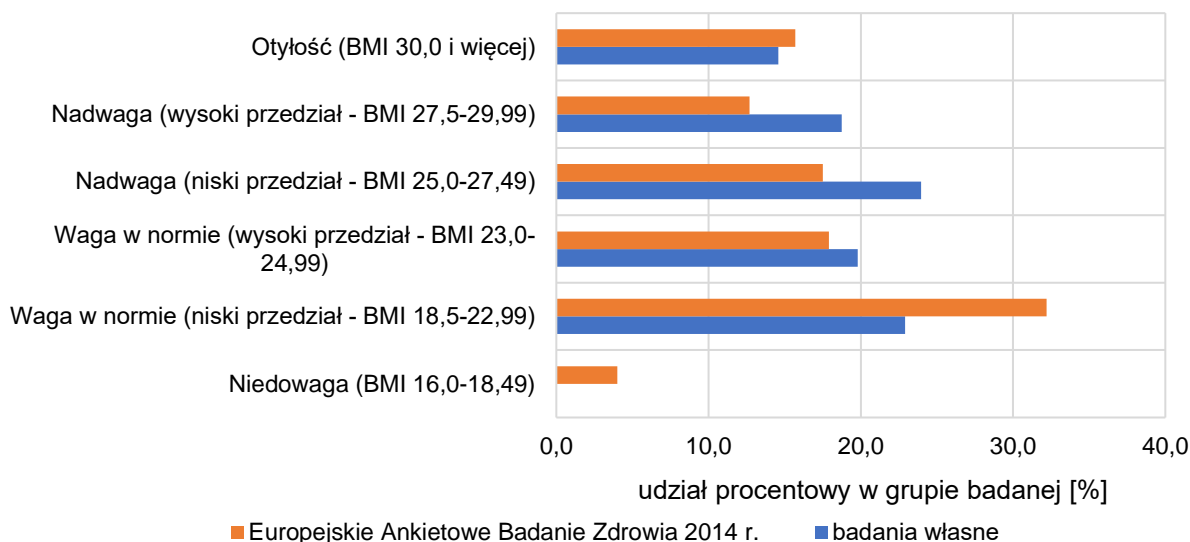
### KWESTIONARIUSZE ANKIET

Badanie kwestionariuszowe miało na celu zebranie informacji dotyczących ogólnego stanu zdrowia fizycznego oraz samopoczucia pielęgniarek. Uzyskane wyniki wykorzystano w celu wskazania, czy występują istotne statystycznie korelacje pomiędzy obiektywnymi parametrami mierzonymi w powietrzu wewnętrznym (które mogą wpływać na stan zdrowia), a parametrem subiektywnym jakim jest samopoczucie [300]. Kwestionariusze osobowe, dostarczyły także informacji na temat charakterystyki osób badanych oraz miejsca ich pracy. Należy jednak wspomnieć, iż parametry włączenia i wyłączenia oraz ograniczenie prowadzenia badań do terenu Trójmiasta, mogło mieć wpływ na uzyskane wyniki badań.

Pielęgniarki biorące udział w badaniu miały od 25 do 72 lat, a ich średni wiek wynosił 48,6 lat (mediana 48,5 lat). Na podstawie danych Naczelnej Izby Pielęgniarek i Położnych, liczba zarejestrowanych pielęgniarek zwiększa się, ale jednocześnie średnia wieku tych osób systematycznie wzrasta. W 2020 r. było 295571 kobiet i 7640 mężczyzn posiadających uprawnienia w tym zawodzie, a ich średni wiek wynosił 53,2 lata, czyli był o ponad 4 lata wyższy od wartości uzyskanej w niniejszym badaniu [301]. W USA średni wiek osób w tym zawodzie wynosi 43,5 roku i również obserwuje się tendencję wzrostową polegającą na starzeniu się pracowników sektora opieki zdrowotnej [302]. Grupa wiekowa pomiędzy 45, a 49 lat stanowiła największy udział w strukturze aktywnych zawodowo pielęgniarek (27,1% udziału w całej grupie zawodowej). W Polsce problem ten nie jest aż tak dostrzegalny jak np. w Stanach Zjednoczonych Ameryki, gdzie w 2017 r. najwięcej aktywnych zawodowo pielęgniarek było w wieku 65 lat i powyżej (14,6%) [303].

Pielęgniarski powinny odgrywać ważną rolę w prowadzeniu edukacji na rzecz zwalczania otyłości i zapobieganiu chorob z nią związanych. Paradoksalnie, osoby zatrudnione w tym zawodzie bardzo często wykazują się większą częstością występowania otyłości, niż ogół populacji [304]. Masa ciała deklarowana przez respondentów badania wynosiła od 49,2 do 120 kg (średnia masa ciała 71,1 kg, mediana 69,3 kg). Na podstawie danych dotyczących wzrostu pielęgniarek obliczono BMI, który przyjmował wartości od 18,9 do 41,32 (wartość średnia 26,2; mediana 26,1). Niedowaga, czyli niedobór masy ciała występuje przy  $BMI < 18,5$ , natomiast nadwaga, związana głównie z nadmierną akumulacją tkanki tłuszczowej pojawia się, gdy BMI jest większe lub równe 25, a otyłość, gdy  $BMI \geq 30$  [305]. Na tej podstawie można stwierdzić, że w grupie badanych pielęgniarek dominowały osoby z nadwagą (niski przedział – BMI od 25,0 do 27,49) oraz z wagą w zakresie normy (niski przedział – BMI od 18,5 do 22,99). Porównując uzyskane dane z informacjami Europejskiego

Ankietowego Badania Zdrowia z 2014 r (Rysunek 68) [305], można stwierdzić, że BMI osób w Unii Europejskiej powyżej 15 roku życia przyjmuje podobne wartości względem grupy badanej. Jednakże największy odsetek kobiet w UE posiada wagę w normie (niski przedział BMI) oraz występują osoby posiadające niedowagę (BMI od 16,0 do 18,49), których nie zidentyfikowano w przeprowadzonym badaniu.

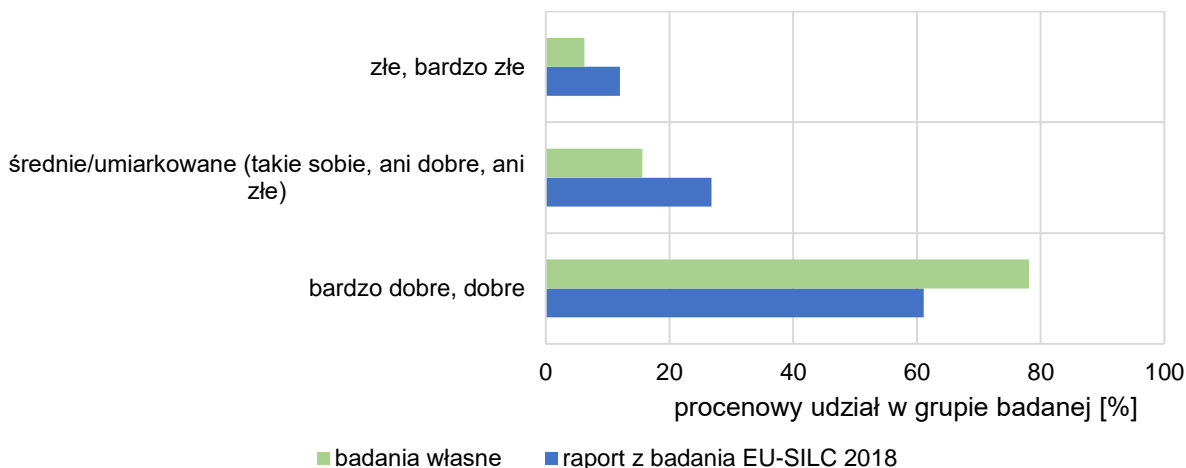


Rys. 68. Porównanie wskaźnika BMI w grupie badanych pielęgniarek względem kobiet mieszkających w Unii Europejskiej w 2014 r. [305]

Na podstawie wyników kwestionariuszy można stwierdzić, iż ankietowane pielęgniarki mają dużą świadomość dotyczącą występowania czynników szkodliwych w miejscu pracy. Ponad 79% osób zadeklarowało, iż w miejscu pracy narażona jest na czynniki chemiczne, z których najczęściej wymieniane były środki czystości, substancje dezynfekujące oraz leki. Dane literaturowe wyraźnie wskazują, iż narażenie na czynniki chemiczne w sektorze opieki zdrowotnej stanowi istotny problem medycyny pracy. W 2001 r. ponad 52% wszystkich chorób zawodowych stwierdzono w obszarze pracowników ochrony zdrowia, wśród których dominowały pielęgniarki (47%). Wśród najczęściej wymienianych chorób zawodowych skóry były wypryski uczuleniowe, a także choroby skóry z alergią natychmiastową. Powszechnie stosowane środki do dezynfekcji są przyczyną powstawania chorób skóry. Dane literaturowe jednoznacznie wskazują, iż na stanowiskach pracy w jednostkach ochrony zdrowia powszechnie stosowane są preparaty odkażające, które mogą wywoływać działanie drażniące oraz alergizujące [306].

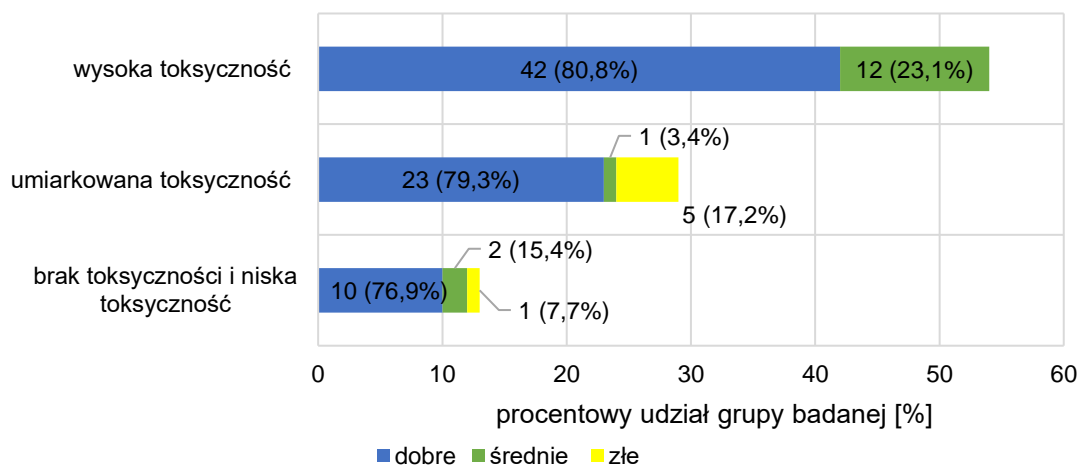
Badana grupa pielęgniarek pozytywnie ocenia stan swojego samopoczucia. Subiektywne odczucie dobrego stanu zadeklarowało 78,13% przebadanych osób. Odsetek pielęgniarek oceniających swoje samopoczucie jako złe wynosił 6,25%, a umiarkowane

(średnie) 15,63%. Porównując otrzymane dane z wynikami raportu z Europejskiego Badania Warunków Życia Ludności (EU-SILC) z 2018 roku [307], można wywnioskować, że badana grupa pielęgniarek znacznie lepiej oceniła swoje samopoczucie, niż ogół Polaków w wieku powyżej 16 roku życia (Rysunek 69).



Rys. 69. Porównanie oceny samopoczucia grupy badanej pielęgniarek względem ogółu ludności w Polsce w 2018 r. [307]

Natomiast porównanie subiektywnego stanu samopoczucia pielęgniarek z klasą toksyczności moczu (wyznaczoną na podstawie wyników toksyczności moczu w teście Microtox®) wykazało nieznaczne różnice (Rysunek 70). Grupa badana, od której pozyskano mocz o wyższej toksyczności nie zadeklarowała w kwestionariuszu 3 posiadanie złego samopoczucia. Również nieznacznie wyższy odsetek pielęgniarek z wyższą toksycznością oceniło swoje samopoczucie jako dobre, względem osób o umiarkowanej i niższej klasie toksyczności moczu. Powyższe spostrzeżenie mogą potwierdzać wyniki uzyskane w ZTŚ, GUMed w ramach projektu NCN, jednakże w przyszłości powinny być przeprowadzone kolejne badania na liczniejszej grupie badawczej.



Rys. 70. Porównanie samooceny stanu samopoczucia pielęgniarek (dobre, średnie, złe), których mocz zaklasyfikowano do 3 poszczególnych klas toksyczności (wysoka, umiarkowana, niska/brak)

### ANALIZA STATYSTYCZNA

Przedstawione powyżej wyniki badań (całkowitej zawartości LZO w powietrzu wewnętrznym, pyłe zawieszonym, kurzu; sumy oraz stężenia poszczególnych ftalanów w powietrzu wewnętrznym; masy kurzu, pyłu zawieszonego; toksyczności ostrej,  $1/\ln$  toksyczności i pH moczu; kwestionariuszy ankiet 1, 2 i 3) zostały poddane analizie statystycznej, która uwzględniała:

- charakterystykę porównawczą ww. parametrów zmierzonych w:
  - a) szpitalach oraz w POZ;
  - b) jednostkach onkologicznych oraz nieonkologicznych;
  - c) oddziałach szpitalnych, ambulatoryjnych i POZ;
- wzajemną korelację uzyskanych wyników.

Przeprowadzona analiza statystyczna wyników wykazała, iż nie zaobserwowano istotnych statystycznie zależności w całkowitej zawartości LZO w szpitalach i POZ. Natomiast charakterystyka porównawcza umożliwiła wskazanie, że najwyższa średnia całkowita zawartość LZO w powietrzu wewnętrznym występowała w oddziałach szpitalnych ( $539,81 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), a najniższa w oddziałach ambulatoryjnych ( $315,69 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Powyższe stwierdzenie może potwierdzać wyżej przytoczona część dyskusji, iż w miejscach, takich jak szpitale, na przestrzeni długiego okresu, może dochodzić do zwiększonych emisji lotnych związków organicznych. W źródłach literaturowych można odnaleźć szereg informacji dotyczących całego spektrum substancji emitowanych przez układ oddechowy oraz dermalny [22, 23]. W ambulatoryjnej opiece medycznej tylko ograniczona liczba chorych przebywała w danej jednostce opieki medycznej, a sam kontakt z pacjentami (zwykle polegający na podaniu wlewu dożylnego) występował w godzinach porannych (po wykonaniu badań krwi) i kończył się do godz. 12.

Ponadto, analiza statystyczna wykazała występowanie istotnie statystycznych korelacji pomiędzy całkowitą zawartością LZO w powietrzu wewnętrznym, a deklarowanym w kwestionariuszu ankiety (kwestionariusz 3) sposobem przebudzania się. Pielęgniarki, które narażone były na wyższe średnie poziomy zawartości lotnych związków organicznych w miejscu pracy budzą się samodzielnie. Natomiast personel medyczny narażony na niższe poziomy całkowitej zawartości LZO na stanowisku pracy wykorzystywał w tym celu budzik bądź osoby postronne. Korelacja ta może być związana z faktem, iż niektóre substancje obecne w powietrzu wpływają na efektywność snu oraz mogą powodować bezdech senny [308-310]. Lotne związki organiczne w powietrzu wewnętrznym mogą zakłócać przebieg snu, pobudzając

reakcje środkowego układu nerwowego lub bezpośrednio zaburzać funkcjonowanie neuronów [311]. Jednakże w literaturze brak jest danych opisujących mechanizmy wpływające na sposób przebudzana się oraz stan czuwania w trakcie snu.

Wyniki analiz statystycznych wykazały, iż w powietrzu wewnętrznym szpitali oraz jednostek onkologicznych, znajduje się wyższe średnie stężenie DEHP oraz DMP, względem POZ i jednostek nieonkologicznych. Może to wynikać z faktu, iż ftalan di(2-etyloheksylu) jest powszechnie wykorzystywany w wyrobach medycznych stosowanych podczas terapii medycznych m.in.: transfuzji krwi czy wlewów dożylnych [108, 109, 312], które stosowane są w tych placówkach na szeroką skalę. Natomiast w powietrzu wewnętrznym POZ występowały wyższe stężenia średnie: DEP, DiBP, DBP i DnHP. Ftalan dietylu jest wykorzystywany w produktach konsumenckich m.in.: w środkach utrwalających zapach, dodatkach do kosmetyków i środkach higieny osobistej [109, 313-315], dlatego może występować w wyższych stężeniach, w miejscach w których występuje duża rotacja ludzi. Wyższe poziomy zawartości DEP i DBP mogą wynikać z zastosowania tych substancji we wszelkiego rodzaju plastrach stosowanych na skórę, pozbawionych octanu celulozy [109], które wykorzystywane są podczas wykonywania procedur medycznych w POZ, związanych np. z pobieraniem krwi, wykonywaniem szczepień ochronnych, czy zmianą opatrunków.

Analiza statystyczna otrzymanych wyników wykazała, iż pielęgniarki, które narażone są w trakcie pracy na najwyższe średnie stężenie całkowite ftalanów oraz stężenie DMP, DiBP, BBP, komunikowały za pośrednictwem kwestionariusza 2 posiadanie obniżonego samopoczucia. Również wyniki ankiety 3 wykazały, iż ankietowani narażeni na najwyższe poziomy zawartości BBP wykazywali obniżone samopoczucie, a umiarkowane przy najwyższych stężeniach DnHP. Niewykluczone, iż obecność estrów kwasu ftalowego w pomieszczeniach może przyczyniać się do złego samopoczucia osób narażonych na te substancje. Obecny stan wiedzy pozwala zaklasyfikować te związki jako substancje zaburzające funkcjonowanie układu hormonalnego, upośledzające układ hormonalny człowieka, powodujące: problemy z płodnością, choroby układu oddechowego i zaburzenia neuropsychologiczne [105]. Ftalany wywołują negatywne skutki zdrowotne u dzieci, co zostało szeroko opisane i potwierdzone w literaturze [316-320], jednakże nieliczne efekty zostały potwierdzone u osób pełnoletnich [105]. Do tej pory udało się skorelować występowanie narażenie na BBP z problemami ze strony układu oddechowego u dorosłych [321]. Ekspozycja na BBP wywołuje objawy alergiczne, w tym świszczący oddech, astmę, katar sienny oraz nieżyt nosa. Ekspozycja na BBP została istotnie statystycznie skorelowana z występowaniem raka piersi oraz z występowaniem cukrzycy typu 2 (szczególnie u kobiet w średnim wieku) [144].



BBP wpływa również na układ hormonalny, obniżając poziom testosteronu [322], tym samym zwiększając ryzyko zapadalności na endometriozę i mięśniaka gładkokomórkowego [142, 143]. Ftalany wpływają głównie na hormony płciowe (estrogeny i androgeny), powodując niepłodność i zaburzenia ginekologiczne u kobiet. Natomiast u mężczyzn pogarszają jakość nasienia, powodując problemy z płodnością w wieku rozrodczym [140]. DEHP, DBP i DMP mają niekorzystny wpływ na ruchliwość plemników [323, 324].

Kompleksowe zbadanie wpływu narażenia na ftalany obecne w powietrzu wewnętrznym możliwe byłoby dzięki dodatkowemu pomiarowi ich metabolitów w moczu [325]. Podwyższony poziom metabolitów estrów kwasu ftalowego w moczu mógłby jednoznacznie wskazywać na związek pomiędzy ich wysoką zawartością w powietrzu. Głównie ze względu na fakt, iż ftalany metabolizowane są do odpowiednich monoestrów hydrolytycznych i oksydacyjnych, a następnie wydalone z płynami biologicznymi, takimi jak mocz [326] i pot [327].

Analiza statystycznych wyników badań powietrza wewnętrznego i kwestionariuszy ankiety wykazała również korelację pomiędzy sposobem przebudzania, a całkowitą zawartością ftalanów oraz stężeniem DEP i DiBP. Osoby narażone na najwyższe średnie poziomy zawartości tych substancji w miejscu pracy budzą się samodzielnie. Może to być związane z faktem, iż estry kwasu ftalowego upośledzają układ hormonalny oraz powodują zaburzenia neuropsychologiczne [105]. Jednakże nie istnieją dane literaturowe opisujące w jaki sposób DEP i DiBP wpływają na sposób przebudzania się oraz na układ nerwowy powodując stan czuwania w trakcie snu.

Na podstawie charakterystyki porównawczej uzyskanych wyników wywnioskowano, iż w powietrzu wewnętrznym występowały istotne statystycznie zależności w średniej masie pyłu o mniejszej średnicy cząstek. W szpitalach uzyskano wyższe wyniki dla tego parametru niż w POZ, co może wynikać z faktu, iż w jednostkach podstawowej opieki zdrowotnej okna otwarte są w określonych godzinach, a w szpitalach okresowo w ciągu doby. Powietrze wewnętrzne charakteryzuje się mniejszą zawartością cząstek stałych niż powietrze zewnętrzne [247, 328, 329]. W ten sposób może dochodzić do zanieczyszczenia PM w POZ. W budynkach wentylowanych w sposób naturalny znaczący wpływ na stężenie cząstek stałych w pomieszczeniach ma stężenie PM w środowisku zewnętrznym oraz lokalne warunki meteorologiczne [330]. W celu potwierdzenia tej tezy należałoby wykonać również badania zawartości pyłu w środowisku zewnętrznym. Analiza statystyczna wykazała, iż całkowita zawartość LZO w pyłe o mniejszej średnicy cząstek jest znacznie większa w szpitalach, niż w POZ, co może być głównie związane ze zwiększoną zawartością pyłu o mniejszej

średnicy cząstek w powietrzu wewnętrznym szpitali. Uzyskano również istotną statystycznie korelację, na podstawie której można stwierdzić, iż pielęgniarki, u których w miejscu pracy zaobserwowano najwyższe stężenia średnie LZO w pyłe o większej średnicy cząstek deklarowały w ankiecie umiarkowane samopoczucie (kwestionariusz 3).

Dodatkowo analiza statystyczna uzyskanych wyników wykazała, iż masa kurzu pobieranego z powierzchni blatów była prawie dwukrotnie wyższa w szpitalach (wartość średnia 2,45 mg), niż w POZ (1,30 mg). Może to wynikać z faktu, iż kurz w głównej mierze składa się z martwych fragmentów naskórka oraz włókien tekstylnych. W jednostkach szpitalnych występuje zwiększona aktywność pacjentów, którzy przebywają w wybranych pomieszczeniach przez całą dobę, gdzie dochodzi do łuszczenia się naskórka oraz unoszenia materiałów tekstylnych m.in. na skutek ścielenia łóżek, zmiany pościeli i odzieży.

W badaniach uwzględniono również parametr toksyczności ostrej w postaci funkcji  $1/\ln$  toksyczności. Wartość tych parametrów poddano analizie statystycznej, która wykazała, iż nie występują istotne statystycznie zależności pomiędzy toksycznością i  $1/\ln$  toksyczności w szpitalach i POZ. W badaniu również nie zaobserwowano istotnej statystycznej zależności mierzonego parametru w jednostkach onkologicznych i nieonkologicznych. Oczekiwano, że narażenie na cytostatyki oraz zróżnicowane poziomy zanieczyszczeń powietrza w miejscu pracy może wpływać na zmianę tego parametru, ponieważ w literaturze stwierdzono, iż narażenie zawodowe na substancje toksyczne zwiększa toksyczność ostrą moczu. [297]. Natomiast zwrócono uwagę, iż występowała korelacja toksyczności ostrej moczu względem niektórych parametrów badanych w powietrzu. Zaobserwowano, iż przy wyższych średnich stężeniach ftalanu diizobutyłu (DiBP) występował istotny statystycznie spadek toksyczności moczu oraz wzrost parametru  $1/\ln$  toksyczności. Jest to bardzo ciekawa obserwacja, która wymaga przeprowadzenia dodatkowych badań w przyszłości, ponieważ obecny stan wiedzy nie pozwala wyjaśnić mechanizmów, które mogą warunkować spadek wartości wyniku w teście Micotox®.

## PODSUMOWANIE

Ekspozycja zawodowa na czynniki chemiczne występujące w miejscu pracy może prowadzić do wielu negatywnych skutków zdrowotnych. Pomieszczenia w jednostkach ochrony zdrowia są szczególnym środowiskiem pracy, w którym występuje szerokie spektrum zanieczyszczeń, mających bezpośredni wpływ na zdrowie pracujących w nich pielęgniarek. Zmieniające się procedury, nowe leki, nowe środki do dezynfekcji, środki czystości, a także materiały budowlane i wyposażeniowe w obiektach ochrony zdrowia są źródłem nowych zagrożeń.

Uzyskanie wiedzy na temat obecności określonych czynników chemicznych na stanowisku pracy jest warunkiem niezbędnym do zapewnienia jego właściwego stanu, kontroli i końcowej oceny. Poszerzanie wiedzy w tej tematyce umożliwia w przyszłości wprowadzenie odpowiednich środków zaradczych, ograniczających występowanie niepożądanych zanieczyszczeń wywołujących negatywne skutki zdrowotne u personelu medycznego.

W niniejszej pracy podjęłam się zadania identyfikacji nowych zanieczyszczeń występujących wewnątrz pomieszczeń, oszacowania poziomu stężeń, a następnie analizy ich potencjalnego wpływu na zdrowie człowieka. **W efekcie opracowałam i zoptymalizowałam metody pobierania próbek, a także proces identyfikacji oraz szacowania wybranych czynników narażenia.**

Przeprowadzone badania jednoznacznie wskazują, że w pomieszczeniach jednostek medycznych, występują substancje, mające bezpośredni, negatywny wpływ na stan zdrowia oraz samopoczucie ludzi w nich przebywających. Na podstawie przeprowadzonej kompleksowej oceny stanowiska pracy pielęgniarki, pod kątem obecności czynników chemicznych, sformułowałam wiele istotnych wniosków:

- Powietrze wewnętrzne charakteryzowało się odmiennym składem jakościowym i ilościowym względem powietrza zewnętrznego. Powietrze wewnątrz było średnio ponad pięciokrotnie (5,6) bardziej zanieczyszczone niż powietrze zewnętrzne. Minimalny stosunek stężenia LZO w powietrzu wewnątrz do powietrza zewnętrznego wynosił 2,6 (Szpital Morski im PCK w Gdyni), zaś maksymalny 10,9 (Wojewódzkie Centrum Onkologii w Gdańsku). Uzyskane wyniki są zgodne z danymi opisanymi w literaturze światowej.
- W oparciu o uzyskane w trakcie badań wyniki stworzono największą bazę identyfikacyjną LZO obecnych w powietrzu wewnątrz w jednostkach ochrony zdrowia.

W próbkach powietrza wewnętrznego zidentyfikowano 613 substancji, w próbkach pyłu zawieszonego o większej średnicy 312 i w pyłe o mniejszej średnicy cząstek 370, a w próbkach kurzu 449 LZO.

- Identyfikacja związków w próbkach powietrza wewnętrznego (faza gazowa), pyłu zawieszonego i kurzu ujawniła występowanie substancji zaliczanych do substancji toksycznych (np.:), mutagennych (np.: benzen, fenol, formaldehyd), rakotwórczych (np.: naftalen, furfural, tetrahydrofuran), działających żrąco i drażniąco na skórę (np.: 1,2,4-trimetylobenzen, 2-fenylfenol, m-krezol), powodujących uszkodzenie oczu (np.: kwas benzoowy, 2-metylo-1-propanol, 1-butanol), wywołujących zagrożenie w wyniku aspiracji (np.: etylobenzen, 2,3-dimetyloheksan, toluen) oraz działających uczulająco na drogi oddechowe (np.: 1,5-pentanodial, bezwodnik ftalowy) i alergicznie na skórę (np. metakrylan metylu, linalol, D-limonen) oraz negatywnie wpływających na rozrodczość (np.: ftalan diizobutyłu, styren, 2-etoksyetanol);
- Oszacowanie całkowitej zawartości LZO w jednostkach ochrony zdrowia potwierdziło ich występowanie na poziomie, który zgodnie z danymi literaturowymi może powodować szkodliwy oraz potencjalnie szkodliwy wpływ na zdrowie użytkowników pomieszczeń. Najwyższa całkowita zawartość LZO w powietrzu wewnętrznym występowała w oddziałach szpitalnych, a najniższa w oddziałach ambulatoryjnych, co może wynikać ze zwiększonej emisji tych związków w jednostkach szpitalnych oraz prawdopodobnie z rzadszego wietrzenia tych pomieszczeń.
- W szpitalach występowało wyższe stężenie masowe pyłu o mniejszej średnicy cząstek, w porównaniu do POZ. Masa kurzu była dwukrotnie wyższa w szpitalach niż w POZ. Ponadto korelacja pomiędzy całkowitą zawartością LZO w powietrzu wewnętrznym, a deklarowanym sposobem przebudzania się ma charakter statystycznie istotny i może wskazywać na fakt, iż niektóre substancje obecne w powietrzu wpływają na efektywność snu;
- W POZ występowało ponad trzykrotnie wyższe całkowite stężenie ftalanów, względem jednostek szpitalnych. Pielęgniarki narażone w trakcie pracy na wyższe całkowite stężenie ftalanów oraz stężenia DMP, DiBP i BBP w powietrzu wewnętrznym wykazywały obniżone samopoczucie. Natomiast osoby narażone na najwyższe poziomy zawartości DEP i DiBP deklarowały w kwestionariuszu ankietowym samodzielne wybudzanie się. Estry kwasu ftalowego zaburzają funkcjonowanie układu hormonalnego, wpływają na układ hormonalny człowieka, przyczyniając się do

występowania m.in. problemów z płodnością, chorób układu oddechowego, a także zaburzeń neuropsychologicznych [105]. W powietrzu wewnętrznym szpitali oraz jednostek onkologicznych odnotowano wyższe średnie stężenie ftalanów DEHP oraz DMP względem POZ i jednostek nieonkologicznych. Ftalan DEHP, zaklasyfikowany został jako prawdopodobny czynnik rakotwórczy, zaburzający funkcjonowanie układu hormonalnego i działający szkodliwie na rozrodczość. Został oznaczony we wszystkich próbkach powietrza, pyłu zawieszonego i kurzu.

- W literaturze światowej dostępne są nieliczne doniesienia, w których potwierdzono obecność farmaceutyków w powietrzu jednostek ochrony zdrowia. Przeprowadzone badania dowodzą takiej obecności w fazie gazowej, kurzu i pyłu zawieszonym, co jest niezwykle istotne ze względu na biologiczną aktywność farmaceutyków i ich bezpośredni wpływ na zdrowie osób przebywających w tych pomieszczeniach.
- Ponadto, badania moczu pielęgniarek, pod kątem obecności wybranych cytostatyków, wykazały obecność dakarbazyny w próbce moczu jednej z nich (nie leczącej się chemioterapeutycznie, ale podającej ten lek w jednostce onkologicznej, w której pracowała). Fakt ten dowodzi, że w jednostkach, w których stosowane są leki cytostatyczne może dochodzić do realnego narażenia personelu medycznego na te leki, pomimo stosowania nowych procedur, które ograniczają kontakt pielęgniarki z lekiem tylko do wkłucia dożylnego pacjenta z pominięciem innych operacji, takich jak wcześniej stosowane przygotowanie roztworu o pożądanym stężeniu substancji aktywnej.
- W jednostkach, w których podawane są leki cytostatyczne pracują pielęgniarki o mniejszym stażu pracy, niż w jednostkach nieonkologicznych. Starsze pielęgniarki pracują w systemie jednozmianowym. Personel medyczny pracujący w trybie jednozmianowym ma wyższy wskaźnik BMI niż osoby pełniące obowiązki służbowe w trybie dwuzmianowym.
- Innowacyjne badania toksyczności moczu wobec bakterii *Vibrio fischeri* wskazują iż więcej niż połowa pielęgniarek z grupy badanej wykazuje się dobrym albo bardzo dobrym stanem zdrowia. Potwierdzają to przeprowadzone badania kwestionariuszowe. W pytaniu o samopoczucie/stan zdrowia 78,1% pielęgniarek oceniło subiektywnie swój stan zdrowia jako dobry i bardzo dobry. Ponadto przy wzroście średniego stężenia ftalanu diizobutyli (DiBP) obserwowano spadek toksyczności moczu oraz wzrost parametru  $1/\ln$  toksyczności, a zależność miała charakter istotny statystycznie.

- Nie zaobserwowano istotnych statystycznie zależności pomiędzy toksycznością moczu pielęgniarek (także wielkością  $1/\ln(\text{toksyczności})$ ) w szpitalach i POZ oraz w jednostkach onkologicznych i nieonkologicznych.

Wyniki, uzyskane w efekcie przeprowadzonych badań, pozwalają postawić kolejne pytania badawcze:

1. o skalę narażenia personelu medycznego na aktywne biologicznie substancje zawarte w lekach oraz o poziom ryzyka zdrowotnego wynikający z procedur wykonywanych na określonym stanowisku pracy;
2. o sumaryczny efekt zdrowotny wynikający ze współwystępowania i współdziaływania całego spektrum substancji obecnych w powietrzu wewnętrznym;
3. o wielkość strumienia emisji leków i ich metabolitów wprowadzanych do środowiska (głównie z wodami powierzchniowymi) w wyniku stosowania określonych procedur leczniczych oraz wpływu tych związków na biotę, ekosystemy i w efekcie na ludzi.

**BIBLIOGRAFIA**

- [1]. R. Rai, S. El-Zaemey, N. Dorji, L. Fritschi, Reliability and validity of an adapted questionnaire assessing occupational exposures to hazardous chemicals among health care workers in Bhutan, *Int. J. Occup. Environ. Med.* (2020), vol.11, no 3, pp. 128-139
- [2]. P.A. Ratner, J.J. Spinelli, K. Beking, M. Lorenzi, Y. Chow, K. Teschke, N.D. Le, R.P. Gallagher, H. Dimich-Ward, Cancer incidence and adverse pregnancy outcome in registered nurses potentially exposed to antineoplastic drugs, *BMC Nursing* (2010) vol.9, no 15
- [3]. M.A. McDiarmid, Hazards of the health care sector: looking beyond infectious disease, *Ann. Glob. Health* (2014), vol.80, no 4, pp.315-319
- [4]. S. Golinowski, E. Kocot, A. Sowa, Zasoby kadr dla sektora zdrowotnego. Dotychczasowe tendencje i prognozy. *Zdrowie Publiczne i Zarządzanie* (2013), vol.11, no 2, pp.125-147
- [5]. M. Pinto, J. Lanzinha, J. Viegas, C. Infante, T. Freire, Quality of the indoor environment in elderly care centers in two cities in central Portugal: Viseu and Covilhã, *Int. J. Environ. Res. Public Health* (2019), vol.16, no 20, 3801
- [6]. V. Bessonneau, L. Mosqueron, A. Berrube, G. Mukensturm, S. Buffet-Bataillon, J.P. Gangneux et al., VOC contamination in hospital, from stationary sampling of a large panel of compounds, in view of healthcare workers and patients exposure assessment, *PLoS ONE* (2013), vol.8, no 2, e55535
- [7]. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 30 grudnia 2004 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy związanej z występowaniem w miejscu pracy czynników chemicznych, Dz.U. 2005 nr 11 poz. 86 z późn. zm.
- [8]. N. Magnavita, F. Chirico, New and emerging risk factors in occupational health, *Appl. Sci.* (2020), vol.10, no 24, 8906
- [9]. A.B. Gültekin, Ç.B. Dikmen, Sustainable indoor Air quality (IAQ) in hospital buildings, *Technology* (2010), vol.13, no 2, pp.119-124
- [10]. E. Kuriata, A. Felińczak, M. Szachniewicz, K. Pawlas, J. Grzebieluch, D. Kiedik et al., Identification of harmful chemical and physical factors at work stations in hospital by nurses, *Fam. Med. Primary Care Rev.* (2012), vol.14, no 1, pp.29-36
- [11]. M. Gola, G. Settimo, S. Capolongo, Indoor Air Quality in Inpatient Environments: A systematic review on factors that influence chemical pollution in inpatient wards, *J. Healthc. Eng.* (2019), vol.2019
- [12]. A. Berrubé, L. Mosqueron, D. Cavereau, J.P. Gangneux, O. Thomas, Méthodologie d'évaluation semi-quantitative du risque chimique en établissement de soins. *Environ. Risques Sante* (2013), vol.12, pp.508–520
- [13]. A.M. Smith, H.S. Amin, R.E. Biagini, R.G. Hamilton, S.A.M. Arif, H.Y. Yeang, D.I. Bernstein, Percutaneous reactivity to natural rubber latex proteins persists in health-care workers following avoidance of natural rubber latex, *Clin. Exp. Allergy* (2007), vol.37, no 9, pp.1349-1356

- [14]. K. Rumchev, H. Brown, J. Spickett, Volatile organic compounds: do they present a risk to our health? *Rev. Environ. Health* (2007), vol.22, no 1, pp.39-55
- [15]. P.J. Lioy, Employing dynamical and chemical processes for contaminant mixtures outdoors to the indoor environment: The implications for total human exposure analysis and prevention, *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* (2006), vol.16, pp.207–224
- [16]. M. Hippelein, Background concentrations of individual and total volatile organic compounds in residential indoor air of Schleswig-Holstein, Germany, *J. Environ. Monit.* (2004), vol.6, no 9, pp.745-752
- [17]. M.P. Baya, E.B. Bakeas, P.A. Siskos, Volatile organic compounds in the air of 25 greek homes, *Indoor and Built Environ.* (2004), vol.13, no 1, pp.53-61
- [18]. M.L. Cox, G.A. Sturrock, P.J. Fraser, S.T. Siems, P.B. Krummel, S. O'Doherty, Regional sources of methyl chloride, chloroform and dichloromethane identified from AGAGE observations at cape grim, Tasmania, 1998–2000, *J. Atmos. Chem.* (2003), vol.45, pp.79-99
- [19]. C.A. Roulet, Indoor environment quality in buildings and its impact on outdoor environment, *Energ. Buildings* (2001), vol. 33, no 3, pp. 183-191
- [20]. M.Y. Menetrez, K.K. Foarde, Microbial volatile organic compound emission rates and exposure model, *Indoor and Built Environ.* (2002), vol.11, no 4, pp.208-213
- [21]. S.K. Brown, Volatile organic pollutants in new and established buildings in Melbourne, Australia, *Indoor Air* (2002), vol.12, no 1, pp.55-63
- [22]. A.M. Casas-Ferreira, M. del Nogal-Sanchez, J.L. Perez-Pavon, B. Moreno-Cordero, Non-separative mass spectrometry methods for non-invasive medical diagnostics based on volatile organic compounds: A review, *Anal. Chim. Acta* (2019), vol.1045, pp.10-22
- [23]. E. Duffy, A. Morrin, Endogenous and microbial volatile organic compounds in cutaneous health and disease, *Trends Analyt. Chem.* (2019), vol.111, pp.163-172
- [24]. H. Destailats, R.L. Maddalena, B.C. Singer, A.T.Hodgson, T.E. McKone, Indoor pollutants emitted by office equipment: A review of reported data and information needs, *Atmos. Environ.* (2008), vol.42, pp.1371-1388
- [25]. H. Tao, Y. Fan, X. Li, Z. Zhang, W. Hou, Investigation of formaldehyde and TVOC in underground malls in Xi'an, China: Concentrations, sources, and affecting factors, *Build. Environ.* (2015) vol.85, pp.85-93
- [26]. G.J. Raw, S.K.D. Coward, V.M. Brown, D.R. Crump, Exposure to air in English homes, *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* (2004), vol.13, pp.85-94
- [27]. D. Crump, S. Dimitroulopoulou, R. Squire, D. Ross, B. Pierce, M. White et al., Ventilation and indoor air quality in new homes. *Pollut. Atmos.* (2005)
- [28]. R.Berry, V.Brown, S.Coward, D.Crump, M.Gavin, C.Grimes et al., Indoor air quality in homes: Parts 1 and 2– The Building Research Establishment Indoor Environment Study, BRE, Watford, UK, (1996)



- [29]. A. Stamatelopoulou, D.N. Asimakopoulos, T. Maggos, Effects of PM, TVOCs and comfort parameters on indoor air quality of residences with young children, *Build. Environ.* (2019), vol.150, pp.233-244
- [30]. J. Hu, N. Li, H. Yoshino, U. Yanagi, K. Hasegawa, N. Kagi et al., Field study on indoor health risk factors in households with schoolchildren in south-central China, *Build. Environ.* (2017), vol.117, pp.260-273
- [31]. T. Chang, D. Ren, Z. Shen, Y. Huang, J. Sun, J. Cao et al., Indoor Air Pollution Levels in Decorated Residences and Public Places over Xi'an, China, *Aerosol Air Qual. Re.* (2017), vol.17, pp.2197–2205
- [32]. J.S. Park, K. Ikeda, Variations of formaldehyde and VOC levels during 3 years in new and older homes, *Indoor Air* (2006), vol.16, pp.129–135
- [33]. A. Elkilani, W. Bouhamra, Estimation of optimum requirements for indoor air quality and energy consumption in some residences in Kuwait, *Environ. Int.* (2001), vol.27, pp.443-447
- [34]. S.H. Hwang, J. Roh, W.M. Park, Evaluation of PM10, CO2, airborne bacteria, TVOCs, and formaldehyde in facilities for susceptible populations in South Korea, *Environ. Pollut.* (2018), vol.242, pp.700-708
- [35]. M.O. Fadeyi, K. Alkhaja, M.B. Sulayem, B. Abu-Hijleh, Evaluation of indoor environmental quality conditions in elementary schools' classrooms in the United Arab Emirates, *Front. Archit. Res.* (2014), vol.3, pp.166–177
- [36]. D. Kotzias, O. Geiss, S. Tirendi, J. Barrero-Moreno, V. Reina, A. Gotti et al., Exposure to multiple air contaminants in public buildings, schools and kindergartens - The european indoor air monitoring and exposure assessment (AIRMEX) study, *Fresenius Environ. Bull.* (2009), vol.18, no 5a, pp.670-681
- [37]. J. Tang, C.Y. Chan, X. Wang, L.Y. Chan, G. Sheng, J. Fu, Volatile organic compounds in a multi-storey shopping mall in guangzhou, South China, *Atmos. Environ.* (2009), vol. 39, no 38, pp.7374-7383
- [38]. H. Plaisance, A. Blondel, V. Desauziers, P. Mocho, Characteristics of formaldehyde emissions from indoor materials assessed by a method using passive flux sampler measurements, *Build. Environ.* (2014), vol.73, pp.249-255
- [39]. Y. Cohen: 1996, 'Volatile Organic Compounds in the Environment: A Multimedia Perspective', in Wang, W., Schnoor, J. and Doi, J. (eds), *Volatile Organic Compounds in the Environment*, ASM STP 1261, Amer. Soc. for Testing and Materials, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA, pp. 7–32
- [40]. C. Rösch, T. Kohajda, S.Röder, M. von Bergen, U. Schlink, Relationship between sources and patterns of VOCs in indoor air, *Atmos. Pollut. Res.* (2014), vol.5, pp.129-137
- [41]. R.D. Edwards, J. Jurvelin, K. Saarela, M. Jantunen, VOC concentrations measured in personal samples and residential indoor, outdoor and workplace microenvironments in EXPOLIS-Helsinki, Finland, *Atmos. Environ.* (2001), vol.35, pp.4531-4543

- [42]. S. Batterman, C. Jia, G. Hatzivasilis, Migration of volatile organic compounds from attached garages to residences: A major exposure source, *Environ. Res.* (2007), vol.104, pp.224–240
- [43]. C. Billionnet, E. Gay, S. Kirchner, B. Leynaert, I. Annesi-Maesano, Quantitative assessments of indoor air pollution and respiratory health in a population-based sample of French dwellings, *Environ. Res.* (2011), vol.111, pp.425-434
- [44]. C. Mandin, M. Trantallidi, A. Cattaneo, N. Canha, V.G. Mihucz, T. Szigeti et al., Assessment of indoor air quality in office buildings across Europe - The OFFICAIR study, *Sci. Total Environ.* (2017), vol.579, pp.169-178
- [45]. O. Geiss, G. Giannopoulos, S. Tirendi, J. Barrero-Moreno, B.R. Larsen, D. Kotzias, The AIRMEX study - VOC measurements in public buildings and schools/kindergartens in eleven European cities: Statistical analysis of the data, *Atmos. Environ.* (2011), vol.45, no 22, pp.3676-3684
- [46]. F.C. Su, B. Mukherjee, S. Batterman, Determinants of personal, indoor and outdoor VOC concentrations: An analysis of the RIOPA data, *Environ. Res.* (2013), vol.126, pp.192–203
- [47]. L.C.R. Salis, M. Abadie, P. Wargocki, C. Rode, Towards the definition of indicators for assessment of indoor airquality and energy performance in low-energy residential buildings, *Energ. Build.* (2017), vol.152, pp.492–502
- [48]. M.È. Héroux, D. Gauvin, N.L. Gilbert, M. Guay, G. Dupuis, M. Legris et al., Housing Characteristics and Indoor Concentrations of Selected Volatile Organic Compounds (VOCs) in Quebec City, Canada, *Indoor Built Environ.* (2008), vol.17, no 2, pp.127-137
- [49]. O.O. Hänninen, S. Alm, K. Katsouyanni, N. Künzli, M. Maroni, M.J. Nieuwenhuijsen et al., The EXPOLIS study: implications for exposure research and environmental policy in Europe, *J. Expo. Anal. Environ. Epidemiol.* (2004), vol.14, no 6, pp.440-456
- [50]. C. Dimitroulopoulou, M. Trantallidi, P. Carrer, G.C. Efthimiou, J.G. Bartzis, EPHECT II: Exposure assessment to household consumer products, *Sci. Total Environ.* (2015), vol.536, pp.890-902
- [51]. U.M. Hellgren, K. Reijula, Indoor air problems in hospitals: a challenge for occupational health, *AAOHN J.* (2011), vol.59, no 3, pp.111-117
- [52]. E. Dascalaki, A. Lagoudi, C. Balaras, A. Gaglia, Air quality in hospital operations, *Build. Environ.* (2008) vol.43, no 11, pp.1945–1952
- [53]. M. Cipolla, A. Izzotti, F. Ansaldi, P. Durando, M.T. Piccardo, Volatile organic compounds in anatomical pathology wards: comparative and qualitative assessment of indoor airborne pollution. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* (2017), vol.14, no 6, p. 609
- [54]. E. Baurès, O. Blanchard, F. Mercier, E. Surget, P. le Cann, A. Rivier, Indoor air quality in two French hospitals: Measurement of chemical and microbiological contaminants, *Sci. Total Environ.* (2018), vol.642, pp.168-179

- [55]. H. Järnström, K. Saarela, P. Kalliokoski, A.L. Pasanen, Comparison of VOC and ammonia emissions from individual PVC materials, adhesives and from complete structures, *Environ. Int.* (2008), vol.34, no 3, pp.420-427
- [56]. S. Cheng, J. Zhang, Y. Wang, D. Zhang, G. Teng, G.P. Chang-Chien et al., Global Research Trends in Health Effects of Volatile Organic Compounds during the Last 16 Years: A Bibliometric Analysis, *Aerosol Air Qual. Res.* (2019), vol.19, no 8, pp.1834-1843
- [57]. Monografie komitetu Inżynierii Środowiska PAN: B. Poędnik, Zanieczyszczenia a jakość powietrza wewnętrznego w wybranych pomieszczeniach, vol 116, Lublin 2013
- [58]. X. Hua, Y.J. Wu, X. Zhang, S. Cheng, X. Wang, J. Chu et al., Analysis on Ambient Volatile Organic Compounds and their Human Gene Targets, *Aerosol Air Qual. Res.* (2018), vol.18, no 10, pp.2654-2665
- [59]. J.W. Kwon, H.W. Park, W.J. Kim, M.G. Kim, S.J.Lee, Exposure to volatile organic compounds and airway inflammation, *Environ. Health* (2018), vol.17, no 65
- [60]. D. E. Schraufnagel, J.R. Balmes, C.T. Cowl, S. De Matteis, S.H. Jung, K. Mortimer, Air Pollution and Noncommunicable Diseases: A Review by the Forum of International Respiratory Societies' Environmental Committee, Part 1: The Damaging Effects of Air Pollution, *Chest.* (2019), vol.155, no 2, pp.409-416
- [61]. D.A. Sarigiannis, S.P. Karakitsios, A. Gotti, I.L. Liakos, A. Katsoyiannis, Exposure to major volatile organic compounds and carbonyls in European indoor environments and associated health risk, *Environ. Int.* (2011), vol. 37, no 4, pp.743-765
- [62]. D. Skrzyniowska, Parametry powietrza wewnątrz pomieszczeń do stałego przebywania ludzi (komfort cieplny a komfort środowiskowy), *Czasopismo Techniczne. Środowisko* (2012), vol.109, no 4, pp.15-35
- [63]. A.S. Jang, I.S. Choi, Y.I. Koh, C.S. Park, Volatile organic compounds contribute to airway hyperresponsiveness, *Korean J.Intern. Med.* (2007), vol 22, no 1, pp.8-12
- [64]. M. Blas, M. Navazo, L. Alonso, N. Durana, M.C. Gomez, J. Iza, Simultaneous indoor and outdoor on-line hourly monitoring of atmospheric volatile organic compounds in an urban building. The role of inside and outside sources, *Sci. Total. Environ.* (2012), vol. 426, pp. 327-337
- [65]. D. K. Wissenbach, B. Winkler, W. Otto, T. Kohajda, S. Roeder, A. Müller, Long-term indoor VOC concentrations assessment a trend analysis of distribution, disposition, and personal exposure in cohort study samples, *Air Qual. Atmos. Health.* (2016), vol.9, no 8, pp.941-950
- [66]. J. Heinrich, Influence of indoor factors in dwellings on the development of childhood asthma, *Int. J. Hyg. Environ. Health* (2011), vol.214, no 1, pp.1-25
- [67]. Toksykologia współczesna, W. Seńczuk, (Ed.): B. Zielińska-Psuja, "Interakcje ksenobiotyków," Wydawnictwo Lekarskie PZWL, pp. 154–191, Warszawa 2006
- [68]. W.W. Nazaroff, C.J. Weschler, Cleaning products and air fresheners: exposure to primary and secondary air pollutants, *Atmos. Environ.* (2004), vol.38, no 18, pp.2841-2865

- [69]. W. LiXin, Z. Bin, L. Cong, L. Hui, Y. Xu, Z. YinPing, Indoor SVOC pollution in China: A review, *Environ. Sci. Technol.* (2010), vol.55, no 15, pp.1469-1478
- [70]. T. Whitehead, C. Metayer, P. Buffler, S.M. Rappaport, Estimating exposures to indoor contaminants using residential dust, *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* (2011), vol.21, pp.549-564
- [71]. J.Tan, S.M. Cheng, A. Loganath, Y.S. Chong, J.P. Obbard, Selected organochlorine pesticide and polychlorinated biphenyl residues in house dust in Singapore, *Chemosphere* (2007), vol.68, no 9, pp.1675-1682
- [72]. J.Tan, S.M. Cheng, A. Loganath, Y.S. Chong, J.P. Obbard, Polybrominated diphenyl ethers in house dust in Singapore. *Chemosphere* (2007), vol.66, no 6, pp.985-992
- [73]. Y.A. Bamai, A. Araki, T. Nomura, T. Kawai, T. Tsuboi, S. Kobayashi et al., Association of filaggrin gene mutations and childhood eczema and wheeze with phthalates and phosphorus flame retardants in house dust: The Hokkaido study on Environment and Children's Health, *Environ. Int.* (2018), vol.121, pp.102-110
- [74]. J.O. Anderson, J.G. Thundiyil, A. Stolbach, Clearing the air: a review of the effects of particulate matter air pollution on human health, *J. Med. Toxicol.* (2012), vol.8, no 2, pp.166-175
- [75]. Pyły drobne w atmosferze. Kompendium wiedzy o zanieczyszczeniu powietrza pyłem zawieszonym w Polsce, K. Juda-Rezler, B. Toczko (red.), *Inspekcja Ochrony Środowiska, Biblioteka Monitoringu Środowiska*, Warszawa, 2016
- [76]. E. Jankowska, M. Pośniak, Występowanie pyłów w powietrzu otaczającym człowieka, *Bezpieczeństwo Pracy: nauka i praktyka* (2006), vol.5, pp.16-19
- [77]. IARC, 2013, Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths, Press Release No 221, 17 October 2013, International Agency for Research on Cancer, World Health Organization, Lyon
- [78]. S. Baldacci, S. Maio, S. Cerrai, G. Sarno, N. Bařz, M. Simoni, Allergy and asthma: Effects of the exposure to particulate matter and biological allergens, *Respir. Med.* (2015), vol.109, no 9, pp.1089-1104
- [79]. A.K. Madl, L.E. Plummer, C. Carosino, K.E. Pinkerton, Nanoparticles, lung injury, and the role of oxidant stress, *Annu. Rev. Physiol.* (2014), vol.76, pp.447-465
- [80]. K. Donaldson, N. Mills, W. MacNee, S. Ribinson, D. Newby, Role of inflammation in cardiopulmonary health effects of PM, *Toxicol. Appl. Pharmacol.* (2005), vol.207, no 2, pp.483-488
- [81]. E. Tamagawa, N. Bai, K. Morimoto, C. Gray, T. Mui, K. Yatera et al., Particulate matter exposure induces persistent lung inflammation and endothelial dysfunction, *Am. J. Physiol. Lung Cell Mol. Physiol.* (2008), vol.295, no 1, pp.79-85
- [82]. H.J. Oh, J. Kim, Monitoring Air Quality and Estimation of Personal Exposure to Particulate Matter Using an Indoor Model and Artificial Neural Network, *Sustainability* (2020), vol.12, no 9, 3794

- [83]. K.E. Pinkerton, F.H. Green, C. Saiki, V. Vallyathan, C.G. Plopper, V. Gopal et al., Distribution of particulate matter and tissue remodeling in the human lung, *Environ. Health Perspect.* (2000), vol.108, no 11, pp.1063-1069
- [84]. G Oberdörster, Lung particle overload: implications for occupational exposures to particles, *Regul. Toxicol. Pharmacol.* (1995), vol.21, no 1, pp.123-135
- [85]. C. Walgraeve, J. Bruneel, K. Van Huffel, K.Demeestere, L. Vincze, B. De Meulenaer et al., Sorption behaviour of targeted volatile organic compounds on airborne particulate matter using selected ion flow tube mass spectrometry, *Biosyst. Eng.* (2015), vol.131, pp.84-94
- [86]. K.B. Andersen, M. Glasius, A. Feilberg, Gas/particle partitioning of odorants in a pig house measured by thermal desorption GC/MS, *Environ. Sci. Process Impacts* (2014), vol.16, no 5
- [87]. L. Cai, J.A. Koziel, Y.C. Lo, S.J. Hoff, Characterization of volatile organic compounds and odorants associated with swine barn particulate matter using solid-phase microextraction and gas chromatography–mass spectrometry–olfactometry, *J. Chromatogr. A* (2006), vol.1102, no 1-2, pp.60-72
- [88]. A. Zwoździak, I. Sówka, B. Krupińska, J. Zwoździak, A. Nych, Infiltration or indoor sources as determinants of the elemental composition of particulate matter inside a school in Wrocław, Poland?, *Build. Environ.* (2013), vol.66, pp.173-180
- [89]. M.Y.M. Ali, M.M. Hanafiah, M.T. Latif, Composition and distribution of particulate matter (PM10) in a mechanically ventilated University building, *AIP Conference Proceedings* 1784, 060017 (2016)
- [90]. L. Tofful, C. Perrino, Chemical Composition of Indoor and Outdoor PM2.5 in Three Schools in the City of Rome, *Atmosphere* (2015), vol.6, no 10, pp.1422-1443
- [91]. J. Wang, S. Lai, Z. Ke, Y. Zhang, S. Yin, J.Zheng, Exposure assessment, chemical characterization and source identification of PM2.5 for school children and industrial downwind residents in Guangzhou, China, *Environ. Geochem. Health* (2014), vol.36, no 3, pp.385-397
- [92]. J.W. Roberts, L.A. Wallace, D.E. Camann, P. Dickey, S.G. Gilbert, R.G. Lewis, Monitoring and reducing exposure of infants to pollutants in house dust, *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* (2009), vol. 201, pp. 1-39
- [93]. T. Whitehead, C. Metayer, M.H. Ward, M.G. Nishioka, R. Gunier, J.S. Colt et al., Is house-dust nicotine a good surrogate for household smoking?, *Am. J. Epidemiol.* (2009), vol.169, no 9, pp.1113-1123
- [94]. Y. Lin, L. Kupper, S. Rappaport, Air samples versus biomarkers for epidemiology, *Occup Environ Med.* (2005), vol.62, no 11, pp.750-760
- [95]. J.K. Edwards, A.P. Keil, Measurement Error and Environmental Epidemiology: A Policy Perspective, *Curr. Environ. Health Rep.* (2017), vol.4, no 1, pp.79-99
- [96]. C. Wild, P. Vineis, S. Garte, (Eds.). Molecular Epidemiology of Chronic Diseases. *John Wiley and Sons*, p. 223, West Sussex, England, 2008

- [97]. World Health Organization, Occupational and Environmental Health Team, Hazard prevention and control in the work environment: airborne dust, World Health Organization (1999)
- [98]. L. Lucattini, G. Poma, A. Covaci, J. de Boer, M.H. Lamoree, P.E.G. Leonards, A review of semi-volatile organic compounds (SVOCs) in the indoor environment: occurrence in consumer products, indoor air and dust, *Chemosphere* (2018), vol.201, pp.466-482
- [99]. L. Møhlhave, T. Schneider, S.K. Kjærgaard, L.Larsen, S. Norn, O.Jørgensen, House dust in seven Danish offices, *Atmos. Environ.* (2000), vol. 34, no 28, pp.4767-4779
- [100]. A. Nilsson, V. Lagesson, C.G. Bornehag, J. Sundell, C. Tagesson, Quantitative determination of volatile organic compounds in indoor dust using gas chromatography-UV spectrometry, *Environ. Int.* (2005), vol.31, pp.1141-1148
- [101]. J.A. Bjorklund, U. Sellstrom, C.A. de Wit, M. Aune, S. Lignell, P.O. Darnerud, Comparisons of PBDE and HBCD concentrations in dust collected by two different sampling methods and their association to human breast milk concentrations: Organohalogen Compounds, vol. 72, pp 502–505, San Antonio, TX, 2010
- [102]. L. Morawska, T. Salthammer (eds.), Indoor Environment: Airborne Particles and Settled Dust. Weinheim, Wiley-VCH, pp.23-39, Great Britain 2003.
- [103]. W. Butte, B. Heinzow, Pollutants in house dust as indicators of indoor contamination, *Rev. Contam. Toxicol.* (2002), vol.175, pp.1-46
- [104]. Y. Kono, E. Fukuzawa, M. Miyazaki, T. Nomura, K. Komatsu, Polybrominated dioxins (PBDDs/DFs) and polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in house dust in ordinary homes. In: Organohalogen Compounds, vol. 69, pp 2781–2784, Tokyo, Japan, 2007
- [105]. I. Katsikantami, S. Sifakis, M.N. Tzatzarakis, E. Vakonaki, O.I. Kalantzi, A.M. Tsatsakis et al., A global assessment of phthalates burden and related links to health effects, *Environ. Int.* (2016), vol.97, pp 212-236
- [106]. S.Park, B.N. Kim, S.C. Cho, Y. Kim, J.W. Kim, J.Y. Lee et al., Association between urine phthalate levels and poor attentional performance in children with attention-deficit hyperactivity disorder with evidence of dopamine gene-phthalate interaction, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol.11, no7, pp.6743-6756
- [107]. E.E. Yost, S.Y. Euling, J.A. Weaver, B.E.J. Beverly, N. Keshava, A. Mudipalli et al., Hazards of diisobutyl phthalate (DIBP) exposure: A systematic review of animal toxicology studies, *Environ. Int.* (2019), vol.125, pp.579-594
- [108]. E. Olkowska, J. Ratajczyk, L. Wolska, Determination of phthalate esters in air with thermal desorption technique - Advantages and disadvantages, *Trends Analyt. Chem.* (2019), vol.125, pp.579-594
- [109]. U. Heudorf, V. Mersch-Sundermann, J. Angerer, Phthalates: Toxicology and exposure, *Int. J. Hyg. Environ. Health* (2007), vol.210, pp.623-634
- [110]. X.L. Cao, Phthalate Esters in Foods: Sources, Occurrence, and Analytical Methods, *Compr. Rev. Food Sci. Food. Saf.* (2010), vol.9, no 1, pp.21-43

- [111]. E. Uhde, T. Salthammer, Impact of reaction products from building materials and furnishings on indoor air quality—A review of recent advances in indoor chemistry, *Atmos. Environ.* (2007), vol.41, no 15, pp.3111-3128
- [112]. J.J. Adibi, F.P. Perera, W. Jedrychowski, D.E. Camann, D. Barr, R. Jacek, Prenatal exposures to phthalates among women in New York City and Krakow, Poland, *Environ. Health Perspect.* (2003), vol.111, no 14, pp.1719-1722
- [113]. R. Nagorka, A. Conrad, C. Scheller, B. Süßenbach H.J. Moriske, Diisononyl 1,2-cyclohexanedicarboxylic acid (DINCH) and Di(2-ethylhexyl) terephthalate (DEHT) in indoor dust samples: Concentration and analytical problems, *Int. J. Hyg. Environ. Health* (2011), vol.214, no 1, pp.26-35
- [114]. C.J. Weschler, W.W. Nazaroff, Semivolatile organic compounds in indoor environments, *Atmos. Environ.* (2008), vol.42, no 40, pp.9018-9040
- [115]. M. Salapasidou, C. Samara, D. Voutsas, Endocrine disrupting compound in the atmosphere of the urban area of Thessaloniki, Greece, *Atmos. Environ.* (2011), vol.45, no 22, pp.3720-3729
- [116]. M.J. He, J.F. Lu, J. Wang, S.Q. Wei, K.J. Hageman, Phthalate esters in biota, air and water in an agricultural area of western China, with emphasis on bioaccumulation and human exposure, *Sci. Total Environ.* (2020), vol.698, 134264
- [117]. M. Song, C. Chi, M. Guo, X. Wang, L. Cheng, X. Shen, Pollution levels and characteristics of phthalate esters in indoor air of offices, *J. Environ. Sci.* (2015), vol.28, pp.155-162
- [118]. S.H. Jo, K.H. Kim, Y.H. Kim, A novel quantitation method for phthalates in air using a combined thermal desorption/gas chromatography/mass spectrometry application, *Anal. Chim. Acta* (2016), vol.944, pp. 29-36
- [119]. C. Bergh, R. Torgrip, G. Emenious, C. Ostman, Organophosphate and phthalate esters in air and settled dust – a multi-location indoor study, *Indoor Air* (2011), vol.21, pp.67-76
- [120]. R.A. Rudel, D.E. Camann, J.D. Spengler, L.R. Korn, J.G. Brody, Phthalates, Alkylphenols, Pesticides, Polybrominated Diphenyl Ethers, and Other Endocrine-Disrupting Compounds in Indoor Air and Dust, *Environ. Sci. Technol.* (2003), vol.37, no 20, pp.4543-4553
- [121]. Z. Fan, V.C. Pun, X.C. Chen, Q. Hong, L. Tian, S. Sai-Hang Ho, Personal exposure to fine particles (PM<sub>2.5</sub>) and respiratory inflammation of common residents in Hong Kong, *Environ. Res.* (2018), vol.164, pp.24-31
- [122]. A. Dallongeville, N. Costet, D. Zmirou-Navier, B. Le Bot, C. Chevrier, S. Deguen et al., Volatile and semi-volatile organic compounds of respiratory health relevance in French dwellings, *Indoor Air* (2016), vol.26, pp.426-438
- [123]. T. Otake, J. Yoshinaga, Y. Yanagisawa, Exposure to phthalate esters from indoor environment, *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* (2004), vol.14, pp.524-528
- [124]. H. Fromme, T. Lahrz, M. Piloty, H. Gebhart, A. Oddoy, H. Ruden, Occurrence of phthalates and musk fragrances in indoor air and dust from apartments and kindergartens in Berlin (Germany), *Indoor Air* (2004), vol.14, pp.188-195

- [125]. Z. Bu, D. Mmereki, J. Wang, C. Dong, Exposure to commonly-used phthalates and the associated health risks in indoor environment of urban China, *Sci. Total Environ.* (2019), vol.658, pp.843-853
- [126]. R.A. Rudel, J.G. Brody, J.D. Spengler, J. Vallarino, P.W. Geno, A. Yau, Identification of selected hormonally active agents and animal mammary carcinogens in commercial and residential air and dust samples, *J. Air Waste Manage. Assoc.* (2001) vol.51, pp.499–513
- [127]. X. Wang, M. Song, M. Guo, C. Chi, F. Mo, X. Shen, Pollution levels and characteristics of phthalate esters in indoor air in hospitals, *J. Environ. Sci.* (2015), vol.37, pp.67-74
- [128]. A. Afshari, L. Gunnarsen, P.A. Clausen, V. Hansen, Emission of phthalates from PVC and other materials, *Indoor Air* (2004), vol.14, no 2, pp.120-128
- [129]. J. Wang, Y. Luo, Y. Teng, W. Ma, P. Christie, Z. Li, Soil contamination by phthalate esters in Chinese intensive vegetable production systems with different modes of use of plastic film, *Environ. Pollut.* (2013), vol.180, pp.265–273
- [130]. R.J.B. Peters, Hazardous chemicals in consumer products, TNO Netherlands Organization for Applied Scientific Research, Apeldoorn, Netherlands, 2003
- [131]. S.F. Kong, Y.Q. Ji, L.L. Liu, L. Chen, X.Y. Zhao, J.J. Wang et al., Diversities of phthalate esters in suburban agricultural soils and wasteland soil appeared with urbanization in China, *Environ. Pollut.* (2012) vol.170, pp.161–168
- [132]. T. Lovekamp-Swan, B.J. Davis, Mechanisms of phthalate ester toxicity in the female reproductive system, *Environ. Health Perspect.* (2003), vol.111, no 2, pp.139-145
- [133]. LL. Ma, S.G. Chu, X.B. Xu, Phthalate residues in greenhouse soil from Beijing suburbs, People's Republic of China. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* (2003), vol.71, no 2, pp.394–399
- [134]. S. D. Mitro, R.E. Dodson, V. Singla, G. Adamkiewicz, A.F. Elmi, M.K. Tilly et al., Consumer products chemicals in indoor dust: A quantitative meta-analysis of U.S. studies, *Environ. Sci. Technol.* (2016), vol.50, no 19, pp.10661-10672
- [135]. A.R. Singh, W.H. Lawrence, J. Autian, Teratogenicity of phthalate esters in rats, *J. Pharm. Sci.* (1972), vol.61, pp.51–55
- [136]. L. López-Carrillo, R.U. Hernández-Ramírez, A.M. Calafat, L. Torres-Sánchez, M. Galván-Portillo, L.L. Needham, Exposure to phthalates and breast cancer risk in northern Mexico, *Environ. Health Perspect.* (2010), vol.118, no 4, pp.539-544
- [137]. G. Paganetto, F. Campi, K. Varani, A. Piffanelli, G. Giovannini, P.A. Borea, Endocrine-disrupting agents on healthy human tissues. *Pharmacol. Toxicol.* (2000), vol.86, pp.24–29
- [138]. O. Albert, B. Jégou, A critical assessment of the endocrine susceptibility of the human testis to phthalates from fetal life to adulthood, *Hum. Reprod. Update* (2014), vol.20, no 2, pp.231-249
- [139]. B. Kozielska, E. Brągoszewska, D. Kaleta, Investigation of indoor air quality in offices and residential homes in an urban area of Poland, *Air Qual. Atmos. Health.* (2020), vol.13, pp.131-141



- [140]. L. Liu, H. Bao, F. Liu, J. Zhang, H. Shen, Phthalates exposure of Chinese reproductive age couples and its effect on male semen quality, a primary study, *Environ. Int.* (2012), vol.42, no 1, pp.78–83
- [141]. Y.X. Wang, Q. Zeng, Y. Sun, P. Yang, P. Wang, J.L. et al., Semen phthalate metabolites, semen quality parameters and serum reproductive hormones: a cross-sectional study in China, *Environ. Pollut.* (2016), vol.211, pp.173–182
- [142]. K. Upson, S. Sathyanarayana, A.J. De Roos, M.L. Thompson, D. Scholes, R. Dills, Phthalates and risk of endometriosis, *Environ. Res.* (2013), vol.126, pp.91-97
- [143]. J. Weuve, R. Hauser, A.M. Calafat, S.A. Missmer, L.A. Wise, Association of exposure to phthalates with endometriosis and uterine leiomyomata: findings from NHANES, 1999-2004, *Environ. Health Perspect.* (2010), vol.118, no 6, pp.825-832
- [144]. Q.Sun, M.C. Cornelis, M.K. Townsend, D.K. Tobias, A.Heather Eliassen, A.A. Franke et al., Association of urinary concentrations of bisphenol A and phthalate metabolites with risk of type 2 diabetes: a prospective investigation in the Nurses' Health Study (NHS) and NHSII cohorts, *Environ. Health Perspect.* (2014), vol.122, no 6, pp.616-623
- [145]. T.P. Stein, M.D. Schluter, R.A. Steer, X. Ming, Autism and phthalate metabolite glucuronidation, *J. Autism Dev. Discord.* (2013), vol.43, no 11, pp.2677-2685
- [146]. R. Czernych, M. Chraniuk, P. Zagożdżon, L. Wolska, Characterization of estrogenic and androgenic activity of phthalates by the XenoScreen YES/YAS in vitro assay, *Environ. Toxicol. Pharmacol.* (2017), vol. 53, pp.95-104
- [147]. S. Jonsson, A. Baun, Toxicity of mono- and diesters of o-phthalic esters to a crustacean, a green alga, and a bacterium, *Environ. Toxicol. Chem.* (2003), vol.22, no 12, pp.3037-3043
- [148]. M. Pogorzelec, K. Piekarska, Wykorzystanie bakterii bioluminescencyjnych do wykrywania substancji toksycznych i mutagennych w środowisku, Interdyscyplinarne zagadnienia w inżynierii i ochronie środowiska, Tom 3, Wrocław 2013
- [149]. A. Kuczyńska, L. Wolska, J. Namieśnik, Zastosowanie biotestów w badaniach środowiskowych, Politechnika Gdańska (2007), no 32, pp.669-693
- [150]. P. Wilk, E. Szalińska, Microtox jako narzędzie do oceny toksyczności osadów dennych, Politechnika Krakowska, (2011) no 6, pp. 247-263
- [151]. Western Canada Microtox Users Committe.: Standard Procedure for MICROTOX Analysis, Microbiology Research and Development Alberta Enviromental Centre, 1994
- [152]. S.C. Verde, S.M. Almeida, J. Matos, D. Guerreiro, M. Meneses, T. Faria et al., Microbiological assessment of indoor air quality at different hospital sites, *Res. Microbiol.* (2015), vol.166, no 7, pp.557-563
- [153]. R. Kostianen, Volatile organic compounds in the indoor air of normal and sick houses, *Atmos. Environ.* (1995), vol.29, no 6, pp.693-702
- [154]. Y. Li, S. Cakmak, J. Zhu, Profiles and monthly variations of selected volatile organic compounds in indoor air in Canadian homes: Results of Canadian national indoor air survey 2012–2013, *Environ. Int.* (2019), vol.126, pp.134-144

- [155]. M.A. Rzepka, T. Tran, L.Y. Allenam, I. Coquelle, D. Cuny, Biomonitoring of indoor air genotoxic properties in ten schools using *Scindapsus aureus*, *Int. J. Environ. Res. Public Health* (2010), vol.4 no 2-3, pp.224-234
- [156]. L.D.M. Pantoja, R.F. do Nascimento, A.B. de Araújo Nunes, Investigation of fungal volatile organic compounds in hospital air, *Atmos. Pollut. Res.* (2016), vol.7 pp.659-663
- [157]. Y.M. Kim, S. Harrad, R. Harrison, Concentrations and Sources of Volatile Organic Compounds in Urban Domestic and Public Microenvironments, *Indoor Built Environ.* (2001), vol.10, no 3-4, pp.123-124
- [158]. Y. Wan, J. Xue, K. Kannan, Benzothiazoles in indoor air from Albany, New York, USA, and its implications for inhalation exposure, *J. Hazard. Mater.* (2016), vol.311, pp.37-42
- [159]. L. Elflein, E. Berger-Preiss, K. Levsen, G. Wunsch, Development of a gas chromatography–mass spectrometry method for the determination of household insecticides in indoor air, *J. Chromatogr. A* (2003), vol.985, no 1-2, pp.147–157
- [160]. A. Cincinelli, T. Martellini, A. Amore, L. Dei, G. Marrazza, E. Carretti et al., Measurement of volatile organic compounds (VOCs) in libraries and archives in Florence (Italy), *Sci. Total Environ.* (2016), vol.572, pp.333–339
- [161]. Y. Huang, T. Su, L. Wang, N. Wang, Y. Xue, W. Dai et al., Evaluation and characterization of volatile air toxics indoors in a heavy polluted city of northwestern China in wintertime, *Sci. Total Environ.* (2019), vol.662, pp.470-480
- [162]. P.N. Pegas, M.G. Evtyugina, C.A. Alves, T. Nunes, M. Cerqueira, M.F. e Casimiro Pio, Outdoor/Indoor air quality in primary schools in Lisbon: a preliminary study, *Quim. Nova* (2010), vol.33, no 5, pp.1145-1149
- [163]. R. Meininghaus, F. Fuhrmann, T. Salthammer, A routine method for the determination of the TVOC content in wallcoverings using headspace gas-chromatography, *Fresenius J. Anal. Chem.* (1996), vol.356, pp.344-347
- [164]. R. Diodiu, T. Galaon, E. Bucur, D.S. Stefan, L.F. Pascu, Aldehydes, Acetone, Formic and Acetic Acids in Indoor Air of an Office Building, *Rev. Chim.* (2016), vol.67, no 12, pp.2396-2399
- [165]. T. Tunsaringkarn, T. Prueksasit, D. Morknoy, R. Sawatsing, V. Chinveschakitvanich et al., Indoor air assessment, health risks, and their relationship among elderly residents in urban warrens of Bangkok, Thailand, *Air Qual. Atmos. Health* (2015), vol.8, pp.603-615
- [166]. World Health Organization (2010) WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants, A.S. Jang, I.S. Choi, Y.I. Koh, C.S. Park, 2007
- [167]. S. Batterman, F.C. Su, S. Li, B. Mukherjee, C. Jia, Personal exposure to mixtures of volatile organic compounds: modeling and further analysis of the RIOPA data, *Res. Rep. Health Eff. Inst.* (2014), vol.181, pp.3-63
- [168]. E.S. Maryiantari, S. Keman, Analysis of health risk and respiratory complaints on footwear craftsman exposed to Toluene vapour, *J. Public Health Res.* (2020), vol.9, no 2, p.1818

- [169]. K. Niaz, H. Bahadar, F. Maqbool, M. Abdollahi, A review of environmental and occupational exposure to xylene and its health concerns, *EXCLI J.* (2015), vol.14, pp.1167-1186
- [170]. C. Liu, X. Miao, J. Li, Outdoor formaldehyde matters and substantially impacts indoor formaldehyde concentrations, *Build. Environ.* (2019), vol.158, pp.145-150
- [171]. L.E. Heim, H. Konnerth, M.H.G. Prechtel, Future perspectives for formaldehyde: pathways for reductive synthesis and energy storage, *Green Chem.* (2017), vol.19, no 10, pp.2347–2355
- [172]. T. Salthammer, S. Mentese, R. Marutzky, Formaldehyde in the Indoor Environment, *Chem. Rev.* (2010), vol.110, no 4, pp.2536-2572
- [173]. T. Salthammer, Formaldehyde sources, formaldehyde concentrations and air exchange rates in European housings, *Build. Environ.* (2019), vol.150, pp.219–232
- [174]. C.W. Kim, J.S. Song, Y.S. Ahn, S.H. Park, J.W. Park, J.H. Noh et al., Occupational asthma due to formaldehyde, *Yonsei Med. J.* (2001), vol.42, no 4, pp.440-445
- [175]. D. Coggon, E.C. Harris, J. Poole, K.T. Palmer, Extended follow up of a cohort of British chemical workers exposed to formaldehyde, *J. Natl. Cancer Inst.* (2003), vol.95, no 21, pp.1608–1615
- [176]. B. Zabiegała, Jakość powietrza wewnętrznego - lotne związki organiczne jako wskaźnik jakości powietrza wewnętrznego. Indoor air quality - volatile organic compounds as an indicator of the quality of indoor air. *Polska Inżynieria Środowiska Pięć Lat Po Wstąpieniu Do Unii Europejskiej* (2009), vol.2, 303-315
- [177]. M.M. Fiume, B.A. Heldreth, W.F. Bergfeld, D.V. Belsito, R.A. Hill, C.D. Klaassen et al., Safety Assessment of Alkyl Esters as Used in Cosmetics, *Int.J. Toxicol.* (2015), vol.34, no 2, pp.5-69
- [178]. I. Manisalidis, E. Stavropoulou, A. Stavropoulos, Eugenia Bezirtzoglou, Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review, *Front. Public Health* (2020), vol.8, no 14
- [179]. E. Ilgen, K. Levsen, J. Angerer, P. Schneider, J. Heinrich, H.E. Wichmann, Aromatic hydrocarbons in the atmospheric environment. Part II: Univariate and multivariate analysis and case studies of indoor concentrations, *Atmos. Environ.* (2001), vol. 35, no 7, pp.1253-1264
- [180]. R. Dewil, L. Appels, J. Baeyens, Energy use of biogas hampered by the presence of siloxanes, *Energy Convers. Manag.* (2006), vol.47, no 13-14, pp.1711-1722
- [181]. C. Rücker, K. Kümmerer, Environmental Chemistry of Organosiloxanes, *Chem. Rev.* (2015), vol.115, no 1, pp.466-524
- [182]. K. Mojsiewicz-Pieńkowska, M. Jamrógiewicz, K. Szymkowska, D. Krenczkowska, Direct Human Contact with Siloxanes (Silicones) – Safety or Risk Part 1. Characteristics of Siloxanes (Silicones), *Front. Pharmacol.* (2016), vol.7, no 132
- [183]. G.K. Schalau, K.L. Ulman, Silicone Excipients in Drug Development. *Contractpharma* (2009), Dostępne na [http://www.contractpharma.com/issues/2009-06/view\\_features/silicone-excipients-in-drug-development](http://www.contractpharma.com/issues/2009-06/view_features/silicone-excipients-in-drug-development), 10.02.2021 r.

- [184]. H. Fromme, M. Debiak, H. Sagunski, C. Röhl, M. Kraft, M. Kolossa-Gehring, The German approach to regulate indoor air contaminants, *Int. J. Hyg. Environ. Health* (2019), vol.222, pp.347-354
- [185]. W. Rea, C. Restrepo, Y. Pan, Terpenes and Terpenoids in Chemical Sensitivity, *Altern. Ther. Health Med.* (2015), vol.21, no 4, pp.12-17
- [186]. F.C. Su, M.C. Friesen, A.B. Stefaniak, P.K. Henneberger, R.F. LeBouf, M.L. Stanton et al., Exposures to Volatile Organic Compounds among Healthcare Workers: Modeling the Effects of Cleaning Tasks and Product Use, *Ann. Work Expo. Health* (2015), vol.21, no 4, pp.12-17
- [187]. R.F. LeBouf, M. Abbas Virji, R. Saito, P.K. Henneberger, N. Simcox, A.B. Stefaniak, Exposure to volatile organic compounds in healthcare settings, *Occup. Environ. Med.* (2014), vol.71, no 9, pp.642-650
- [188]. S. Kirchner, M. Derbez, C. Duboudin, P. Elias, A. Gregoire, J.P. Lucas et al., Indoor air quality in French dwellings. *Indoor Air 2008*, Copenhagen, Denmark, 2008
- [189]. F.J.R. Paumgarten, S.S. Teixeira, A.C. Amado Xavier de Oliveira, Safety and efficacy of fenproporex for obesity treatment: a systematic review, *Rev. Saúde Pública* (2016), vol.50, no 25
- [190]. S.A. Brodie, J.C. Brandes, Could valproic acid be an effective anticancer agent? The evidence so far, *Expert Rev. Anticancer Ther.* (2014), vol.14, no 10, pp.1097-1100
- [191]. A. Kanwal, S. Hassan, Z.M. Anjum, M.A. Siddique, F. Idrees, H. Ayesha, Frequency of valproic acid induced thrombocytopenia in epileptic patients in Tertiary Care Hospital, Faisalabad, *Professional Med. J.* (2020), vol.27, no 6, pp.1108-1112
- [192]. N.C. Comelli, N.E. Massa, E.A. Castro, L.B. Blanch, A.H. Jubert, Experimental and theoretical study of the structure and vibrational spectra of valpromide,  $C_7H_{15}CONH_2$ , *J. Raman Spectrosc.* (2009), vol.40, pp.6-17
- [193]. J.V. Aranda, F. Salomone, G.B. Valencia, K.D. Beharry, Non-steroidal Anti-inflammatory Drugs in Newborns and Infants, *Pediatr. Clin. North. Am.* (2017), vol.64, no 6, pp.1327-1340
- [194]. Etilefrine (CID: 3306) (ang.) w bazie PubChem, United States National Library of Medicine dostępne z PubChem Compounds Database, Dostępne 14.07.2020r.
- [195]. V. Selak, R. Jackson, K. Poppe, B. Wu, M. Harwood, C. Grey et al., Personalized Prediction of Cardiovascular Benefits and Bleeding Harms From Aspirin for Primary Prevention: A Benefit-Harm Analysis, *Ann. Intern. Med.* (2019), vol.171, no 8, pp.529-539
- [196]. X. Yang, X. Wei, Y. Mu, Q. Li, J. Liu, A review of the mechanism of the central analgesic effect of lidocaine, *Medicine (Baltimore)* (2020), vol.99, no 17, e19898
- [197]. S. Thanthong, S. Rojthamarat, W. Worasawate, P. Vichitvejpaisal, D. Nantajit, N. Ieumwananontachai, Comparison of efficacy of meperidine and fentanyl in terms of pain management and quality of life in patients with cervical cancer receiving intracavitary brachytherapy: a double-blind, randomized controlled trial, *Support Care Cancer* (2017), vol.25, no 8, pp.2531-2537

- [198]. L.R. Padial, G. Barón-Esquivias, A.H. Madrid, D.M. Martín, V. Pallarés-Carratalá, A. de la Sierra, Clinical Experience with Diltiazem in the Treatment of Cardiovascular Diseases, *Cardiol. Ther.* (2016), vol.5, no 1, pp.75-82
- [199]. F. Morisco, E. Aprea, V. Lembo, V. Fogliano, P. Vitaglione, G. Mazzone, et al., Rapid “Breath-Print” of Liver Cirrhosis by Proton Transfer Reaction Time-of-Flight Mass Spectrometry. A Pilot Study, *PLoS ONE* (2013), vol.8, no 4, e59658
- [200]. L.S. Riter, B.C. Laughlin, E. Nikolaev, R.G. Cooks, Direct analysis of volatile organic compounds in human breath using a miniaturized cylindrical ion trap mass spectrometer with a membrane inlet, *Rapid Commun. Mass Spectrom.* (2002), vol.16, no 24, pp.2370-2373
- [201]. J. Kwak, M. Fan, S.W. Harshman, C.E. Garrison, V.L. Dershem, J.B. Phillips et al., Evaluation of Bio-VOC Sampler for Analysis of Volatile Organic Compounds in Exhaled Breath, *Metabolites* (2014), vol.4, no 4, pp.879-888
- [202]. S. Langer, G. Bekö, E. Bloom, A. Widheden, L. Ekberg, Indoor air quality in passive and conventional new houses in Sweden, *Build. Environ.* (2015), vol.93, no 1, pp.92-100
- [203]. S. Langer, G. Bekö, Indoor air quality in the Swedish housing stock and its dependence on building characteristics, *Build. Environ.* (2013), vol.69, pp.44-54
- [204]. C.J. Weschler, Roles of the human occupant in indoor chemistry, *Indoor Air* (2016), vol.26, no 1, pp.6–24
- [205]. P. Mochalski, H. Wiesenhofer, M. Allers, S. Zimmermann, A.T. Güntner, N.J. Pineau, Monitoring of selected skin- and breath-borne volatile organic compounds emitted from the human body using gas chromatography ion mobility spectrometry (GC-IMS), *J. Chromatogr. B* (2018), vol.1076, pp.29-34
- [206]. P. Spanel, D. Smith, Progress in SIFT-MS: Breath analysis and other applications, *Mass Spectrom. Rev.* (2011), vol.30, no 2, pp.236-267
- [207]. X. Chen, F. Xu, Y. Wang, Y. Pan, D. Lu, P. Wang, A study of the volatile organic compounds exhaled by lung cancer cells in vitro for breath diagnosis, *Cancer*. (2007), vol.110, no 4, pp.835-844
- [208]. M. Phillips, K. Gleeson, J.M. Hughes, J. Greenberg, R.N. Cataneo, L. Baker, Volatile organic compounds in breath as markers of lung cancer: a cross-sectional study, *Lancet* (1999), vol.353, no 9168, pp.1930-1933
- [209]. B. Buszewski, T. Ligor, T. Jezierski, A. Wenda-Piesik, M. Walczak, J. Rudnicka, Identification of volatile lung cancer markers by gas chromatography-mass spectrometry: comparison with discrimination by canines, *Anal. Bioanal. Chem.* (2012), vol.404, no 1, pp.141-146
- [210]. T. Ligor, Ł. Pater, B. Buszewski, Application of an artificial neural network model for selection of potential lung cancer biomarkers, *J. Breath Res.* (2015), vol.9, no 2, 027106
- [211]. A. Ulanowska, T. Kowalkowski, E. Trawińska, B. Buszewski, The application of statistical methods using VOCs to identify patients with lung cancer, *J. Breath Res.* (2011), vol.5, no 4, 046008

- [212]. M. Phillips, R.N. Cataneo, A.R.C. Cummin, A.J. Gagliardi, K. Gleeson, J. Greenberg et al., Detection of lung cancer with volatile markers in the breath, *Chest*. (2003), vol.123, no 6, pp.2115-2123
- [213]. A.K. Haritash, C.P. Kaushik, Biodegradation aspects of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs): a review, *J. Hazard Mater.* (2009), vol.169, no 1-3, pp.1-15
- [214]. P.A. Tanner, P.T. Law, Organic acids in the atmosphere and bulk deposition of Hong Kong, *Water Air Soil Pollut.* (2003), vol.142, pp.279-297
- [215]. M. Goodarzi, P.J. Russell, Y.V. Heyden, Similarity analyses of chromatographic herbal fingerprints: a review, *Anal. Chim. Acta* (2013), vol.804, pp.16-28
- [216]. B. Zabiegała, Organic compounds in indoor environments, *Pol. J. Environ. Stud.* (2006), vol.15, no 3, pp.383-393
- [217]. R. Tormo-Molina, Á. Gonzalo-Garijo, I. Silva-Palacios, S. Fernández-Rodríguez, Seasonal and Spatial Variations of Indoor Pollen in a Hospital, *Int. J. Environ. Res. Public Health* (2009), vol.6, no 12, pp.3169-3178
- [218]. M. Gola, G. Settimo, S. Capolongo, Chemical Pollution in Healing Spaces: The Decalogue of the Best Practices for Adequate Indoor Air Quality in Inpatient Rooms, *Int. J. Res. Public Health* (2019), vol.16, no 22, 4388
- [219]. P. Rautiainen, M. Hyttinen, J. Ruokolainen, P. Saarinen, J. Timonen, P. Pasanen, Indoor air-related symptoms and volatile organic compounds in materials and air in the hospital environment, *Int. J. Environ. Health Res.* (2019), vol.29, no 5, pp.479-488
- [220]. M. Kraus, I. Juhasova Senitkova, Indoor Environment in Residential Prefabricated Buildings, *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* (2017), vol.245, no 4, 042072
- [221]. B. Zabiegała, T. Górecki, E. Przyk, J. Namieśnik, Permeation passive sampling as a tool for the evaluation of indoor air quality, *Atmos. Environ.* (2002), vol.36, no 17, pp.2907-2916
- [222]. R.H. Brown, Monitoring volatile organic compounds in air--the development of ISO standards and a critical appraisal of the methods, *J. Environ. Monit.* (2002), vol.4, no 6, pp.112-118
- [223]. L.S.R. Brickus, J.N. Cardoso, F.R. de Aquino Neto, Distributions of Indoor and Outdoor Air Pollutants in Rio de Janeiro, Brazil: Implications to Indoor Air Quality in Bayside Offices, *Environ. Sci. Technol.* (1998), vol.32, no 22, pp.3485-3490
- [224]. S. E. Jørgensen, E. Sven, 1934- & Fath, Brian D Ecotoxicology : a derivative of Encyclopedia of ecology. Elsevier/Academic Press, Amsterdam ; Boston, 20
- [225]. National Toxicology Program/U.S. Department of Health and Human Services (NTP/CERHR), NTP/CERHR Monograph on the Potential Human Reproductive and Developmental Effects of Di-n-Hexyl Phthalate (DnHP), (2003), Dostępne na [https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/ohat/phthalates/dnhp/dnhp\\_monograph\\_final.pdf](https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/ohat/phthalates/dnhp/dnhp_monograph_final.pdf) 02.02.2021r.
- [226]. M.W. Kadi, I.M. Ismail, T.R. Sobahi, Identification of organic migrants from some plastic food packaging used in Saudi Arabia using water as food simulatant, *Asian J. Chem.* (2007), vol.19, no 4, pp.2744-2750

- [227]. Q.Lan, K. Cui, F. Zeng, F. Zhu, H. Liu, H. Chen et al., Characteristics and assessment of phthalate esters in urban dusts in Guangzhou city, China, *Environ. Monit. Assess.* (2012) vol.184, no 8, pp.4921-4929
- [228]. P. Gimeno, S. Thomas, C. Bousquet, A.F. Maggio, C. Civade, C. Brenier et al., Identification and quantification of 14 phthalates and 5 non-phthalate plasticizers in PVC medical devices by GC-MS, *J. Chromatogr. B Analyt. Technol. Biomed. Life Sci.* (2014), vol.949-950, pp.99-108
- [229]. R.A. Rudel, L.J. Perovich, Endocrine disrupting chemicals in indoor and outdoor air, *Atmos. Environ.* (2009), vol.43, no 1, pp.170-181
- [230]. C. Liu, B. Zhao, The influence of aerosol dynamics on indoor exposure to airborne DEHP, *Atmos. Environ.* (2010), vol.44, no 16, pp.1952-1959
- [231]. P. Schneider, I. Gebefügi, K. Richter, G. Wölke, J. Schnelle, H.H. Wichmann, Indoor and outdoor BTX levels in German cities, *Sci. Total Environ.* (2001) vol.267, no 1-3, pp.41-51
- [232]. Y. Ji, F. Wang, L. Zhang, C. Shan, Z. Bai, Z. Sun, L. Liu, B. Shen, A comprehensive assessment of human exposure to phthalates from environmental media and food in Tianjin, China, *J. Hazard. Mater.* (2014), vol.279, pp.133-140
- [233]. Z. Xie, R. Ebinghaus, C. Temme, R. Lohmann, A. Caba, W. Ruck, Occurrence and Air–Sea Exchange of Phthalates in the Arctic, *Environ. Sci. Technol.* (2007), vol.41, no 13, pp.4555-4560
- [234]. Z. Xie, R. Ebinghaus, C. Temme, A. Caba, W. Ruck, Atmospheric concentrations and air–sea exchanges of phthalates in the North Sea (German Bight), *Atmos. Environ.* (2005), vol.39, no 18, pp.3209-3219
- [235]. M.J. Teil, M. Blanchard, M. Chevrui, Atmospheric fate of phthalate esters in an urban area (Paris-France), *Sci. Total Environ.* (2006), vol.354, no 2-3, pp.212-223
- [236]. P. Wang, S.L. Wang, C.Q. Fan, Atmospheric distribution of particulate- and gas-phase phthalic esters (PAEs) in a Metropolitan City, Nanjing, East China, *Chemosphere* (2008), vol.72, no 10, pp.1567-1572
- [237]. W.J.G.M. Peijnenburg, J. Struijs, Occurrence of phthalate esters in the environment of the Netherlands, *Ecotoxicol. Environ. Saf.* (2006), vol.63, no 2, pp.204-215
- [238]. M.A. Cohen, P.B. Ryan, Y. Yanagisawa, S.K. Hammond, The Validation of a Passive Sampler for Indoor and Outdoor Concentrations of Volatile Organic Compounds, *J. Air Waste Manag. Assoc.* (1990), vol.40, no 7, pp.993-997
- [239]. M.Ö. Seitablaiev, F. Umaroğulları, Thermal comfort and indoor air quality, *IJSRIT* (2018), vol.5, no 3
- [240]. R. Wiglusz, E. Sitko, G. Nickel, I. Jarnuszkiewicz, B. Igielska, The effect of temperature on the emission of formaldehyde and volatile organic compounds (VOCs) from laminate flooring — case study, *Build. Environ.* (2002), vol.37, no 1, pp.41-44

- [241]. S. Huang, J. Xiong, C. Cai, W. Xu, Y. Zhang, Influence of humidity on the initial emittable concentration of formaldehyde and hexaldehyde in building materials: experimental observation and correlation, *Sci. Rep.* (2016), vol.6, 23388
- [242]. C.C. Lin, K.P. Yu, P. Zhao, G.W.M. Lee, Evaluation of impact factors on VOC emissions and concentrations from wooden flooring based on chamber tests, *Build. Environ.* (2009), vol.44, pp.525-533
- [243]. P. Wolkoff, Indoor air humidity, air quality, and health – An overview, *Int. J. Hyg. Environ. Health* (2018), vol.221, no 3, pp.376-390
- [244]. I. Sadiktsis, G. Nilsson, U. Johansson, U. Rannug, R. Westerholm, Removal of polycyclic aromatic hydrocarbons and genotoxic compounds in urban air using air filter materials for mechanical ventilation in buildings, *Sci. Technol. Built. Environ.* (2016), vol.22, no 3, pp.346-355
- [245]. T.D. Nelin, A.M. Joseph, M.W. Gorr, L.E. Wold, Direct and indirect effects of particulate matter on the cardiovascular system, *Toxicol. Lett.* (2012), vol.208, no 3, pp.293-299
- [246]. B.J. Lee, B. Kim, K. Lee, Air pollution exposure and cardiovascular disease, *Toxicol. Res.* (2014), vol. 30, no 2, pp.71-75
- [247]. E. Tsobod, A. Maesano, P. Carrer et al.: SINPHONIE School Indoor Pollution & Health Observatory network in Europe; Final report, Luxemburg European Union, 2014
- [248]. Y. Chen, D. Lv, X. Li, T. Zhu, PM 2.5-bound phthalates in indoor and outdoor air in Beijing: Seasonal distributions and human exposure via inhalation, *Environ. Pollut.* (2018), vol.241, pp.369-377
- [249]. R. Barro, J. Regueiro, M. Llompart, C. Garcia-Jares, Analysis of industrial contaminants in indoor air: Part 1. Volatile organic compounds, carbonyl compounds, polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated biphenyls, *J. Chromatogr. A* (2009), vol.1216, pp.540-566
- [250]. C. Garcia-Jaresa, J. Regueiro, R. Barro, T. Dagnac, M. Llompart, Analysis of industrial contaminants in indoor air. Part 2. Emergent contaminants and pesticides, *J. Chromatogr. A* (2009), vol.1216, pp.567-597
- [251]. O. Sippula, H. Rintala, M. Happonen, P. Jalava, Kari Kuusipalo, Annika Virén et al., Characterization of Chemical and Microbial Species from Size-Segregated Indoor and Outdoor Particulate Samples, *Aerosol Air Qual. Res.* (2013), vol.13, pp.1212-1230
- [252]. M. Živković, M. Jovašević-Stojanović, A. Cvetković, I. Lazović, V. Tasić, Ž. Stevanović et al., PAHs levels in gas and particle-bound phase in schools at different locations in Serbia, *Chem. Ind. Chem. Eng. Q.* (2015), vol.21, no 1, pp.159-167
- [253]. Y.Y. Naumova, J.H. Offenberg, S.J. Eisenreich, Q. Meng, A. Polidori, B.J. Turpin, Gas/particle distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in coupled outdoor/indoor atmospheres, *Atmos. Environ.*, vol.37, no 5, pp.703-719
- [254]. R.D. Edwards, E.J. Yurkow, P.J. Liroy, Seasonal deposition of housedusts onto household surfaces, *Sci. Total. Environ.* (1998), vol.224, no 1-3, pp.69-80



- [255]. L. Roosens, M.A. Abdallah, S. Harrad, H. Neels, A. Covaci, Current exposure to persistent polychlorinated biphenyls (PCBs) and dichlorodiphenyldichloroethylene (p,p'-DDE) of Belgian students from food and dust, *Environ. Sci. Technol.* (2010), vol.44, no 8, pp.2870–2875
- [256]. L. Roosens, M.A. Abdallah, S. Harrad S, H. Neels, A. Covaci, Factors influencing concentrations of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in students from Antwerp, Belgium, *Environ. Sci. Technol.* (2009), vol.43, no 10, pp.3535–3541
- [257]. C.K. Wilkins, P. Wolkoff, F. Gyntelberg, P. Skov, O.Valbjorn, Characterization of office dust by VOCs and TVOC release - identification of potential irritant VOCs by partial least squares analysis, *Indoor Air* (1993), vol.3, pp.283-290
- [258]. I. Dapic, R. Kobetic, L. Brkljacic, S. Kezic, I. Jakasa, Quantification of free fatty acids in human stratum corneum using tandem mass spectrometry and surrogate analyte approach, *Biomed. Chromatogr.* (2018), vol.32, no 2, e4056
- [259]. K. Perisho, P.W. Wertz, K.C. Madison, M.E. Stewart, D.T. Downing, Fatty acids of acylceramides from comedones and from the skin surface of acne patients and control subjects, *J. Invest. Dermatol.* (1988), vol.90, no 3, pp.350-353
- [260]. M. Ludovici, N. Kozul, S. Materazzi, R. Risoluti, M. Picardo, E. Camera, Influence of the sebaceous gland density on the stratum corneum lipidome, *Sci. Rep.* (2018), vol.8, 11500
- [261]. H.M. Hwanga, E.K. Park, T.M. Young, B.D. Hammock, Occurrence of endocrine-disrupting chemicals in indoor dust, *Sci. Total. Environ.* (2008), vol.404, no 1, pp.26-35
- [262]. K. Becker, M. Seiwert, S. Kaus, C. Krause, C. Schulz, B. Seifert, German environmental survey 1998 (Geres III): Pesticides and other pollutants in house dust, *Proceedings of Indoor Air* (2002), vol.4, pp.883-887
- [263]. C.G. Bornehag, B. Lundgren, C.J. Weschler, T. Sigsgaard, L. Hagerhed-Engman, J. Sundell, Phthalates in indoor dust and their association with building characteristics, *Environ. Health Perspect.* (2005), vol.113, no 10, pp.1399-1404
- [264]. F. Merciera, E. Gilles, G. Saramito, Philippe Glorennec, B. Le Bot, A multi-residue method for the simultaneous analysis in indoor dust of several classes of semi-volatile organic compounds by pressurized liquid extraction and gas chromatography/tandem mass spectrometry, *J. Chromatogr. A* (2014), vol.1336, pp.101-111
- [265]. G. Luongo, C. Östman, Organophosphate and phthalate esters in settled dust from apartment buildings in Stockholm, *Indoor Air* (2016), vol.26, no 3, pp.414-425
- [266]. C. Christia, G. Poma, S. Harrad, C.A. de Wit, Y. Sjostrom, P. Leonards et al., Occurrence of legacy and alternative plasticizers in indoor dust from various EU countries and implications for human exposure via dust ingestion and dermal absorption, *Environ. Res.* (2019), vol.171, pp.204-212
- [267]. K. Larsson, C.H. Lindh, B.A.G. Jönsson, G. Giovanoulis, M. Bibi, M. Bottai et al., Phthalates, non-phthalate plasticizers and bisphenols in Swedish preschool dust in relation to children's exposure, *Environ. Int.* (2017), vol.102, pp.114-124

- [268]. G. Raffy, F. Mercier, O. Blanchard, M. Derbez, C. Dassonville, N. Bonvallot, Semi-volatile organic compounds in the air and dust of 30 French schools: a pilot study, *Indoor Air* (2017), vol.27, pp.114-127
- [269]. C.J. Weschler, T. Salhammer, H. Fromme, Partitioning of phthalates among the gas phase, airborne particles and settled dust in indoor environments, *Atmos. Environ.* (2008), vol. 42, no 7, pp. 1449-1460
- [270]. N. Salgueiro-González, M.J. López de Alda, S. Muniategui-Lorenzo, D. Prada-Rodríguez, D. Barceló, Analysis and occurrence of endocrine-disrupting chemicals in airborne particles, *Trends Anal. Chem.* (2015), vol. 66, pp.45-52
- [271]. P. Wolkoff, C. K. Wilkins, Indoor VOCs From Household Floor Dust: Comparison of Headspace with Desorbed VOCs; Method for VOC Release Determination, *Indoor Air* (1994), vol.4, no 4, pp.248-254
- [272]. K. Wilkins E. M. Ntelsen P. Wolkoff, Patterns in Volatile Organic Compounds in Dust from Moldy Buildings, *Indoor Air* (1997), vol.7, no 2, pp.128-134
- [273]. M. Hyttinen, P. Pasanen, P. Kalliokoski, Adsorption and desorption of selected VOCs in dust collected on air filters, *Atmos. Environ.* (2001), vol.35, pp.5709-5716
- [274]. E.K. Pedersen, O. Bjørseth, T. Syversen, M. Mathiesen, Emissions from heated indoor dust, *Environ. Int.* (2002), vol.27, pp.579-587
- [275]. C. Sottani, B. Porro, M. Comelli, M. Imbriani, C. Minoia, An analysis to study trends in occupational exposure to antineoplastic drugs among health care workers, *J. Chromatogr. B Analyt. Technol. Biomed. Life Sci.* (2010), vol.878, no 27, pp.2593-2605
- [276]. F. Rombaldi, C. Cassini, M. Salvador, J. Saffi, B. Erdtmann, Occupational risk assessment of genotoxicity and oxidative stress in workers handling anti-neoplastic drugs during a working week, *Mutagenesis* (2009), vol.24, no 2, pp.143-148
- [277]. G. Dranitsaris, M. Johnston, S. Poirier, T. Schueller, D. Milliken, E. Green, Are health care providers who work with cancer drugs at an increased risk for toxic events? A systematic review and meta-analysis of the literature, *J. Oncol. Pharm. Pract.* (2005), vol.11, no 2, pp.69-78
- [278]. R. Turci, C. Sottani, G. Spagnoli, C. Minoia, Biological and environmental monitoring of hospital personnel exposed to antineoplastic agents: a review of analytical methods, *J. Chromatogr. B Analyt. Technol. Biomed. Life Sci.* (2003), vol.789, no 2, pp.169-209
- [279]. G. Fabrizi, M. Fioretti, L. Mainero Rocca, R. Curini, DESI-MS2: a rapid and innovative method for trace analysis of six cytostatic drugs in health care setting, *Anal. Bioanal. Chem.* (2012), vol.403, no 4, pp.973-983
- [280]. R. Turci, C. Minoia, Residual hazard assessment related to handling of antineoplastic drugs: safety system evolution and quality assurance of analytical measurement, *Ann. N.Y. Acad. Sci.* (2006), vol.1076, pp.649-656
- [281]. S. Roberts, N. Khammo, G. McDonnell, J.G. Sewell, Studies on the decontamination of surfaces exposed to cytotoxic drugs in chemotherapy workstations, *J. Oncol. Pharm. Pract.* (2006), vol.12, no 2, pp.95-104

- [282]. L. González-Bayón, S. González-Moreno, G. Ortega-Pérez, Safety considerations for operating room personnel during hyperthermic intraoperative intraperitoneal chemotherapy perfusion, *Eur. J. Surg. Oncol.* (2006), vol.32, no 6, pp.619-624
- [283]. R. Turci, C. Sottani, R. Schierl, C. Minoia, Validation protocol and analytical quality in biological monitoring of occupational exposure to antineoplastic drugs, *Toxicol. Lett.* (2006), vol.162, no 2-3, pp.256-262
- [284]. C. Gómez-Canela, N. Cortés-Francisco, F. Ventura, J. Caixach, S. Lacorte, Liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry and high resolution mass spectrometry as analytical tools to characterize multi-class cytostatic compounds, *J. Chromatogr. A* (2013), vol.1276, pp.78-94
- [285]. A.C. Dubbelman, M. Tibben, H. Rosing, A. Gebretensae, L. Nan, S.H. Gorman et al., Development and validation of LC-MS/MS assays for the quantification of bendamustine and its metabolites in human plasma and urine, *J. Chromatogr. B* (2012), vol. 893-894, pp.92-100
- [286]. P. Queirolo, M. Acquati, Targeted therapies in melanoma, *Cancer Treat. Rev.* (2006), vol.32, no 7, pp.524-531
- [287]. C.J.A. Punt, S. Suciú, M.A. Gore, J. Koller, W.H.J. Kruit, J. Thomas et al., Chemoimmunotherapy with dacarbazine, cisplatin, interferon-alpha2b and interleukin-2 versus two cycles of dacarbazine followed by chemoimmunotherapy in patients with metastatic melanoma: a randomised phase II study of the European Organization for Research and Treatment of Cancer Melanoma Group, *Eur. J. Cancer* (2006), vol.42, no 17, pp.2991-2995
- [288]. V.T. DeVita Jr., In: V.T. DeVita Jr., S. Hellman, S.A. Rosenberg (Eds.), *Cancer: Principles and Practice of Oncology*, 7th ed., Lippincott Williams & Wilkins, 2005
- [289]. C. Joukhadar, N. Klein, R.M. Mader, C. Schrolnberger, B. Rizovski, E. Heere-Ress, Penetration of dacarbazine and its active metabolite 5-aminoimidazole-4-carboxamide into cutaneous metastases of human malignant melanoma, *Cancer*. (2001), vol.92, no 8, pp.2190-2196
- [290]. R. Turci, C. Sottani, A. Ronchi, C. Minoia, Biological monitoring of hospital personnel occupationally exposed to antineoplastic agents, *Toxicol. Lett.* (2002), vol.134, no 1-3, pp.57-64
- [291]. A. Pethran, R. Schierl, K. Hauff, C.H. Grimm, K.S. Boos, D. Nowak, Uptake of antineoplastic agents in pharmacy and hospital personnel. Part I: Monitoring of urinary concentrations, *Int. Arch. Occup. Environ. Health* (2003), vol.76, pp.5—10
- [292]. R.M. Mader, B. Rizovski, G.G. Steger, A. Wachter, R. Kotz, H. Rainer, Exposure of oncologic nurses to methotrexate in the treatment of osteosarcoma, *Arch. Environ. Health* (1996), vol.51, no 4, pp.310-414
- [293]. A.S. Ensslin, R. Huber, A. Pethran, H. Römmelt, R. Schierl, U. Kulka, G. Fruhmann, Biological monitoring of hospital pharmacy personnel occupationally exposed to cytostatic drugs: urinary excretion and cytogenetics studies, *Int. Arch. Occup. Environ. Health* (1997), vol.70, no3, pp.205-208

- [294]. L. Sabatini, A. Barbieri, V. Lodi, F.S. Violante, Biological monitoring of occupational exposure to antineoplastic drugs in hospital settings, *Med. Lav.* (2012), vol.103, no 5, pp.394-401
- [295]. C.C. Chou, S.S. Hee, Separation of pH, dilution, ionic strength and chemical matrix effects for biological monitoring of urines with the Microtox test using nicotine, cotinine and reference urines, *J. Biolumin. Chemilumin.* (1993), vol.8, no 1, pp.39-48
- [296]. R. Pruul, H. Kahn, A. Kahru, Application of the Ames Genotoxicity Assay and the Bioluminescent Toxicity Assay in the Testing of Urine Samples, *Altern. Lab. Anim.* (1993), vol.21, no 2, pp.225-232
- [297]. M.R. Chao, C.J. Wang, M.T. Wu, C.H. Pan, C.Y. Kuo, H.J. Yang, Repeated measurements of urinary methylated/oxidative DNA lesions, acute toxicity, and mutagenicity in coke oven workers, *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* (2008), vol. 17, no 12, pp.3381-3389
- [298]. K. Shen, C. Shen, Y. Lu, X. Tang, C. Zhang, X. Che, Hormesis response of marine and freshwater luminescent bacteria to metal exposure, *Biol. Res.* (2009), vol.42, no 2, pp.183-187
- [299]. G. Persoone, B. Marsalek, I. Blinova, A. Törökne, D. Zarina, L. Manusadzianas et al., A practical and user-friendly toxicity classification system with microbiotests for natural waters and wastewaters, *Environ. Int.* (2003), vol. 18, no 6, pp.395-402
- [300]. M.F. Silva, S. Maas, H.A. de Souza, A.P. Gomes, Post-occupancy evaluation of residential buildings in Luxembourg with centralized and decentralized ventilation systems, focusing on indoor air quality (IAQ). Assessment by questionnaires and physical measurements, *Energy Build.* (2017), vol.148, pp.119-127
- [301]. <https://nipip.pl/liczba-pielegniarek-polozonych-zarejestrowanych-zatrudnionych>, Dostępne 02.02.2021 r.
- [302]. <https://www2.staffingindustry.com/Editorial/Healthcare-Staffing-Report/Archive/Healthcare-Staffing-Report/2018/March-8-2018/Median-age-of-employed-registered-nurses-declines-from-2011-to-2017>, Dostępne 03.02.2021 r.
- [303]. R.A. Smiley, P. Lauer, C. Bienemy, J.G. Berg, E. Shireman, K.A. Reneau, The 2017 National Nursing Workforce Survey, *J. Nurs. Regul.* (2018), vol.9, no 3, pp.1-88
- [304]. S.K. Miller, P.T. Alpert, C.L. Cross, Overweight and obesity in nurses, advanced practice nurses, and nurse educators, *J. Am. Acad. Nurse Pract.* (2008), vol.20, no 5, pp.259-265
- [305]. Odsetek osób w wieku powyżej 15 lat według indeksu masy ciała (BMI), Dostępne na <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/zdrowie/zdrowie/odsetek-osob-w-wieku-powyzej-15-lat-wedlug-indeksu-masy-ciala-bmi,23,1.html>, 03.02.2021 r.
- [306]. B. Peplowska, N. Szeszenia-Dąbrowska, Choroby zawodowe pracowników szpitali, 2001, *Medycyna Pracy* (2002), vol.53, no 5, pp.369-374
- [307]. Dochody i warunki życia ludności Polski - raport z badania EU-SILC 2018, Dostępne na <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/warunki-zycia/dochody-wydatki-i-warunki-zycia>

ludnosci/dochody-i-warunki-zycia-ludnosci-polski-raport-z-badania-eu-silc-2018,6,12.html, 11.02.2021 r.

[308]. S.C. Fang, J. Schwartz, M. Yang, H. Klar Yaggi, D.L. Bliwise, A.B. Araujo, Traffic-related air pollution and sleep in the Boston Area Community Health Survey, *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* (2015), vol.25, no 5, pp.451-456

[309]. A. Zanobetti, S. Redline, J. Schwartz, D. Rosen, S. Patel, G.T. O'Connor, Associations of PM10 with sleep and sleep-disordered breathing in adults from seven U.S. urban areas, *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* (2010), vol.182, no 6, pp.819-825

[310]. J.L. Castañeda, L. Kheirandish-Gozal, D. Gozal, R.A. Accinelli, Effect of reductions in biomass fuel exposure on symptoms of sleep apnea in children living in the peruvian andes: a preliminary field study, *Pediatr. Pulmonol.* (2013), vol.48, no 10, pp.996-999

[311]. J. Carlos Martínez-Lazcano, E. González-Guevara, M. del Carmen Rubio, J. Franco-Pérez, V. Custodio, M. Hernández-Cerón et al., The effects of ozone exposure and associated injury mechanisms on the central nervous system, *Rev. Neurosci.* (2013), vol.24, no 3, pp.337-352

[312]. B. Świerz-Motysia, J. Mościcki, The use of plasticised for making medical equipment intendendent for single use applications, *Industrial Chemistry Res. Inst. Poland*

[313]. F. Carlstedt, B.A.G. Jönsson, C.G. Bornehag, PVC flooring is related to human uptake of phthalates in infants, *Indoor Air* (2013), vol.23, no 1 pp.32-39

[314]. H. Frederiksen, J. Kolstrup Søgaard Nielsen, T.A. Mørck, P.W. Hansen, J.F. Jensen, O. Nielsen et al., Urinary excretion of phthalate metabolites, phenols and parabens in rural and urban Danish mother-child pairs, *Int. J. Hyg. Environ. Health* (2013), vol.216, no 6, pp.772-783

[315]. M. Schlumpf, K. Kypke, M. Wittassek, J. Angerer, H. Mascher, D. Mascher, Exposure patterns of UV filters, fragrances, parabens, phthalates, organochlor pesticides, PBDEs, and PCBs in human milk: correlation of UV filters with use of cosmetics, *Chemosphere* (2010), vol.81, no 10, pp.1171-1183

[316]. T.E. Arbuckle, K. Davis, K. Boylan, M. Fisher, J. Fu, Bisphenol A, phthalates and lead and learning and behavioral problems in Canadian children 6-11 years of age: CHMS 2007-2009, *Neurotoxicology* (2016), vol.54, pp.89-98

[317]. Y.J. Lien, H.Y. Ku, P.H. Su, S.J. Chen, H.Y. Chen, P.C. Liao, Prenatal exposure to phthalate esters and behavioral syndromes in children at 8 years of age: Taiwan Maternal and Infant Cohort Study, *Environ. Health Perspect.* (2015), vol.123, no 1, pp.95-100

[318]. D. Valvi, M. Casas, D. Romaguera, N. Monfort, R. Ventura, D. Martinez et al., Prenatal Phthalate Exposure and Childhood Growth and Blood Pressure: Evidence from the Spanish INMA-Sabadell Birth Cohort Study, *Environ. Health Perspect.* (2015), vol.123, no 10, pp.1022-1029

[319]. R.W. Kobrosly, S. Evans, A. Miodovnik, E.S. Barrett, S.W. Thurston, A.M. Calafat et al., Prenatal phthalate exposures and neurobehavioral development scores in boys and girls at 6-10 years of age, *Environ. Health Perspect.* (2014), vol.122, no 5, pp.521-528

- [320]. L. Trasande, S. Sathyanarayana, A.J. Spanier, H. Trachtman, T.M. Attina, E.M. Urbina, Urinary phthalates are associated with higher blood pressure in childhood, *J. Pediatr.* (2013), vol.163, no 3, pp.747-753
- [321]. J.A. Hoppin, R. Jaramillo, S.J. London, R.J. Bertelsen, P.M. Salo, D.P. Sandler, Phthalate exposure and allergy in the U.S. population: results from NHANES 2005-2006, *Environ. Health Perspect.* (2013), vol.121, no 10, pp.1129-1234
- [322]. S. Sathyanarayana, E. Barrett, S. Butts, C. Wang, S.H. Swan, Phthalate exposure and reproductive hormone concentrations in pregnancy, *Reproduction* (2014), vol.147, no 4, pp.401-409
- [323]. N. Pant, A.B. Pant, M. Shukla, N. Mathur, Y.K. Gupta, D.K. Saxena, Environmental and experimental exposure of phthalate esters: The toxicological consequence on human sperm, *Hum. Exp. Toxicol.* (2010), vol.30, no 6, pp.507-514
- [324]. J. Jurewicz, M. Radwan, W. Sobala, D. Ligocka, P. Radwan, M. Bochenek, Human urinary phthalate metabolites level and main semen parameters, sperm chromatin structure, sperm aneuploidy and reproductive hormones, *Reprod. Toxicol.* (2013), vol.42, pp.232-241
- [325]. A.C. Dirtu, T. Geens, E. Dirinck, G. Malarvannan, H. Neels, L.V. Gaal, Phthalate metabolites in obese individuals undergoing weight loss: Urinary levels and estimation of the phthalates daily intake, *Environ. Int.* (2013), vol.59, pp.344-353
- [326]. J. Axelsson, L. Rylander, A. Rignell-Hydbom, B.A.G. Jönsson, C.H. Lindh, A. Giwercman, Phthalate exposure and reproductive parameters in young men from the general Swedish population, *Environ. Int.* (2015), vol.85, pp.54-60
- [327]. E.P. Hines, A.M. Calafat, M.J. Silva, P. Mendola, S.E. Fenton, Concentrations of phthalate metabolites in milk, urine, saliva, and Serum of lactating North Carolina women, *Environ. Health Perspect.* (2009), vol.117, no 1, pp.86-92
- [328]. A. Zwoździak, J. Zwoździak, I. Sówka, Ocena jakości powietrza wewnątrz budynku szkolnego. Studium przypadku z Wrocławia, *Medycyna Środowiskowa - Environmental Medicine* (2017), vol. 20, no 3, pp.36-43
- [329]. M. Gaur, K. Bhandari, A. Shukla, Monitoring of total volatile organic compounds and particulate matter in an indoor environment, *Curr. Sci.* (2018), vol.115, no 9, pp.1787-1792
- [330]. V.S. Chithra, S.M. Shiva Nagendra, Impact of outdoor meteorology on indoor PM10, PM2.5 and PM1 concentrations in a naturally ventilated classroom, *Urban Clim.* (2014), vol.10, pp.77-91

## Załącznik 1

**Ocena samopoczucia po przebudzeniu w dni robocze**

Poniższe pytania dotyczą samopoczucia po wybudzeniu **w ciągu ostatniego miesiąca**. Może się Pani z nimi zgodzić albo nie. Używając skali od 1 do 7 proszę wskazać **w jakim stopniu zgadza się Pani z każdym stwierdzeniem** wpisując w pustą kratkę odpowiednią cyfrę. Nie ma odpowiedzi dobrych czy złych. Proszę starać się odpowiadać szczerze. Na te same pytania proszę najpierw odpowiedzieć w odniesieniu do dni roboczych, następnie (na odwrocie) w odniesieniu do dni wolnych od pracy.

Poszczególne punkty skali oznaczają:

- 1- **zupełnie się nie zgadzam**
- 2- nie zgadzam się
- 3- raczej się nie zgadzam
- 4- ani się zgadzam ani się nie zgadzam
- 5- raczej zgadzam się
- 6- zgadzam się
- 7- **całkowicie zgadzam się**

**w dni robocze**

- Rano trudno mi jest wstać z łóżka.
- Po przebudzeniu czuję się pełna energii.
- Budzę się rześka i wypoczęta.
- Po przebudzeniu czuję, że brakuje mi energii.
- Rano wybudzenie się zajmuje mi dużo czasu.
- Po przebudzeniu czuję się pełna życia.
- Rano zawsze czuję niewyspana.
- Po przebudzeniu zawsze od razu wstaję z łóżka.
- W godzinach porannych czuję się ciągle zmęczona.
- Do południa ciągle chce mi się spać.
- Rano czuję się senna.
- Po przebudzeniu ociągam się ze wstaniem z łóżka do ostatniej chwili.

## Załącznik 2

**Ocena samopoczucia po przebudzeniu w dni wolne od pracy**

Poniższe pytania dotyczą samopoczucia po wybudzeniu **w ciągu ostatniego miesiąca**. Może się Pani z nimi zgodzić albo nie. Używając skali od 1 do 7 proszę wskazać **w jakim stopniu zgadza się Pani z każdym stwierdzeniem** wpisując w pustą kratkę odpowiednią cyfrę. Nie ma odpowiedzi dobrych czy złych. Proszę starać się odpowiadać szczerze. Na te same pytania proszę najpierw odpowiedzieć w odniesieniu do dni roboczych, następnie (na odwrocie) w odniesieniu do dni wolnych od pracy.

Poszczególne punkty skali oznaczają:

- 1- **zupełnie się nie zgadzam**
- 2- nie zgadzam się
- 3- raczej się nie zgadzam
- 4- ani się zgadzam ani się nie zgadzam
- 5- raczej zgadzam się
- 6- zgadzam się
- 7- **całkowicie zgadzam się**

**w dni wolne od pracy**

- Rano trudno mi jest wstać z łóżka.
- Po przebudzeniu czuję się pełna energii.
- Budzę się rześka i wypoczęta.
- Po przebudzeniu czuję, że brakuje mi energii.
- Rano wybudzenie się zajmuje mi dużo czasu.
- Po przebudzeniu czuję się pełna życia.
- Rano zawsze czuję niewyspana.
- Po przebudzeniu zawsze od razu wstaję z łóżka.
- W godzinach porannych czuję się ciągle zmęczona.
- Do południa ciągle chce mi się spać.
- Rano czuję się senna.
- Po przebudzeniu ociągam się ze wstaniem z łóżka do ostatniej chwili.



## Załącznik 3

## KWESTIONARIUSZ OSOBOWY

Symbol	
Data urodzenia:	Płeć: K/ M
<b>Jaki rodzaj pracy</b> Pani/ Pan wykonuje (U-umysłowa, F-fizyczna? Inna (opis)	
Czy w pracy jest Pani/ Pan narażona na <b>czynnik szkodliwy dla zdrowia?</b> (np. promieniowanie, czynniki zakaźne, substancje chemiczne), jeśli tak, jakie?	
Rodzaj diety (proszę zaznaczyć odpowiedni):	1. bogata w mięso i tłuszcz 2. wysokowęglowodanowa 3. zróżnicowana 4. wegetariańska 5. inna....
O której godzinie spożywa Pani/ Pan ostatni posiłek w ciągu dnia?	
Czy przyjmuje Pani/Pan jakieś <b>suplementy diety?</b> (jeśli tak to rodzaj, częstotliwość)	
Czy zażywa Pani leki nasenne?	
Czy jest Pani/ Pan <b>aktywna(y) fizycznie?</b> (rodzaj aktywności, częstotliwość i intensywność)	
Jak dużo czasu (średnio w ciągu dnia) spędza Pani/Pan na <b>powietrzu?</b> (wykonywane czynności)	
Czy cierpi Pani/Pan na <b>choroby nerek?</b> Jakież?	
Czy cierpi Pani/Pan na <b>cukrzycę, alergię, nadciśnienie tętnicze lub inne choroby przewlekłe?</b> (wymień)	
Czy w ktoś z <b>członków rodziny</b> chorował/ choruje na <b>choroby przewlekłe?</b> (Jakie?)	
Czy przyjmuje Pani/ Pan <b>leki</b> wydawane na receptę, dostępne bez recepty? (jeśli tak, jakie, częstotliwość?)	
Czy przeszła Pani/ Pan ostatnio antybiotykoterapię? (w jakim czasie?)	
Jakie ma Pani/ Pan samopoczucie?	
Jak się Pani/ Pan czuje zaraz po przebudzeniu?	
Czy przyjmuje Pani/ Pan używki (alkohol, kawa, herbata) i papierosy? W jakich ilościach i częstotliwość. (od kiedy)	
Od kiedy pracuje Pan/Pani na tym oddziale?	
Ile godzin dziennie Pani pracuje?	
Gdzie Pani/ Pan pracował(a) wcześniej?	
Proszę o podanie wzrostu i wagi	
O której godzinie w ciągu ostatniego m-ca zazwyczaj kładła się Pani spać w dni robocze?	
O której godzinie w ciągu ostatniego m-ca zazwyczaj się Pani budziła w dni robocze?	
O której godzinie w ciągu ostatniego m-ca zazwyczaj wstawała Pani z łóżka w dni robocze?	
O której godzinie w ciągu ostatniego m-ca zazwyczaj kładła się Pani spać w dni wolne od pracy?	
O której godzinie w ciągu ostatniego m-ca zazwyczaj budziła się Pani w dni wolne od pracy?	
O której godzinie w ciągu ostatniego m-ca zazwyczaj wstawała Pani z łóżka w dni wolne od pracy?	
Po ilu godzinach snu czuje się Pani wypoczęta i może się Pani łatwo wybudzić?	
Czy po przebudzeniu czuje się Pani niewypoczęta i śpiąca?	
Po jakim czasie (od momentu przebudzenia się) jest Pan(i) w pełni wybudzona/y rano? (np.: 5, 10, 30 min?)	
Czy rano w dni robocze budzi się Pani sama, czy też budzi Panią budzik/inna osoba?	

Załącznik 4

**ŚWIADOMA ZGODA BADANEGO**

Szanowni Państwo,

Jestem doktorantką Zakładu Toksykologii Środowiska Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego. W ramach rozprawy doktorskiej prowadzę badania na temat czynników chemicznych w środowisku pracy pielęgniarki. W związku z powyższym, zwracam się do Państwa z prośbą o wyrażanie zgody na udział w badaniach. Będą one polegały na pobraniu moczu i próbki krwi żyłnej do analizy jakościowej i ilościowej biomarków funkcjonowania układu odpornościowego i narażenia na cytostatyki. Po dokonanej analizie wyniki zostaną Państwu przekazane w formie papierowej. Prócz tego zostaną Państwo również poproszeni o wypełnienie dwóch autorskich ankiet. Państwa dane osobowe zostaną wykorzystane jedynie dla potrzeb niniejszych badań. Pragnę zapewnić, iż badanie jest dobrowolne, natomiast wyniki uzyskane w toku badań posłużą jedynie do celów opracowania naukowego.

Dziękuję za wyrażenie zgody na udział w badaniach

Joanna Ratajczyk

**Formularz zgody pacjenta/pielęgniarki na udział w badaniu**

Imię i nazwisko:	
Wyrażam zgodę na udział w badaniu i wykorzystanie wyników badania moczu, krwi, informacji udzielonych podczas wywiadu oraz w kwestionariuszach do celów naukowych.	data podpis.....
Dane do kontaktu (tel.; e-mail)	
Symbol	

## Załącznik 5

Tabela 35. Wykaz zidentyfikowanych substancji w powietrzu wewnętrznym wraz z podaniem ich: czasów retencji ( $t_R$ ), stężeń średnich (c), stężeń minimalnych (min), stężeń maksymalnych (max), częstości występowania w analizowanych próbkach oraz średnich sumarycznych stężeń substancji w danej grupie (suma) oraz średniej częstości występowania (średnia) w badanych pomieszczeniach

NAZWA SUBSTANCJI	$t_R$ [min]	c [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	MIN [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	MAX [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	CZĘSTOŚĆ WYSTĘPOWANIA [%]
<b>1) alkany:</b>					
<b>a) prostołańcuchowe (n-alkany)</b>					
n-heptan	3,49	1,39	<LOQ	19,32	50
n-nonan	8,42	2,88	<LOQ	77,17	63
n-dekan	10,58	4,25	0,108	85,86	100
n- undekan	12,69	1,10	<LOQ	13,95	62
n-dodekan	15,05	2,43	<LOQ	9,80	98
n-tridekan	16,91	0,66	<LOQ	7,38	63
n-tetradekan	19,23	1,65	0,037	10,17	100
n-pentadekan	20,59	0,83	0,012	9,26	100
n-heksadekan	23,03	0,85	0,018	6,63	100
n-heptadekan	24,82	0,23	<LOQ	1,85	92
n-oktadekan	26,35	0,08	<LOQ	1,60	63
n-nonadekan	28,50	0,59	<LOQ	16,32	37
n-eikozan	30,64	1,22	<LOQ	34,01	28
n-heneikozan	32,87	0,46	<LOQ	10,51	15
n-dokozan	34,88	1,28	<LOQ	75,81	10
n-trikozan	37,11	0,26	<LOQ	4,09	18
suma	-	20,14	-	-	-
średnia	-	-	-	-	63
<b>b) izomery n-alkanów</b>					
3-metyloheksan	3,40	0,16	<LOQ	4,35	7
2,4-dimetyloheksan	5,94	0,10	<LOQ	2,98	7
2,3-dimetyloheksan	6,30	0,10	<LOQ	6,03	13
2-metyloheptan	6,65	0,88	<LOQ	19,75	10
3-metyloheptan	6,69	0,03	<LOQ	0,64	7
2,5-dimetyloheptan	6,78	0,04	<LOQ	1,87	5
2,3,4-trimetyloheksan	6,88	0,07	<LOQ	0,61	42
2,3-dimetyloheptan	7,30	0,07	<LOQ	6,44	5
3-etylo-2-metyloheksan	8,46	0,05	<LOQ	0,40	22
4,4-dimetyloheptan	8,49	0,23	<LOQ	4,23	27
2-metylooktan	8,75	0,34	<LOQ	5,03	15
3-metylooktan	9,13	0,04	<LOQ	0,44	15
2,5-dimetylooktan	9,32	0,41	<LOQ	6,42	43
2,2,4-trimetyloheptan	9,53	0,05	<LOQ	0,70	15
4-etyloheptan	9,70	0,03	<LOQ	1,46	5
4-metylooktan	9,95	0,26	<LOQ	0,84	62
3,5-dimetylooktan	10,08	0,24	<LOQ	1,29	68
2-metylononan	10,13	0,12	<LOQ	26,91	5
6,6-dimetylundekan	10,21	0,08	<LOQ	1,89	13
3-etylooktan	10,23	0,04	<LOQ	0,97	7
2,2,4,6,6-pentametyloheptan	10,56	2,70	<LOQ	17,65	80
2,2,3,3-tetrametyloheksan	10,57	0,02	<LOQ	0,46	3
2,5,5-trimetyloheptan	11,18	0,06	<LOQ	1,23	12
3,4,5-trimetyloheptan	11,26	0,09	<LOQ	1,50	32

## ZAŁĄCZNIK 5

3-metylononan	11,28	0,16	<LOQ	1,18	20
2,6-dimetylononan	11,43	0,26	<LOQ	1,71	67
2,2,4,4-tetrametylooktan	11,59	0,03	<LOQ	2,61	5
3,7-dimetylononan	11,66	0,28	<LOQ	0,87	62
4-metylononan	11,80	0,17	<LOQ	1,29	23
3-etyloheptan	12,06	0,05	<LOQ	1,29	8
4,6-dimetylodekan	12,07	0,11	<LOQ	0,85	42
5-etylo-2-metyloheptan	12,07	0,05	<LOQ	0,61	20
2,9-dimetylodekan	12,16	0,19	<LOQ	0,63	70
5-etyloundekan	12,26	0,23	<LOQ	5,78	43
2,7-dimetyloundekan	12,39	0,05	<LOQ	0,61	17
2,6,6-trimetylooktan	12,49	0,03	<LOQ	0,61	15
5,6-dimetyloundekan	13,21	0,13	<LOQ	1,30	33
3-etyloundekan	13,24	0,09	<LOQ	4,15	18
2,2,3-trimetylononan	13,38	0,11	<LOQ	0,87	35
5-metylononan	13,48	0,36	<LOQ	3,78	43
5-etylo-2-metylooktan	13,64	0,06	<LOQ	0,71	40
2,5-dimetylododekan	14,28	1,52	<LOQ	61,68	43
5-propylononan	14,28	0,07	<LOQ	1,57	17
2-metylodekan	15,00	0,65	<LOQ	3,03	48
6-etylo-2-metylodekan	15,73	0,06	<LOQ	0,82	20
3-metylodekan	16,58	1,24	<LOQ	8,09	80
6-propyloundekan	16,60	0,03	<LOQ	0,36	10
5-metylo-4-propylononan	16,78	0,52	<LOQ	2,69	75
2,6,10-trimetyloundekan	17,27	0,25	<LOQ	1,03	60
5-butylononan	17,41	0,74	<LOQ	3,28	88
5-etylo-6-metyloundekan	17,56	0,17	<LOQ	1,25	33
4,8-dimetylotridekan	17,98	0,08	<LOQ	2,79	20
2-metyloundekan	18,02	1,09	<LOQ	42,52	33
2,4,6,8-tetrametylononan	18,31	0,02	<LOQ	0,48	2
6-etylo-6-metyloundekan	18,68	0,04	<LOQ	0,35	20
3-metyloundekan	19,54	0,08	<LOQ	1,15	17
5-metyloundekan	19,70	0,10	<LOQ	1,17	8
6-metyloundekan	20,08	0,08	<LOQ	2,74	7
5-butylodekan	20,22	0,08	<LOQ	0,70	30
4,5-dietylooktan	20,30	0,06	<LOQ	4,85	7
5-butyloundekan	20,70	0,05	<LOQ	0,58	10
3-etylo-5-propylononan	20,73	0,05	<LOQ	0,61	27
2,5-dimetylotetradekan	20,81	0,18	<LOQ	1,54	33
2,6-dimetylopentadekan	21,06	0,19	<LOQ	0,74	70
2-metylododekan	21,26	0,09	<LOQ	0,58	23
2,6,10,14-tetrametylopentadekan	22,53	0,76	<LOQ	1,93	60
4-etylotetradekan	22,56	0,07	<LOQ	1,37	15
2-metylotridekan	23,10	0,36	<LOQ	14,09	18
3-metylotridekan	23,11	0,56	<LOQ	24,10	23
4-metylotridekan	23,12	0,05	<LOQ	1,10	10
2,6,10,14-tetrametyloheksadekan	23,54	0,08	<LOQ	0,16	72
2-metylotetradekan	24,56	0,17	<LOQ	2,37	22
4-metylotetradekan	26,12	1,47	<LOQ	17,65	43
2-metylopentadekan	27,41	0,06	<LOQ	2,68	2
2-metyloheksadekan	28,83	0,03	<LOQ	0,81	2
2-metyloheptadekan	29,77	0,06	<LOQ	12,14	3

## ZAŁĄCZNIK 5

2-metylooktadekan	30,70	0,12	<LOQ	11,34	8
2-metylononadekan	31,53	0,03	<LOQ	6,77	3
2-metyloeikozan	32,97	0,02	<LOQ	0,38	2
2-metyloheneikozan	33,46	0,03	<LOQ	0,65	2
suma	-	19,84	-	-	-
średnia	-	-	-	-	27
<b>2) alkeny</b>					
1-okten	5,65	0,14	<LOQ	2,74	17
2,4-dimetylo-1-hepten	6,91	0,13	<LOQ	0,88	43
1-nonen	7,51	0,03	<LOQ	0,73	3
1-dodeken	14,90	0,23	<LOQ	7,33	20
1-tetradeken	18,49	0,05	<LOQ	0,47	20
1-pentadeken	18,57	0,06	<LOQ	2,75	8
1-heksadeken	20,79	0,04	<LOQ	0,64	10
2,5-dimetylo-2-undeken	22,79	0,11	<LOQ	3,69	8
1-oktadeken	23,53	0,02	<LOQ	0,18	7
1-nonadeken	26,47	0,02	<LOQ	0,06	3
suma	-	0,82	-	-	-
średnia	-	-	-	-	14
<b>3) alkiny</b>					
1-nonyn	13,68	0,07	<LOQ	1,51	13
5-dekin	14,25	0,05	<LOQ	0,60	10
1-oktadekin	29,19	0,15	<LOQ	7,90	2
suma	-	0,27	-	-	-
średnia	-	-	-	-	8
<b>4) węglowodory cykliczne</b>					
cyklopentan	1,94	0,03	<LOQ	1,16	2
1,3,5-trimetylocykloheksan	7,17	0,17	<LOQ	4,64	17
metylocyklopentan	7,67	0,06	<LOQ	2,63	2
1,2,4-trimetylocykloheksan	7,85	0,14	<LOQ	4,61	13
propylocykloheksan	9,13	1,02	<LOQ	29,84	38
butylocykloheksan	11,51	0,59	<LOQ	23,95	13
pentylocykloheksan	13,77	0,19	<LOQ	2,75	37
cyklododekan	14,76	0,06	<LOQ	1,12	10
cyklotetradekan	18,63	0,07	<LOQ	0,72	18
cykloheptadekan	20,67	0,41	<LOQ	22,62	7
nonylocykloheksan	20,83	0,05	<LOQ	0,35	30
4-cykloheksylotridekan	20,93	0,19	<LOQ	1,33	38
3-cykloheksylo-dodekan	22,50	0,16	<LOQ	1,17	43
suma	-	3,13	0,52	31,17	-
średnia	-	-	-	-	21
<b>5) węglowodory aromatyczne</b>					
benzen	2,89	1,33	<LOQ	4,42	55
toluen	4,98	5,25	0,67	117,72	100
o-ksylen	7,48	3,59	0,10	48,72	100
m, p-ksylen	7,73	2,43	<LOQ	62,12	37
fenyloacetylen	7,79	0,03	<LOQ	0,21	20
styren	8,15	0,28	<LOQ	6,74	40
etylobenzen	8,19	1,95	<LOQ	27,81	38
propylobenzen	9,69	0,27	<LOQ	2,29	70
1-etylo-2-metylobenzen	9,90	0,46	<LOQ	4,12	40
1,3,5-trimetylobenzen	10,25	0,76	<LOQ	7,87	80

## ZAŁĄCZNIK 5

2-fenylopropen	10,37	0,02	<LOQ	0,21	7
1,2,4-trimetylobenzen	10,43	0,77	<LOQ	10,64	97
1,2,3-trimetylobenzen	11,29	0,46	<LOQ	2,83	63
1,2,5-trimetylobenzen	11,38	0,14	<LOQ	2,58	12
1,3-dietylobenzen	11,66	0,38	<LOQ	7,60	18
1-metylo-3-propylobenzen	11,95	0,21	<LOQ	4,49	27
2,3-dietylobenzen	12,06	0,26	<LOQ	7,25	8
1-etylo-2,3-dimetylobenzen	12,63	0,19	<LOQ	2,40	42
butylobenzen	13,36	0,06	<LOQ	0,94	7
1,2,4,5-tetrametylobenzen	13,44	0,11	<LOQ	1,80	30
1,3-di-tert-butylobenzen	16,14	0,10	<LOQ	1,63	17
5-fenyloundekan	21,84	0,18	<LOQ	1,81	57
5-fenylodekan	22,85	0,06	<LOQ	0,57	28
3-fenylo-dodekan	23,23	0,15	<LOQ	1,17	62
2-fenylo-dodekan	23,60	0,13	<LOQ	1,97	52
suma	-	21,70	-	-	-
średnia	-	-	-	-	44
<b>6) wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA)</b>					
naftalen	14,83	0,98	<LOQ	6,71	72
1-metylnaftalen	17,25	0,06	<LOQ	0,62	15
bifenył	18,47	0,02	<LOQ	0,20	12
2,3-dimetylnaftalen	19,18	0,05	<LOQ	0,29	27
acenaften	20,10	0,03	<LOQ	0,32	7
dibenzofuran	20,58	0,07	<LOQ	1,01	13
1,3-di-izo-propylnaftalen	22,54	0,19	<LOQ	2,30	43
1,7-di-izo-propylnaftalen	22,86	0,33	<LOQ	3,17	48
antracen	23,62	0,06	<LOQ	2,12	3
piren	26,62	0,03	<LOQ	0,73	2
suma	-	1,82	-	-	-
średnia	-	-	-	-	24
<b>7) kwasy karboksylowe</b>					
kw. etanowy	2,17	0,83	<LOQ	8,73	28
kw. propanowy	3,62	0,08	<LOQ	1,26	23
kw. 2-metylopropanowy	4,92	0,04	<LOQ	0,51	12
kw. 2,2-dimetylopropanowy	6,03	0,06	<LOQ	1,53	5
kw. 2-etyloheksanowy	13,45	0,59	<LOQ	2,13	77
kw. benzoowy	14,48	1,17	<LOQ	14,11	33
kw. ftalowy	17,30	0,06	<LOQ	0,96	7
kw. 2-benzylksybenzoowy	24,36	0,06	<LOQ	0,91	22
suma	-	2,90	-	-	-
średnia	-	-	-	-	26
<b>8) kwasy tłuszczowe</b>					
kw. butanowy	5,62	0,09	<LOQ	0,84	30
kw. heksanowy	10,49	0,46	<LOQ	5,03	32
kw. heptanowy	12,58	0,16	<LOQ	1,36	28
kw. oktanowy	14,50	0,65	<LOQ	4,17	37
kw. nonanowy	16,35	0,55	<LOQ	2,74	57
kw. dekanowy	18,13	0,17	<LOQ	2,09	33
kw. dodekanowy	20,95	0,09	<LOQ	1,98	12
kw. tridekanowy	22,34	0,15	<LOQ	8,24	2
kw. tetradekanowy	23,52	0,39	<LOQ	5,38	30
kw. (Z)-9-heksadekenowy	24,74	0,17	<LOQ	3,73	15

## ZAŁĄCZNIK 5

kwas pentadekanowy	24,84	2,07	<LOQ	32,68	53
kwas heksadekanowy	25,56	0,36	<LOQ	24,57	17
kwas (Z)-9-oktadekanowy	26,33	0,54	<LOQ	12,71	27
kwas heptadekanowy	26,49	0,75	<LOQ	11,69	60
kwas oktadekanowy	27,82	0,02	<LOQ	0,28	3
suma	-	6,63	-	-	-
średnia	-	-	-	-	29
<b>9) alkohole:</b>					
<b>a) alifatyczne</b>					
metanol	1,54	0,57	<LOQ	9,39	55
etanol	1,93	25,77	<LOQ	185,90	93
1-propanol	2,33	25,77	<LOQ	185,90	93
1-butanol	2,92	2,14	<LOQ	15,42	88
1-pentanol	5,14	0,47	<LOQ	3,49	75
1-heksanol	7,75	0,09	<LOQ	1,06	28
1-heptanol	11,30	0,09	<LOQ	1,37	18
1-oktanol	12,86	0,81	<LOQ	9,55	60
1-nonanol	14,24	1,57	<LOQ	12,34	62
1-dekanol	16,49	0,46	<LOQ	3,74	67
1-undekanol	19,09	0,04	<LOQ	1,06	13
1-dodekanol	20,16	1,01	<LOQ	9,81	80
1-tridekanol	22,35	0,80	<LOQ	5,45	37
1-tetradekanol	24,31	0,54	<LOQ	7,89	58
1-pentadekanol	25,96	0,35	<LOQ	6,68	47
1-heksadekanol	27,53	0,04	<LOQ	0,80	12
1-oktadekanol	31,68	0,04	<LOQ	1,52	2
1-eikozanol	37,69	0,02	<LOQ	0,21	2
2-propanol	1,73	32,24	<LOQ	197,60	87
2-metylo-1-propanol	2,54	0,14	<LOQ	2,47	20
3-metylo-1-butanol	4,43	0,07	<LOQ	0,33	32
2-heptanol	5,75	0,02	<LOQ	0,59	5
2,2-dimetyloheksanol	11,35	0,51	<LOQ	26,04	7
2-etyloheksanol	11,48	0,22	<LOQ	0,66	67
2-nonen-1-ol	12,33	0,26	<LOQ	25,57	8
2-metylo-7-okten-2-ol	12,42	0,61	<LOQ	2,11	88
2-metylooktanol	12,64	0,16	<LOQ	3,86	15
2,2-dimetylo-1-oktanol	12,98	2,06	0,13	13,90	100
3,7-dimetylo-3-oktanol	13,54	0,80	<LOQ	7,49	43
2-etylo-1-heptanol	13,84	0,21	<LOQ	2,51	20
2-decen-1-ol	14,56	0,34	<LOQ	4,10	20
2-propylo-1-heptanol	15,34	0,06	<LOQ	2,31	5
2-izopropylo-5-metyloheksan-1-ol	15,35	0,66	<LOQ	4,30	40
2-etylooktanol	15,40	0,10	<LOQ	1,62	13
2-propylooktanol	16,42	0,04	<LOQ	0,34	22
5,9-dimetylo-1-dekanol	18,79	0,06	<LOQ	1,28	15
2-metylododekanol	19,55	0,14	<LOQ	3,28	17
2-etylo-1-dekanol	20,36	0,09	<LOQ	1,18	23
2-propylo-1-dekanol	21,80	0,23	<LOQ	0,81	48
3-tridekanol	22,96	0,15	<LOQ	1,34	20
2,4-dietylo-1-heptanol	23,08	0,09	<LOQ	0,89	8
2-etylo-2-propyloheksanol	23,21	0,03	<LOQ	1,17	5
3-metylotridekanol	23,29	0,04	<LOQ	1,17	7

## ZAŁĄCZNIK 5

suma	-	99,90	-	-	-
średnia	-	-	-	-	38
<b>b) cykliczne</b>					
1-etylo-4-metylocykloheksanol	8,37	0,57	<LOQ	21,57	38
cyklodekanol	20,29	0,02	<LOQ	0,06	2
cyklododekanol	22,60	0,02	<LOQ	0,12	2
suma	-	0,60	-	-	-
średnia	-	-	-	-	14
<b>c) diole</b>					
1,3-butanodiol	7,78	0,32	<LOQ	18,70	12
2,3-pinanediol	16,28	0,14	<LOQ	2,08	18
suma	-	0,45	-	-	-
średnia	-	-	-	-	15
<b>d) fenole</b>					
fenol	10,34	0,58	<LOQ	4,20	35
fenylometanol	11,60	2,01	<LOQ	16,69	68
m-krezol	12,59	0,11	<LOQ	2,58	5
1-fenylloetanol	12,73	0,11	<LOQ	1,42	20
2-fenylloetanol	13,32	0,49	<LOQ	7,76	48
3,5-di-tert-butylofenol	20,35	0,04	<LOQ	0,50	13
2,4-di-tert-butylofenol	20,36	0,02	<LOQ	0,33	3
2-fenyllofenol	20,50	1,01	<LOQ	13,22	48
suma	-	4,35	-	-	-
suma a) b) c) d)	-	105,30	-	-	-
średnia	-	-	-	-	30
średnia a) b) c) d)	-	-	-	-	24
<b>10) aldehydy</b>					
metanal	1,09	0,30	0,05	2,87	100
3-metylobutanal	3,50	0,51	<LOQ	5,04	47
furfural	6,69	0,16	<LOQ	0,86	40
pentanal	7,05	2,86	<LOQ	20,80	97
heksanal	7,09	0,58	<LOQ	6,75	52
heptanal	8,45	0,89	<LOQ	3,63	90
2-etyloheksanal	9,72	0,09	<LOQ	0,65	33
benzaldehyd	9,87	2,03	<LOQ	8,20	92
oktanal	10,87	2,24	0,18	11,71	100
fenylloetanal	11,81	0,06	<LOQ	1,51	23
2-oktenal	11,97	0,02	<LOQ	0,30	3
4-nonenal	12,88	0,14	<LOQ	1,06	27
nonanal	12,98	7,56	0,05	43,75	100
izocyklocytral	13,31	0,02	<LOQ	0,11	2
2-nonenal	14,26	0,27	<LOQ	1,41	48
dekanal	15,17	5,84	1,02	34,25	100
oktadek-1-en-3-al	15,94	0,19	<LOQ	2,22	20
2-dekanal	16,25	0,04	<LOQ	0,41	13
undekanal	17,07	0,75	<LOQ	3,62	87
piperalonal	17,71	0,04	<LOQ	0,74	13
dodekanal	18,86	1,32	<LOQ	4,82	95
tridekanal	20,32	0,10	<LOQ	1,15	27
lilial	20,60	0,81	<LOQ	6,04	90
tetradekanal	21,55	0,15	<LOQ	1,65	58
pentadekanal	22,61	0,03	<LOQ	0,61	3



## ZAŁĄCZNIK 5

3,5-di-tert-butylo-4-hydroksybenzaldehyd	23,25	0,02	<LOQ	0,11	3
heksadekanal	24,03	0,03	<LOQ	0,79	3
oktadekanal	26,77	0,02	<LOQ	0,11	3
4-heptadekanal	26,78	0,04	<LOQ	1,24	2
nonadekanal	29,13	0,02	<LOQ	0,47	2
suma	-	27,09	-	-	-
średnia	-	-	-	-	46
<b>11) ketony</b>					
propanon	1,66	0,21	<LOQ	2,76	12
2-butanon	2,17	8,02	<LOQ	70,64	75
3-metylo-2-butanon	2,91	0,54	<LOQ	7,55	27
hydroksyaceton	3,00	0,02	<LOQ	0,27	2
2-pentanon	3,37	0,09	<LOQ	0,88	27
3-hydroksybutanon	3,79	0,36	<LOQ	1,88	67
2-heksanon	7,40	0,10	<LOQ	4,14	13
3-heptanon	8,08	0,46	<LOQ	5,25	77
cykloheksanon	8,21	3,17	<LOQ	27,95	57
5-metylo-3-heptanon	9,41	0,41	<LOQ	9,76	32
6-metylo-3-heptanon	9,45	0,52	<LOQ	8,36	32
6-metylo-5-hepten-2-on	10,47	1,38	<LOQ	9,34	60
acetofenon	12,30	0,79	<LOQ	3,45	95
2-nonanon	12,83	0,05	<LOQ	0,42	20
2-dekanon	14,89	0,04	<LOQ	1,47	5
2-hydroksy-2-metylopropiofenon	16,67	0,09	<LOQ	0,74	28
2-dodekanon	18,61	0,02	<LOQ	0,08	12
6,10-dimetylo-5,9-undekadien-2-on	19,50	0,65	<LOQ	4,05	68
1-(4-tert-butylofenylo)propan-2-on	19,52	0,15	<LOQ	1,29	42
2,5-dibutylobenzochinon	19,77	0,10	<LOQ	0,85	25
benzofenon	21,89	0,32	<LOQ	2,88	50
2-hydroksycyklopentadekanon	24,05	0,57	<LOQ	10,86	80
wersalid	24,15	0,41	<LOQ	2,88	53
2,5-difenylo-p-benzochinon	28,48	3,63	<LOQ	69,77	65
16-hentriakontanon	30,52	0,77	<LOQ	28,27	10
suma	-	22,84	-	-	-
średnia	-	-	-	-	41
<b>12) estry</b>					
mleczan metylu	1,69	0,37	<LOQ	12,64	5
octan etylu	2,33	2,12	<LOQ	17,39	90
mrówczan butylu	2,98	0,24	<LOQ	5,43	13
metakrylan metylu	3,79	0,08	<LOQ	3,11	8
octan propylu	3,89	0,03	<LOQ	0,29	7
maślan metylu	4,06	0,09	<LOQ	0,51	40
mleczan izopropylu	4,86	0,04	<LOQ	1,41	2
octan butylu	5,30	0,49	<LOQ	13,90	47
pirogronian metylu	5,67	0,02	<LOQ	0,20	2
maślan etylu	5,98	0,17	<LOQ	6,18	17
propionian propylu	6,19	0,70	<LOQ	12,91	50
octan izobutylu	6,29	2,96	<LOQ	123,29	98
octan 2-pentanylu	7,19	0,28	<LOQ	4,78	43
octan 1-metoksy-2-propylu	7,77	0,09	<LOQ	1,44	28
octan pentylu	7,81	0,02	<LOQ	0,23	5
octan izoamylu	7,87	0,79	<LOQ	17,89	75

## ZAŁĄCZNIK 5

octan 2-metylobutyłu	7,91	0,05	<LOQ	0,57	13
propionian butyłu	8,67	0,02	<LOQ	0,15	7
maślan butyłu	10,71	0,16	<LOQ	2,11	35
octan heptyłu	11,11	0,27	<LOQ	3,38	40
heksanian etyłu	11,45	0,06	<LOQ	2,11	7
benzoesan metyłu	12,93	0,10	<LOQ	1,38	30
mrówczan lilianu	13,01	0,91	<LOQ	19,05	28
oktanian metyłu	13,43	0,07	<LOQ	1,07	13
octan 2-etyloheksyłu	14,04	0,13	<LOQ	0,45	62
octan benzylu	14,35	0,58	<LOQ	5,39	65
heksanian butyłu	14,87	0,02	<LOQ	0,17	3
oktanian etyłu	14,96	0,07	<LOQ	2,16	5
maślan tridecyłu	15,33	0,37	<LOQ	4,34	28
1,3-dimetylobutylo maślan	15,40	0,57	<LOQ	7,04	38
octan linalilu	16,06	0,51	<LOQ	4,76	35
octan izobornylu	16,79	0,19	<LOQ	3,35	50
octan 2-tert-butylocykloheksyłu	17,13	0,22	<LOQ	1,40	42
octan 4-butylocykloheksyłu	17,29	0,74	<LOQ	7,67	85
dekanian metyłu	17,36	0,04	<LOQ	1,31	3
diocan 1,2-glicerolu	17,77	0,22	<LOQ	2,26	62
trioctan gliceryny	17,77	0,28	<LOQ	3,48	52
diizomaślan 2,2,4-trimetylo-1,3-pentanodiolu	17,92	0,06	<LOQ	0,96	8
octan 2-(2-butoksyetoksy)etyłu	18,11	0,35	<LOQ	1,91	52
octan geranyłu	18,20	0,07	<LOQ	1,01	18
teksanol	18,33	1,13	<LOQ	8,07	92
dekanian etyłu	18,49	0,03	<LOQ	0,62	10
oktanian propylu	18,60	0,02	<LOQ	0,07	3
octan 2-fenoksyetyłu	18,71	0,04	<LOQ	0,63	8
heksanian heksyłu	18,74	0,05	<LOQ	0,22	15
maleinian dibutyłu	20,62	0,07	<LOQ	1,48	18
salicylan metyłu	21,03	0,71	<LOQ	7,07	38
glutaran diizobutyłu	21,10	0,02	<LOQ	0,42	3
salicylan pentylu	21,24	0,15	<LOQ	1,29	62
dihydrojasmonian metyłu	22,05	2,70	0,22	9,12	100
heksanian heptyłu	22,17	0,03	<LOQ	0,92	2
salicylan heksyłu	22,36	1,29	<LOQ	4,91	63
2-metylopropionian nonylu	22,46	0,99	<LOQ	7,27	35
oktanian 2-etyloheksyłu	22,57	1,28	<LOQ	49,56	32
mirystynian izopropylu	22,70	4,14	0,09	40,25	100
tridekanian metyłu	22,79	0,04	<LOQ	1,26	2
propionian nonylu	22,99	0,05	<LOQ	1,50	7
adypinian dibutyłu	23,12	0,08	<LOQ	1,27	12
nonanonian nonylu	23,18	0,09	<LOQ	3,49	15
oktanian oktyłu	23,24	0,06	<LOQ	1,01	17
salicylan 2-etyloheksyłu	23,61	0,33	<LOQ	1,83	72
benzoesan nonylu	23,77	0,08	<LOQ	1,43	15
ester pentadecylowy kwasu 4-chloromasłowego	23,87	0,13	<LOQ	2,29	33
homosalat	24,39	0,09	<LOQ	1,49	18
benzoesan 2-decyłu	24,45	0,21	<LOQ	5,39	23
palmitynian metyłu	24,60	0,66	<LOQ	8,84	87
laurynian butyłu	25,01	0,07	<LOQ	2,71	13
oleopalmitynian metyłu	25,02	0,04	<LOQ	1,68	2

## ZAŁĄCZNIK 5

palmitynian askorbylu	25,11	0,53	<LOQ	18,74	18
6-oktadekenian metylu	25,25	0,02	<LOQ	0,19	5
octan oktadecylu	25,38	0,06	<LOQ	1,12	15
palmitynian etylu	25,41	1,21	<LOQ	12,69	98
mosylan etylenu	25,55	0,17	<LOQ	0,73	80
heksanian oktylu	25,79	0,02	<LOQ	0,31	3
palmitynian propylu	25,88	0,02	<LOQ	0,47	2
oleinian metylu	26,02	0,25	<LOQ	12,10	8
stearynian metylu	26,23	0,11	<LOQ	2,60	38
izostearynian metylu	26,34	0,03	<LOQ	0,82	3
adypinian bis(2-etyloheksylu)	26,43	0,03	<LOQ	0,18	15
palmitynian izopropylu	26,55	0,22	<LOQ	13,43	3
oktanian dodecylu	26,58	0,08	<LOQ	0,72	25
octan nonadecylu	26,88	0,22	<LOQ	11,48	12
benzoesan dodecylu	26,95	0,04	<LOQ	0,69	12
acetylocytrynian tributylu	27,18	0,02	<LOQ	0,03	2
metoksycynamonian oktylu	27,43	0,23	<LOQ	2,35	63
oleopalmitynian propylu	27,63	0,09	<LOQ	5,76	2
eter monododecylowy glikolu trietylenowego	27,63	0,13	<LOQ	8,92	3
benzoesan tridecylu	27,67	0,07	<LOQ	0,87	20
oktanian tetradecylu	27,96	0,02	<LOQ	0,17	5
dekanian decylu	27,96	0,02	<LOQ	0,07	3
adypinian dietyloheksylu	28,15	0,18	<LOQ	2,89	37
propionian 2-oktylododecylu	28,18	0,02	<LOQ	0,08	5
oleopalmitynian butylu	28,39	0,97	<LOQ	30,90	10
di(2-etyloheksanian) glikolu trietylenowego	28,89	0,09	<LOQ	3,41	3
octan dokozylu	29,18	0,22	<LOQ	12,30	2
benzoesan pentadecylu	29,21	0,05	<LOQ	0,95	8
oleopalmitynian pentylu	29,40	1,21	<LOQ	25,33	15
oktanian heptadecylu	29,79	0,06	<LOQ	0,73	8
palmitynian heptylu	30,22	0,51	<LOQ	13,64	12
oktokrylen	30,49	0,06	<LOQ	1,22	8
stearynian oktylu	30,66	0,53	<LOQ	11,50	55
dekanian heksadecylu	31,36	0,02	<LOQ	0,26	2
oleopalmitynian oktylu	31,50	0,67	<LOQ	38,09	8
oktanian oktadecylu	31,77	0,02	<LOQ	0,28	2
oleopalmitynian decylu	32,41	0,47	<LOQ	15,71	8
oleopalmitynian dodecylu	33,24	0,17	<LOQ	3,84	5
palmitynian decylu	33,90	0,35	<LOQ	8,98	17
dekanian oktadecylu	34,71	0,02	<LOQ	0,05	2
oleopalmitynian tetradecylu	34,85	0,21	<LOQ	3,98	5
octan oktakozylu	35,28	0,08	<LOQ	3,66	2
octan nonakozylu	36,65	0,02	<LOQ	0,59	2
trikaprylan	37,26	1,21	<LOQ	43,94	10
palmitynian tridecylu	37,68	0,03	<LOQ	1,01	2
octan chondrilasterolu	37,73	0,43	<LOQ	21,06	12
palmitynian tetradecylu	38,29	0,11	<LOQ	1,34	12
oleopalmitynian eikozanu	38,59	2,08	<LOQ	46,31	35
palmitynian pentadecylu	39,13	0,16	<LOQ	5,21	8
mirystynian izobutylu	39,15	0,41	<LOQ	24,41	7
octan tokoferylu	39,27	0,02	<LOQ	0,25	2
suma	-	43,01	-	-	-

## ZAŁĄCZNIK 5

średnia	-	-	-	-	25
<b>13) etery</b>					
tetrahydrofuran	3,08	1,69	<LOQ	21,42	43
1,4-dioksan	3,78	0,06	<LOQ	2,72	2
2,2-dimetoksybutan	4,85	0,22	<LOQ	1,51	53
2-metoksyetanol	5,65	0,02	<LOQ	1,19	3
1-propoksy-2-propanol	6,98	0,18	<LOQ	2,34	23
2-butoksyetanol	8,57	1,97	<LOQ	49,66	87
1-butoksy-2-propanol	9,41	0,40	<LOQ	5,18	32
2-etoksyetanol	10,92	0,64	<LOQ	12,69	28
1-(2-metoksy-1-metyloetoksy)propan-2-ol	10,96	0,87	<LOQ	6,06	60
izobutoksy-2-propanol	11,03	0,42	<LOQ	6,56	48
1-etoksyoktan	11,51	0,15	<LOQ	6,38	12
octan 2-butoksyetylu	12,79	0,10	<LOQ	1,53	28
2-(2-butoksyetoksy)etanol	14,74	0,68	<LOQ	5,15	32
1-(2-butoksyetoksy)etanol	14,86	1,45	<LOQ	13,95	70
2-fenoksyetanol	15,49	5,27	<LOQ	33,16	92
1-(2-butoksy-1-metyloetoksy)propan-2-ol	15,90	0,35	<LOQ	2,49	63
fenoksy-2-propanol	15,96	0,17	<LOQ	1,52	23
eter didecytowy	16,29	0,10	<LOQ	1,18	23
1,2-epoksyheksadekan	16,56	0,24	<LOQ	2,25	38
anetol	16,79	0,08	<LOQ	1,08	15
eter difenyłowy	18,86	0,09	<LOQ	0,88	32
eter dioktanowy	22,10	1,99	<LOQ	12,64	98
1,2-epoksyoktadekan	23,91	0,08	<LOQ	0,64	27
suma	-	17,20	-	-	-
średnia	-	-	-	-	41
<b>14) terpeny i terpenoidy</b>					
$\alpha$ -pinen	9,22	2,05	<LOQ	7,67	98
kamfen	9,57	0,08	<LOQ	0,87	40
$\alpha$ -felandren	10,15	0,02	<LOQ	0,05	2
$\beta$ -felandren	10,17	0,41	<LOQ	18,33	47
$\beta$ -pinen	10,23	1,32	<LOQ	41,94	90
$\beta$ -myrcen	10,58	0,48	<LOQ	23,39	12
2-karen	10,72	0,58	<LOQ	8,86	13
$\beta$ -ocymen	11,01	0,04	<LOQ	0,96	3
3-karen	11,01	1,88	<LOQ	11,73	95
p-cymen	11,18	0,17	<LOQ	2,20	17
4-karen	11,19	0,04	<LOQ	1,44	2
o-cymen	11,36	1,34	<LOQ	25,91	75
D-limonen	11,47	18,78	<LOQ	321,91	62
eukaliptol	11,53	0,62	<LOQ	13,45	30
$\beta$ -kurkumen	12,12	0,02	<LOQ	0,57	2
$\gamma$ -terpinen	12,13	1,07	<LOQ	54,15	42
fenchon	12,79	0,03	<LOQ	0,73	3
lawandulol	13,61	0,04	<LOQ	0,71	5
kamfora	14,01	0,20	<LOQ	1,01	60
pinokarwon	14,36	0,03	<LOQ	0,91	3
L-izomentol	14,46	1,81	<LOQ	15,04	53
menton	14,57	2,36	<LOQ	15,00	68
borneol	14,58	0,12	<LOQ	1,19	25
linalol	14,92	0,62	<LOQ	4,77	45

## ZAŁĄCZNIK 5

$\alpha$ -terpineol	14,99	0,27	<LOQ	1,77	48
cytronellol	15,59	0,31	<LOQ	2,89	25
karwon	15,98	0,25	<LOQ	2,19	35
antranilan linalilu	16,11	0,16	<LOQ	1,44	30
cytral	16,38	0,02	<LOQ	0,30	3
$\beta$ -santalol	17,29	0,02	<LOQ	0,31	2
octan geranylu	18,37	0,07	<LOQ	1,45	8
longicyklen	18,40	0,02	<LOQ	0,23	7
longifolen	19,01	0,27	<LOQ	1,22	73
$\alpha$ -cedren	19,09	0,05	<LOQ	1,40	13
globulol	19,13	0,02	<LOQ	0,29	2
kariofilen	19,18	0,04	<LOQ	0,56	10
$\beta$ -cedren	19,20	0,03	<LOQ	0,34	10
guanina	19,38	0,02	<LOQ	0,11	13
$\alpha$ -jonon	19,56	0,21	<LOQ	3,91	43
$\beta$ -jonon	20,02	0,31	<LOQ	2,68	70
$\alpha$ -paczulen	20,29	0,10	<LOQ	1,51	17
farnezen	20,30	0,15	<LOQ	6,20	5
dihydromyrcenol	21,67	0,08	<LOQ	0,93	22
cedrol	21,73	0,12	<LOQ	1,33	30
zonarol	22,26	2,55	<LOQ	16,69	87
paczulol	22,45	0,16	<LOQ	3,20	30
ledol	22,49	0,14	<LOQ	2,91	8
$\alpha$ -bisabolol	22,50	0,25	<LOQ	5,54	13
celestolid	22,84	0,03	<LOQ	0,67	2
ambroks	23,38	0,21	<LOQ	0,79	60
tonalid	24,20	0,07	<LOQ	0,51	28
skwalen	32,23	1,73	<LOQ	48,14	62
suma	-	41,74	-	-	-
średnia	-	-	-	-	32
<b>15) ftalany i tereftalany</b>					
ftalan dietylu	21,36	2,09	0,17	4,42	100
tereftalan metylu etylu	23,41	0,02	<LOQ	0,15	3
ftalan diizobutyli	24,19	1,44	0,02	45,18	100
ftalan dibutyli	24,96	1,98	0,13	16,15	100
ftalan diheksyli	25,85	0,08	<LOQ	0,64	23
tereftalan diizobutyli	25,88	0,06	<LOQ	0,97	10
ftalan benzylu butylu	27,83	0,02	<LOQ	0,17	5
ftalan di(2-etyloheksyli)	29,33	1,98	0,05	25,24	100
ftalan dioktyli	31,01	0,02	<LOQ	0,48	2
ftalan diizononyli	31,25	0,29	<LOQ	4,10	60
tereftalan di(2-etyloheksyli)	31,41	0,05	<LOQ	1,93	2
ftalan dinonyli	31,68	0,08	<LOQ	3,23	13
ftalan diizodecyli	32,60	0,02	<LOQ	0,36	3
ftalan didecyli	33,14	0,02	<LOQ	0,28	2
suma	-	8,15	-	-	-
średnia	-	-	-	-	37
<b>16) silany i siloksany</b>					
heksametylodisiloksan	3,11	0,36	<LOQ	12,04	15
heksametylocyklotrisiloksan	6,47	0,30	<LOQ	2,67	70
oktametylotrisiloksan	7,88	0,05	<LOQ	0,86	12
oktametylocyklotetrasiloksan	10,44	0,39	<LOQ	3,28	38

## ZAŁĄCZNIK 5

dekametylotetrasiloksan	12,08	0,09	<LOQ	3,14	7
oktametylocyklopentasiloksan	13,73	30,96	<LOQ	344,69	37
dekametylocyklopentasiloksan	14,16	15,03	<LOQ	103,85	77
dodekametylopentasiloksan	15,71	0,96	<LOQ	45,48	47
dodekametylocykloheksasiloksan	17,28	3,19	<LOQ	38,07	85
tetradekametyloheptasiloksan	18,80	0,40	<LOQ	5,76	77
[bis(trimetylosiloksy)metylo](trimetylo)silan e	19,55	0,14	<LOQ	1,59	42
tetradekametylocykloheptasiloksan	19,69	0,24	<LOQ	3,59	38
heksadekametyloheptasiloksan	21,01	0,45	<LOQ	2,48	83
heksadekametylocykloooktasiloksan	22,55	0,38	<LOQ	2,54	65
oktadekametylooktasiloksan	23,53	0,19	<LOQ	2,15	48
oktadekametylocyklononasiloksan	24,31	0,13	<LOQ	1,29	42
[[4-[1,2-bis(trimetylsilyl)oksy]etyl]-1,2- fenylobis(oksy)]bistrimetylosilan	25,43	0,06	<LOQ	0,54	27
bis[di(trimetylosiloksy)fenylosiloksy]trimetyl osiloksyfenylosiloksan	26,13	0,15	<LOQ	1,67	73
suma	-	53,45	-	-	-
średnia	-	-	-	-	49
<b>17) laktony</b>					
butyrolakton	8,84	0,02	<LOQ	0,10	2
γ-kaprolakton	11,79	0,22	<LOQ	11,52	13
γ-oktalaakton	16,23	0,04	<LOQ	1,31	3
γ-dekalaakton	20,04	0,04	<LOQ	0,47	13
γ-undekalaakton	21,17	0,03	<LOQ	0,53	3
γ-palmitolakton	26,08	0,02	<LOQ	0,14	2
suma	-	0,36	-	-	-
średnia	-	-	-	-	6
<b>18) cholesterol i jego pochodne</b>					
cholesta-4,6-dien-3-ol	33,61	0,12	<LOQ	1,56	20
cholesta-3,5-dien	33,68	0,40	<LOQ	8,74	23
cholesterol	37,99	0,29	<LOQ	6,63	10
suma	-	0,81	-	-	-
średnia	-	-	-	-	18
<b>19) hydroksykwas</b>					
kwaskwikowy	1,67	2,70	<LOQ	145,07	8
kwaskmlekowy	9,47	0,24	<LOQ	5,83	5
suma	-	2,94	-	-	-
średnia	-	-	-	-	7
<b>20) związki zawierające azot (N)</b>					
formamid	4,51	0,04	<LOQ	1,82	2
pirydyna	4,61	0,07	<LOQ	1,76	7
pirol	4,68	0,02	<LOQ	0,25	2
oksym 2-butanonu	5,47	0,03	<LOQ	0,83	5
metylopirazylna	6,53	0,03	<LOQ	0,25	13
2,6-dimetylopirazylna	8,70	0,02	<LOQ	0,15	8
dodecyldimetyloamina	20,22	0,11	<LOQ	4,44	3
salicylan izoamylu	20,69	0,10	<LOQ	0,58	27
N, N-dimetylopentadekanoamid	24,51	0,03	<LOQ	0,83	7
heksadekanoamid	25,84	0,06	<LOQ	1,49	5
didecyldimetyloamina	26,14	0,06	<LOQ	2,49	5
heksadekanoamid	26,66	0,09	<LOQ	2,29	15
oktadekanoamid	28,16	0,03	<LOQ	0,91	3

## ZAŁĄCZNIK 5

suma	-	0,69	-	-	-
średnia	-	-	-	-	8
<b>21) związki zawierające siarkę (S)</b>					
disiarczek dimetylu	1,89	0,97	<LOQ	70,52	7
dodekanotiol	20,80	0,02	<LOQ	0,61	2
suma	-	0,99	-	-	-
średnia	-	-	-	-	4
<b>22) związki zawierające azot (N) i siarkę (S)</b>					
tiazol	5,67	0,02	<LOQ	0,16	2
izotiocyanian cykloheksylu	15,75	0,05	<LOQ	0,94	12
suma	-	0,07	-	-	-
średnia	-	-	-	-	7
<b>23) związki zawierające brom (Br)</b>					
1-bromodekan	15,68	0,11	<LOQ	2,33	17
1-bromoundekan	16,33	0,07	<LOQ	1,07	8
2-bromododekan	18,17	0,03	<LOQ	0,62	3
1-bromotridekan	19,63	0,16	<LOQ	1,78	35
2-bromotridekan	19,65	0,16	<LOQ	2,31	15
1-bromo-2-etyloheksan	19,99	0,05	<LOQ	1,38	5
1,2-dibromo-2-metyloundekan	20,97	0,03	<LOQ	0,23	15
1-bromotetradekan	21,57	0,11	<LOQ	1,51	10
2-bromotetradekan	21,66	0,02	<LOQ	0,34	5
1-bromopentadekan	23,04	0,16	<LOQ	1,67	25
2-bromopentadekan	23,18	0,02	<LOQ	0,31	2
suma	-	0,93	-	-	-
średnia	-	-	-	-	13
<b>24) związki zawierające chlor (Cl)</b>					
2-chloroetanol	1,62	0,09	<LOQ	2,40	8
dichlorometan	1,85	0,09	<LOQ	1,57	13
2-chloropropan	2,82	0,03	<LOQ	0,64	2
tetrachloroeten	6,01	0,08	<LOQ	0,76	15
chlorobenzen	6,88	0,02	<LOQ	0,24	7
1-chloroheptan	8,16	0,32	<LOQ	4,60	15
1-chlorooktan	9,61	0,17	<LOQ	2,32	28
1,4-dichlorobenzen	11,04	0,06	<LOQ	2,09	5
chlerek benzylu	11,11	0,05	<LOQ	2,16	2
1-chlorododekan	13,39	0,10	<LOQ	1,01	25
chlerek 4-etylobenzylu	15,42	0,04	<LOQ	1,39	3
1-chlorononan	16,34	0,05	<LOQ	0,87	12
1-chloronaftalen	18,50	0,15	<LOQ	3,64	10
1-chlorodekan	19,97	0,58	<LOQ	32,28	12
1-chloroheksadekan	24,06	0,10	<LOQ	2,89	22
1-chlorooktadekan	25,29	0,03	<LOQ	0,78	5
chloromrówczan cholest-5-ene-3-ylu	31,92	0,07	<LOQ	0,96	17
suma	-	2,03	-	-	-
średnia	-	-	-	-	12
<b>25) związki zawierające fosfor (P)</b>					
fosforan trietylu	16,97	0,02	<LOQ	0,12	5
tlenek trifenylofosfiny	29,40	0,45	<LOQ	13,99	7
suma	-	0,46	-	-	-
średnia	-	-	-	-	6
<b>26) farmaceutyki</b>					

## ZAŁĄCZNIK 5

apryndyna	5,84	0,02	<LOQ	0,25	2
fenproporeks	12,98	0,03	<LOQ	0,61	5
walpropid	13,65	0,04	<LOQ	1,68	7
pentobarbital	19,12	0,02	<LOQ	0,09	2
dimetriadazol	20,92	0,02	<LOQ	0,24	2
palmidrol	26,39	0,03	<LOQ	0,40	2
dosulepina	27,16	0,02	<LOQ	0,17	2
diltiazem	28,21	0,02	<LOQ	0,18	2
ginsenol	34,53	0,05	<LOQ	1,88	2
suma	-	0,24	-	-	-
średnia	-	-	-	-	3
<b>27) pestycydy</b>					
fenitroton	1,63	0,03	<LOQ	1,23	2
surfynol	18,92	0,03	<LOQ	0,58	3
N,N-dietylo-m-toluamid	21,24	0,02	<LOQ	0,03	2
2,6-diizopropylonaftalen	22,72	0,29	<LOQ	2,62	43
metopren	25,05	0,02	<LOQ	0,05	2
suma	-	0,38	-	-	-
średnia	-	-	-	-	10
<b>28) glikole</b>					
glikol dipropylenowy	11,72	0,35	<LOQ	4,55	48
glikol propylenowy	4,54	7,19	<LOQ	112,61	98
suma	-	7,54	-	-	-
średnia	-	-	-	-	73
<b>29) bezwodniki kwasowe</b>					
bezwodnik cytrakonowy	9,38	0,03	<LOQ	1,00	2
bezwodnik ftalowy	17,24	0,02	<LOQ	0,24	2
bezwodnik difenylo-maleinowy	26,23	0,04	<LOQ	0,45	20
suma	-	0,09	-	-	-
średnia	-	-	-	-	8
<b>30) pozostałe</b>					
2-furylometanol	7,26	0,05	<LOQ	0,69	12
trans-2-metylodekalin	13,29	0,24	<LOQ	3,35	40
azulen	14,80	0,29	<LOQ	2,29	32
etylolinalol	14,80	0,19	<LOQ	1,89	32
benzotiazol	15,64	0,24	<LOQ	1,76	48
kaprolaktam	16,13	0,18	<LOQ	2,20	28
dwutlenek limonenu	16,88	0,52	<LOQ	3,96	27
jonon $\alpha$ -izometylu	19,94	0,66	<LOQ	19,05	52
butylowany hydroksytoluen	20,37	1,11	<LOQ	9,69	83
1-jododekan	20,78	0,04	<LOQ	0,37	18
2-metyloizoborneol	21,83	0,10	<LOQ	1,52	20
(7 $\alpha$ -izopropenylo-4,5-dimetylooktahydroinden-4-ylo)metanol	22,30	0,62	<LOQ	3,84	43
2,3,3a,4,7,7a-heksahydro-2,2,4,4,7,7-heksametylo-1H-inden	22,39	1,13	<LOQ	7,48	58
2,2,5,5,8,8-heksametylotricyklononan	22,49	0,18	<LOQ	1,64	35
tris(1-chloro-2-propylo)fosforan	23,55	0,05	<LOQ	0,78	10
1,19-eikozadien	24,01	0,13	<LOQ	1,22	20
bisfenol AF	25,65	0,03	<LOQ	0,42	7
5,5',6,6',7,7',8,8'-oktahydro-2,2'-binaftalen	29,79	6,50	<LOQ	66,94	92
suma	-	12,28	-	-	-
średnia	-	-	-	-	36



ZAŁĄCZNIK 6

Załącznik 6

Tabela 36. Całkowita zawartość LZO w powietrzu wewnętrznym poszczególnych oddziałów/pododdziałów i pomieszczeń wybranych jednostek opieki zdrowotnej

NAZWA SZPITALA/ PRZYCHODNI	KATEDRA/KLINIKA	ODDZIAŁ/ PODODDZIAŁ	SKRÓT	MIEJSCE POBORU PRÓBEK	ŚREDNIA Z 2 TUR POMIARÓW	ŚREDNIA [ng/m <sup>3</sup> ]	MIN [ng/m <sup>3</sup> ]	MAX [ng/m <sup>3</sup> ]	MEDIANA [ng/m <sup>3</sup> ]						
Szpital Morski im PCK w Gdyni	-	Oddział Dzienny Chemioterapii	SMODCH	sala pacjentów	1529,62	2408,30	1406,71	3621,20	2361,60						
				pokój socjalny	3050,60										
				sala zabiegowa	3412,85										
				pokój przygotowawczy	1573,70										
		Oddział Onkologii Klinicznej	SMOOK	sala pacjentów	2222,52	10304,15	1012,13	30005,87	5404,72						
				pokój socjalny	970,09										
				sala zabiegowa	29265,75										
				pokój przygotowawczy	8638,75										
Centrum Medyczne Dąbrowa- Dąbrówka w Gdyni	-	-	POZDD	pokój socjalny	9982,55	13770,35	9637,37	17975,44	13734,30						
				sala zabiegowa	17556,97										
Centrum Medyczne „Sopmed” w Sopocie	-	-	POZS	pokój socjalny	20658,42	21792,60	20084,18	23457,22	21814,50						
				sala zabiegowa	22934,51										
UCK, GUMed	Katedra i Klinika Chirurgii Onkologicznej	-	UCKKChO	sala pacjentów	15453,79	14514,55	10605,44	17279,07	15469,47						
				pokój socjalny	10844,71										
				sala zabiegowa	17188,48										
	Katedra i Klinika Pediatrii, Hematologii i Onkologii	Oddział Chemioterapii Onkologicznej	UCKOChO	sala pacjentów	2786,57	3362,76	2782,14	3971,62	3348,64						
				sala zabiegowa	3938,95										
				Oddział Hematologii Dziecięcej	UCKOHD					sala pacjentów	3862,97	2861,17	2220,69	3902,82	2658,38
										izolatka	2585,20				
										sala zabiegowa	2263,29				
pokój przygotowawczy	2686,55														

ZAŁĄCZNIK 6

	Oddział Szybkiej Diagnostyki z Oddziałem Dziennym	UCKOSD	sala pacjentów	4811,07	6808,35	4483,88	8975,51	6705,12	
			pokój socjalny	5820,86					
			sala zabiegowa	7700,61					
			pokój przygotowawczy	8866,83					
	Katedra i Klinika Hematologii i Transplantologii	Poradnia Hematologiczna	UCKPH	sala pacjentów	4693,60	10244,63	3615,83	16342,00	10510,34
				sala zabiegowa	15767,66				
		Oddział Hematologii A	UCKOHA	sala pacjentów	10082,88	11713,30	9915,14	13051,29	12064,25
				pokój socjalny	12064,49				
				sala zabiegowa	12948,26				
		Oddział Hematologii B	UCKOHB	sala pacjentów	10600,22	9197,83	5302,20	11390,00	10324,31
				pokój socjalny	6167,45				
				sala zabiegowa	10711,35				
		Oddział Transplantacji	UCKOT	sala pacjentów	3490,16	4957,98	3446,36	8766,60	4002,02
				pokój socjalny	8378,20				
				sala zabiegowa	4088,55				
				śluza	3874,99				
	Centrum Medycyny Rodzinnej	-	UCKCMR	pokój socjalny	30959,98	22756,43	14319,35	31763,76	22471,31
				sala zabiegowa	14549,86				
	Katedra i Klinika Onkologii i Radioterapii	Oddział Ginekologii i Radioterapii z Pracownią Brachyterapii	UCKOGRB	sala pacjentów	10748,04	17410,87	8964,18	21126,37	19781,61
				pokój socjalny	20711,18				
sala zabiegowa				19777,88					
pokój administracyjno-zabiegowy				18377,20					
Oddział Onkologii Klinicznej i Radioterapii		UCKOOKR	sala pacjentów	10116,05	13469,50	9716,31	19287,73	13257,96	
			pokój socjalny	13534,62					
	sala zabiegowa		16746,36						
Wojewódzkie Centrum Onkologii w Gdańsku	-	WCO	sala pacjentów 2	3644,08	3603,85	3061,66	3846,56	3625,36	
			sala pacjentów 3	3292,37					
			pokój socjalny	3709,99					

ZAŁĄCZNIK 6

				sala zabiegowa	3699,46				
NZOZ „STOGI” w Gdańsku – Filia Przeróbka	-	-	POZSP	pokój socjalny	13841,37	19909,28	12762,67	27453,89	19710,29
				sala zabiegowa	25890,19				
NZOZ „Stogi” w Gdańsku	-	-	POZSt	pokój socjalny	30768,06	32025,59	30227,33	33987,87	31943,57
				sala zabiegowa	33280,06				
Szpital im. Mikołaja Kopernika w Gdańsku	Katedra i Klinika Pediatrii, Gastroenterologii , Hematologii i Żywienia Dzieci	Oddział Gastroenterologii	SMKOG	sala pacjentów	6155,08	5895,28	4648,66	7044,61	5912,51
				pokój socjalny	6745,95				
				sala zabiegowa	4773,75				
		Oddział Pediatrii	SMKOP	sala pacjentów	4034,26	6424,04	3904,94	10497,84	5848,28
				pokój socjalny	8295,81				
				sala zabiegowa	6948,59				
		Pododdział Żywienia Dzieci	SMKPŻD	sala pacjentów	5756,74	6679,64	4215,41	8162,58	7287,40
				pokój socjalny					
				sala zabiegowa					

## Załącznik 7

Tabela 37. Parametry temperatury, ciśnienia i wilgotności w poszczególnych oddziałach/pododdziałach i pomieszczeniach wybranych jednostek opieki zdrowotnej

NAZWA SZPITALA/ PRZYCHODNI	KATEDRA/ KLINIKA	ODDZIAŁ/ PODODDZIAŁ	SKRÓT	MIEJSCE POBORU PRÓBEK	T [°C]		p [hPa]		w [%]		SEZON*		
					I TURA	II TURA	I TURA	II TURA	I TURA	II TURA	I TURA	II TURA	
Szpital Morski im PCK w Gdyni	-	Oddział Dzienny Chemioterapii	SMODCH	sala pacjentów	24	23,6	1011,2	1011,5	37,1	51,2	W	W	
				pokój socjalny	23,3	22,8	1009,4	1009,5	41,0	51,7	W	W	
				sala zabiegowa	22,0	22,5	1005,3	1007,7	45,7	55,2	W	W	
				pokój przygotowawczy	24,1	23,3	1009,9	1009,4	41,6	52,5	W	W	
		Oddział Onkologii Klinicznej	SMOOK	sala pacjentów	23,6	23,7	1011,2	1006,3	44,3	47,8	W	W	
				pokój socjalny	24,0	23,0	1009,0	1006,9	40,8	49,2	W	W	
				sala zabiegowa	23,8	23,4	1009,0	1006,8	42,0	48,3	W	W	
				pokój przygotowawczy	23,8	23,3	1009,8	1006,6	41,9	47,3	W	W	
Centrum Medyczne Dąbrowa- -Dąbrówka w Gdyni	-	-	POZDD	pokój socjalny	23,6	21,1	1006,7	1001,4	59,0	66,0	L	L	
				sala zabiegowa	22,2	20,6	1008,6	1001,1	62,1	76,8	L	L	
Centrum Medyczne „Sopmed” w Sopocie	-	-	POZS	pokój socjalny	24,7	20,2	1015,4	1021,1	61,8	57,8	L	L	
				sala zabiegowa	23,5	21,3	1011,8	1018,6	57,8	52,6	L	L	
UCK, GUMed	Katedra i Klinika Chirurgii Onkologicznej	-	UCKKChO	sala pacjentów	24,4	23,2	1008,1	1001,6	46,7	51,2	L	L	
				pokój socjalny	27,1	24,1	1009,1	1001,8	56,2	58,7	L	L	
				sala zabiegowa	25,4	23,6	1007,5	1001,7	46,5	51,3	L	L	
	Katedra i Klinika Pediatrii, Hematologii i Onkologii	Oddział Chemioterapii Onkologicznej	-	UCKOChO	sala pacjentów	21,4	22,7	1001,1	999,8	44,5	44,0	Z	Z
					sala zabiegowa	22,1	23,9	1001,3	999,9	51,2	50,7	Z	Z
		Oddział Hematologii Dziecięcej	-	UCKOHD	sala pacjentów	21,6	22,5	1000,2	1002,4	39,8	41,2	Z	Z
					izolatka	21,0	22,0	1000,6	1002,5	38,5	40,4	Z	Z
					sala zabiegowa	21,6	22,6	1000,4	1002,4	34,7	39,6	Z	Z
pokój przygotowawczy	21,2	22,4	1000,2	1002,4	32,6	38,7	Z	Z					

ZAŁĄCZNIK 7

	Oddział Szybkiej Diagnostyki z Oddziałem Dziennym	UCKOSD	sala pacjentów	23,0	22,5	1007,6	1006,4	68,9	68,4	L	L	
			pokój socjalny	24,5	23,5	1009,6	1007,1	68,0	68,0	L	L	
			sala zabiegowa	23,3	23,7	1004,9	1008,8	71,7	67,3	L	L	
			pokój przygotowawczy	23,8	23,5	1008,7	1008,1	65,3	65,6	L	L	
	Katedra i Klinika Hematologii i Transplantologii	Poradnia Hematologiczna	UCKPH	sala pacjentów	30,1	23,1	1010,3	1004,9	57,2	35,8	J	Z
				sala zabiegowa	27,6	23,0	1009,2	1004,8	56,8	36,5	J	Z
		Oddział Hematologii A	UCKOHA	sala pacjentów	27,5	23,4	1008,9	1005,4	58,3	35,9	J	Z
				pokój socjalny	27,4	23,3	1008,7	1005,2	56,5	34,8	J	Z
				sala zabiegowa	27,3	23,2	1008,6	1005,1	57,9	35,6	J	Z
		Oddział Hematologii B	UCKOHB	sala pacjentów	27,8	23,5	1010,2	1004,8	59,7	37,7	J	Z
				pokój socjalny	27,6	23,4	1010,1	1004,6	58,4	36,0	J	Z
				sala zabiegowa	27,5	23,2	1009,3	1004,1	51,6	38,4	J	Z
		Oddział Transplantacji	UCKOT	sala pacjentów	22,5	21,6	992,9	996,4	75,4	69,8	J	J
				pokój socjalny	23,5	22,2	989,5	996,7	75,6	68,7	J	J
				sala zabiegowa	23,4	22,0	992,8	996,8	75,5	69,1	J	J
				śluza	21,3	21,1	994,4	996,4	75,3	68,6	J	J
	Centrum Medycyny Rodzinnej	-	UCKCMR	pokój socjalny	24,0	22,3	1011,4	1009,5	51,7	54,8	L	L
				sala zabiegowa	23,6	21,4	1013,4	1009,6	53,9	56,7	L	L
	Katedra i Klinika Onkologii i Radioterapii	Oddział Ginekologii i Radioterapii z Pracownią Brachyterapii	UCKOGRB	sala pacjentów	25,5	27,1	1011,3	1010	43,3	46,4	L	L
				pokój socjalny	25,2	24,1	1010,9	1011,4	49,3	52,7	L	L
sala zabiegowa				26,1	24,8	1010,2	1009,8	45,4	58,7	L	L	
pokój administracyjno-zabiegowy				25,2	26,7	1007,3	1011,8	45,0	53,5	L	L	
Oddział Onkologii Klinicznej i Radioterapii		UCKOOKR	sala pacjentów	27,8	28,4	1013,1	1014,1	60,9	61,4	L	L	
			pokój socjalny	26,7	26,7	1013,3	1011,5	63,3	63,7	L	L	
Wojewódzkie Centrum Onkologii w Gdańsku	-	WCO	sala pacjentów 2	23,1	24,6	1019,3	1020,9	49,4	40,9	L	L	
			sala pacjentów 3	24,2	25,4	1020,1	1020,9	47,9	45,8	L	L	
			pokój socjalny	25,6	26,5	1017,9	1018,1	42,9	35,8	L	L	
			sala zabiegowa	24,5	23,2	1019,2	1018,3	46,6	43,5	L	L	
NZOZ „STOGI” w Gdańsku-Filia Przeróbka	-	POZSP	pokój socjalny	21,1	23,3	1019,4	1019,4	56,2	55,2	L	L	
			sala zabiegowa	22,6	22,9	1021,3	1017,2	51,9	56,3	L	L	
	-	-	POZSt	pokój socjalny	21,1	21,0	1016,2	1008,3	46,4	42,5	L	L

ZAŁĄCZNIK 7

NZOZ „Stogi” w Gdańsku				sala zabiegowa	23,2	23,1	1016,3	1008,1	48,7	44,6	L	L
Szpital im. Mikołaja Kopernika w Gdańsku	Katedra i Klinika Pediatrii, Gastroenterologii, Hematologii i Żywienia Dzieci	Oddział Gastroenterologii	SMKOG	sala pacjentów	22,4	22,5	1008,9	1010,3	47,5	48,5	Z	L
				pokój socjalny	22,9	21,9	1008,8	1010,4	42,6	45,6	Z	L
				sala zabiegowa	22,8	21,8	1008,6	1010,4	44,5	46,5	Z	L
		Oddział Pediatrii	SMKOP	sala pacjentów	23,8	22,3	1001,2	1004,5	25,9	32,5	Z	L
				pokój socjalny	22,2	21,4	1001,4	1004,6	36,7	39,7	Z	L
				sala zabiegowa	23,7	22,2	1002,1	1005,3	25,9	32,6	Z	L
		Pododdział Żywienia Dzieci	SMKPŹD	sala pacjentów	21,4	22,5	1010,3	1009,6	37,4	39,5	Z	L
				pokój socjalny	22,9	23,1	1010,4	1010,0	32,3	33,6	Z	L
				sala zabiegowa	21,8	22,0	1010,3	1010,1	39,6	41,5	Z	L

ZAŁĄCZNIK 8

Załącznik 8

Tabela 38. Wykaz substancji zidentyfikowanych w kurzu, pyłe zawieszonym (o mniejszej i większej średnicy cząstek) wraz z podaniem ich: czasów retencji ( $t_r$ ), stężeń średnich (c), częstości występowania w analizowanych próbkach oraz średnich sumarycznych stężeń substancji z danej grupy (suma)

NAZWA SUBSTANCJI	$t_r$ [min]	KURZ			PYŁ O MNIJSZEJ ŚREDNICY CZĄSTEK			PYŁ O WIĘKSZEJ ŚREDNICY CZĄSTEK	
		c [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]	c [ $\mu\text{g}/\text{g}$ ]	CZĘSTOŚĆ WYSTĘPOWANIA [%]	c [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	c [ $\mu\text{g}/\text{g}$ ]	CZĘSTOŚĆ WYSTĘPOWANIA [%]	c [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	CZĘSTOŚĆ WYSTĘPOWANIA [%]
<b>1) alkany:</b>									
<b>a) prostolanicuchowe (n-alkany)</b>									
n-heksan	1,65	0,03	10,21	5	-	-	-	-	-
n-oktan	5,99	-	-	-	0,00	18,63	5	-	-
n-nonan	8,40	0,13	55,01	48	0,01	84,59	29	0,00	5
n-dekan	10,83	-	-	-	0,02	152,87	14	0,00	14
n-dodekan	15,05	0,03	10,83	14	-	-	-	-	-
n-tetradekan	18,70	0,03	13,17	24	0,01	64,79	5	0,00	5
n-pentadekan	20,62	0,17	71,30	71	0,50	3880,46	38	0,00	19
n-heksadekan	22,78	0,80	334,81	90	0,10	755,26	52	0,04	24
n-heptadekan	24,69	0,59	247,65	62	0,08	637,87	57	0,04	33
n-oktadekan	26,50	1,11	462,37	90	0,10	760,12	76	0,06	38
n-nonadekan	28,42	2,50	1039,64	95	0,25	1935,76	100	0,36	76
n-eikozan	30,46	4,10	1707,96	100	0,64	4980,95	100	0,37	67
n-heneikozan	32,83	4,67	1944,95	95	0,54	4160,15	71	0,36	67
n-dokozan	34,60	2,59	1079,49	100	0,31	2430,95	90	0,39	43
n-trikozan	36,79	3,60	1499,53	100	0,45	3499,70	90	0,27	52
n-tetrakozan	38,96	1,56	649,72	81	0,09	672,96	29	0,42	24
suma	-	21,90	9126,65	-	3,09	24035,05	-	2,32	-
średnia	-	-	-	70	-	-	54	-	36
<b>b) izomery n-alkanów</b>									
2,4-dimetyloheksan	5,88	0,11	43,95	10	-	-	-	0,01	-
2,3-dimetyloheksan	5,95	0,01	4,82	5	-	-	-	-	-
2,3,4-trimetyloheksan	7,37	0,01	5,42	10	-	-	-	-	-
2-metylooktan	8,29	0,02	8,15	5	-	-	-	-	-
2,2,3,3-tetrametyloheksan	8,37	0,02	6,29	10	-	-	-	-	-

## ZALĄCZNIK 8

3-etylo-2-metyloheksan	8,39	0,12	51,86	5	0,02	155,18	33	0,00	14
4,4-dimetyloheptan	8,40	0,01	4,61	10	-	-	-	-	-
2,3-dimetyloheptan	8,41	0,01	2,42	5	-	-	-	-	-
6,6-dimetylundekane	10,79	-	-	-	0,01	63,50	5	-	-
2-metylo-5-etyloheptan	12,18	0,03	14,14	10	-	-	-	-	-
3,7-dimetylononan	12,19	0,02	7,14	5	-	-	-	-	-
5-etylo-2-metylooktan	14,17	0,03	13,85	19	-	-	-	0,00	5
5-propylononan	14,33	0,01	5,84	5	-	-	-	-	-
4-metylododekan	16,50	0,01	4,62	24	-	-	-	-	-
5-metylo-4-propylononan	16,94	0,02	6,06	5	-	-	-	-	-
4,8-dimetylotridekan	17,90	0,02	8,51	5	-	-	-	-	-
5-butylononan	17,91	0,01	2,42	5	-	-	-	-	-
6-etylo-6-metylundekane	18,41	0,03	13,86	5	-	-	-	-	-
2,4,6,8-tetrametylononan	18,65	0,01	2,42	5	-	-	-	-	-
6-metylundekane	20,03	0,01	4,59	5	-	-	-	-	-
5-butylundekane	20,03	0,01	5,27	5	0,01	39,33	10	-	-
4-metylopentadekane	20,05	0,01	2,42	5	-	-	-	-	-
5-butylododekan	20,11	0,01	4,44	5	-	-	-	-	-
4,5-dietylooktan	20,12	0,04	17,96	14	0,03	260,10	29	-	-
2,6-dimetylopentadekane	21,55	0,01	4,27	5	0,00	28,81	5	-	-
2,6,10,14-tetrametylopentadekane	22,52	0,04	16,94	5	-	-	-	-	-
2-metylododekan	22,63				0,01	77,59	14	-	-
2,5-dimetylo-2-undekane	22,84	0,11	43,76	24	0,06	466,17	43	0,09	29
4-etylundekane	22,98	0,01	5,08	5	-	-	-	-	-
2-metylotridekan	23,07	0,26	107,99	10	0,02	182,16	19	0,04	19
3-etylotridekan	23,32	-	-	-	0,01	61,09	10	0,02	10
2,6,10,14-tetrametyloheksadekane	23,54	0,12	49,79	5	-	-	-	-	-
2-metylotetradekane	25,28	0,29	119,60	33	0,06	451,98	33	0,07	10
2-metylopentadekane	27,09	0,76	316,08	5	0,04	337,67	33	0,12	14
2-metyloheksadekane	28,40	0,74	306,86	33	0,01	105,26	14	0,07	10
4,5-dipropylooktan	28,89	1,24	515,52	48	1,24	9642,03	67	0,31	43
2-metyloheptadekane	29,13	0,29	122,18	33	0,56	4388,96	19	0,02	5



## ZALĄCZNIK 8

2,6,10-trimetylotetradekan	29,62	0,27	113,29	14	0,00	11,49	5	-	-
2-metylooktadekan	30,38	0,02	9,55	10	0,01	93,89	5	0,03	14
2-metylononadekan	31,36	0,27	110,50	19	0,01	79,39	5	-	-
2-metyloeikozan	32,37	0,02	8,59	5	0,09	725,08	43	0,02	10
2-metyloheneikozan	33,15	0,07	28,09	38	0,14	1108,88	14	-	-
2-metylodokozan	34,10	0,06	23,45	10	0,01	97,49	5	-	-
suma	-	5,14	2142,56	-	2,36	18376,05	20	0,80	-
średnia	-	-	-	12	-	-	20	-	15
<b>2) alkeny</b>									
1-okten	5,67	0,03	13,85	14	-	-	-	-	-
1-nonen	8,21	0,02	9,33	19	-	-	-	-	-
1-deken	10,60	0,66	275,19	33	-	-	-	0,01	10
1-dodeken	14,90	0,14	59,33	29	0,01	62,91	14	0,01	10
1-tetradeken	17,06	0,11	45,59	33	0,00	10,11	-	0,00	5
1-pentadeken	18,59	0,10	40,78	62	0,01	65,50	38	0,01	14
1-heksadeken	20,17	-	-	-	0,00	34,87	5	-	-
1-heptadeken	21,30	0,01	5,89	10	-	-	-	0,00	5
1-oktadeken	24,68	0,01	5,33	5	-	-	-	0,00	10
1-nonadeken	27,06	-	-	-	0,00	30,29	5	-	-
1-eikozen	28,89	0,02	9,46	14	-	-	-	0,00	5
1-pentakozen	39,63	1,09	452,05	52	6,96	54086,93	57	0,45	29
suma	-	2,20	916,81	-	6,98	54290,62	-	0,57	-
średnia	-	-	-	27	-	-	24	-	11
<b>3) węglowodory cykliczne</b>									
3-cykloheksylododekan	22,70	0,06	23,48	14	0,16	1270,37	43	0,02	29
4-cykloheksylotridekan	20,94	0,15	62,95	5	-	-	-	-	-
cyklodekan	15,36	-	-	-	-	-	-	0,00	5
cykloheptan	17,46	0,38	158,31	33	-	-	-	-	-
cyklotetradekan	18,44	0,03	11,30	10	0,00	18,53	5	0,00	5
nonylocykloheksan	23,45	0,14	57,15	14	0,10	777,44	43	0,04	24
suma	-	0,75	313,20	-	0,27	2066,34	-	0,06	-
średnia	-	-	-	15	-	-	30	-	15
<b>4) węglowodory aromatyczne</b>									
benzen	2,89	0,10	39,97	14	-	-	-	0,01	14

## ZALĄCZNIK 8

toluen	5,06	0,03	13,16	5	-	-	-	-	-
o-ksylen	7,57	0,01	4,81	5	-	-	-	-	-
m, p-ksylen	7,60	-	-	-	-	-	-	0,00	5
styren	8,17	0,02	6,20	24	-	-	-	-	-
1-etylo-2-metylobenzen	9,99	0,03	12,51	24	0,01	42,55	5	-	-
1,3,5-trimetylobenzen	9,99	0,02	6,15	5	-	-	-	0,01	5
1,2,4-trimetylobenzen	10,16	0,01	2,42	10	0,01	44,83	10	-	-
2-fenylopropen	10,40	0,01	5,14	14	0,01	59,63	5	0,01	19
2,6-di- <i>tert</i> -butylo- <i>p</i> -krezol	20,42	0,15	60,37	52	0,00	18,64	5	-	-
2-fenyldodekan	23,59	0,02	7,11	5	-	-	-	-	-
dekani benzylo	29,42	0,05	19,88	5	0,05	423,08	29	-	-
suma	-	0,43	177,71	-	0,08	588,71	-	0,02	-
średnia	-	-	-	15	-	-	10	-	11
<b>5) wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA)</b>									
naftalen	14,81	0,09	35,37	38	-	-	-	0,00	5
2,3-dimetylnaftalen	19,50	0,02	7,36	24	-	-	-	-	-
antracen	23,61	-	-	-	-	-	-	0,02	14
piren	26,11	-	-	-	0,07	556,68	5	0,03	14
reten	27,24	-	-	-	0,00	13,66	5	-	-
benzo(a)fluoren	27,44	-	-	-	0,00	20,42	5	-	-
benzo(c)fenantren	29,19	-	-	-	0,00	15,72	5	-	-
benzo(a)antracen	29,23	-	-	-	0,00	23,06	5	-	-
suma	-	0,103	42,74	-	0,08	629,54	-	0,05	-
średnia	-	-	-	31	-	-	-	-	11
<b>6) kwasy karboksylowe</b>									
kw. metanowy	1,74	1,09	452,51	95	0,00	23,62	5	-	-
kw. etanowy	2,29	4,06	1690,11	95	0,66	5098,03	90	0,28	71
kw. 2-propenowy	3,52	0,06	22,87	52	0,05	394,77	33	0,00	5
kw. propanowy	3,72	0,14	57,63	48	0,01	85,69	14	0,02	19
kw. 2-metylopropanowy	5,08	0,02	7,18	5	0,01	86,07	24	-	-
kw. 2,2-dimetylopropanowy	6,21	0,02	10,19	14	0,04	296,35	38	0,00	5
kw. (E)-2-butenowy	6,51	0,06	22,90	43	-	-	-	0,02	14
kw. 2-etyloheksanowy	13,48	0,39	161,45	81	1,85	14395,56	100	0,18	62
kw. benzoowy	14,58	1,35	561,15	76	0,68	5291,81	62	0,00	5

ZAŁĄCZNIK 8

kwasicw ftalowy	17,25	0,62	259,19	43	-	-	-	0,00	5
kwasicw cis-butenodiowy	20,51	-	-	-	0,00	15,41	5	0,00	5
kwasicw 2-benzyluksybenzoesowy	24,33	-	-	-	0,01	71,41	5	-	-
suma	-	7,79	3245,19	-	3,31	25758,73	-	0,50	-
średnia	-	-	-	55	-	-	38	-	21
<b>7) kwasy tłuszczowe</b>									
kwasicw butanowy	5,66	0,06	25,25	33	0,04	315,81	38	0,02	19
kwasicw heksanowy	10,55	0,39	163,90	76	1,40	10910,98	95	0,02	38
kwasicw heptanowy	12,56	0,10	41,47	57	0,43	3358,63	86	0,01	24
kwasicw oktanowy	14,59	0,44	183,73	86	2,08	16201,24	100	0,05	43
kwasicw nonanowy	16,37	1,76	733,57	100	1,45	11268,92	100	0,05	52
kwasicw dekanowy	18,03	1,07	443,57	100	1,47	11395,01	95	0,07	62
kwasicw undekanowy	19,57	0,20	83,50	90	0,08	638,34	76	0,01	10
kwasicw dodekanowy	21,14	2,11	880,49	100	0,77	5988,81	95	0,07	62
kwasicw tridekanowy	22,16	0,59	245,21	76	0,08	639,93	33	0,02	24
kwasicw (Z) 6-heksadekenowy	23,54	24,16	10067,12	100	-	-	62	0,06	78
kwasicw tetradekanowy	23,57	5,59	2329,92	100	1,42	11066,29	100	0,25	81
kwasicw pentadekanowy	24,65	7,23	3014,15	48	4,12	32015,84	76	0,83	81
kwasicw 9,12-oktadekadienowy	25,19	0,06	25,93	5	0,04	292,79	10	-	-
kwasicw heksadekanowy	25,55	1,60	667,23	100	0,40	3109,45	90	0,09	48
kwasicw (Z)-6-oktadekenowy	25,76	2,61	1085,83	19	0,39	3009,42	29	0,20	24
kwasicw (Z)-9-oktadekenowy	26,06	5,52	2298,15	90	1,54	11984,09	86	0,36	43
kwasicw heptadekanowy	26,49	4,89	2038,87	100	2,05	15975,69	90	0,70	86
kwasicw (Z)-13-dokozenowy	27,56	0,01	2,42	5	-	-	-	0,03	5
kwasicw oktadekanowy	27,78	0,71	295,62	90	0,03	224,88	19	0,01	5
kwasicw eikozanowy	31,69	0,69	286,30	19	-	-	-	-	-
suma	-	59,79	24912,21	-	17,80	138396,11	-	2,84	-
średnia	-	-	-	70	-	-	71	-	43
<b>8) alkohole:</b>									
<b>a) alifatyczne</b>									
metanol	1,48	-	-	-	1,50	11667,44	76	1,88	71
etanol	1,98	-	-	-	0,03	193,83	19	0,11	24
1-propanol	2,36	-	-	-	0,03	193,83	19	0,11	24
1-butanol	3,02	-	-	-	-	-	-	0,01	10

## ZALĄCZNIK 8

1-oktanol	12,68	-	-	-	0,00	21,64	10	0,00	5
1-nonanol	14,58	-	-	-	0,01	62,02	14	0,01	19
1-dekanol	16,45	-	-	-	0,05	377,00	33	0,00	19
1-undekanol	18,39	-	-	-	0,01	48,20	10	-	-
1-dodekanol	19,93	-	-	-	0,56	4370,07	95	0,08	52
1-tridekanol	22,36	-	-	-	0,64	4962,34	95	0,14	71
1-tetradekanol	24,25	-	-	-	1,55	12039,63	90	0,21	67
1-pentadekanol	25,94	-	-	-	3,70	28791,61	95	0,38	81
1-heksadekanol	27,44	-	-	-	0,06	441,83	48	0,05	38
1-heptadekanol	29,75	-	-	-	0,22	1709,34	10	0,03	14
1-nonadekanol	34,26	-	-	-	0,01	106,60	14	0,03	14
1-eikozanol	36,83	-	-	-	0,08	595,49	10	0,11	14
1-dokozanol	38,87	-	-	-	0,05	381,81	10	0,02	10
2-propanol	2,05	-	-	-	0,03	249,04	24	0,01	10
2-metylopropan-1-ol	2,62	-	-	-	-	-	-	0,01	5
2-etyloheksan-1-ol	11,47	-	-	-	0,26	2001,00	95	0,10	57
2-nonen-1-ol	12,35	-	-	-	0,02	121,44	33	0,00	5
2-metylo-7-okten-2-ol	12,40	-	-	-	0,05	359,60	14	-	-
3,7-dimetylooktan-1-ol	13,00	-	-	-	0,02	153,46	29	-	-
6-metyloheptan-1-ol	13,02	-	-	-	0,00	28,57	10	0,00	5
3-metyloheptan-1-ol	13,58	-	-	-	-	-	-	0,00	10
6-metylooktan-1-ol	13,94	-	-	-	0,01	70,18	14	0,00	10
2,2-dimetylooktan-1-ol	14,89	-	-	-	-	-	-	0,00	5
2-izopropylo-5-metyloheksan-1-ol	15,28	-	-	-	0,03	226,24	14	-	-
2-decen-1-ol	15,34	-	-	-	-	-	-	0,07	5
5,9-dimetylododekan-1-ol	19,01	-	-	-	0,00	13,50	10	-	-
2-propyloheptan-1-ol	19,48	-	-	-	0,00	23,76	10	-	-
2-etylododekan-1-ol	20,44	-	-	-	0,18	1387,92	38	0,00	5
2-propylododekan-1-ol	21,98	-	-	-	0,05	421,70	14	-	-
9-pentadekan-1-ol	22,89	-	-	-	0,06	424,00	5	0,02	10
2,4-dietyloheptan-1-ol	22,98	-	-	-	0,13	976,79	38	0,03	19
2-etylo-2-propyloheksan-1-ol	23,31	-	-	-	0,23	1818,17	33	0,13	24
2-butyldodekan-1-ol	23,34	-	-	-	0,23	1799,78	67	0,13	43

## ZALĄCZNIK 8

3-metylotridekan-1-ol	23,52	0,08	32,61	10	0,10	747,82	29	0,03	24
2-oktylodekan-1-ol	30,28	0,01	5,09	10	0,01	87,41	14	0,27	5
suma	-	0,09	37,70	-	9,89	76872,99	-	3,95	-
średnia	-	-	-	10	-	-	33	-	24
<b>b) cykliczne</b>									
cyklobutanol	1,46	0,21	89,21	14	-	-	-	-	-
2-cykloheksen-1-ol	8,85	0,40	165,20	62	-	-	-	-	-
cyklopropylokarbinol	12,90	3,64	1517,54	90	-	-	-	-	-
cykloundekanol	20,76	0,02	8,70	5	-	-	-	-	-
2-metyloizoborneol	21,81	0,01	4,59	5	0,00	24,32	5	-	-
suma	-	4,29	1785,23	-	0,00	24,32	-	-	-
średnia	-	-	-	35	-	-	5	-	-
<b>c) diole</b>									
1,2-propanodiol	4,57	-	-	-	0,37	2870,06	81	-	-
1,3-butanediol	7,66	0,01	5,69	5	0,01	81,07	14	-	-
2,2-dimetylopropano-1,3-diol	9,24	-	-	-	0,02	182,38	33	-	-
1,6-heksanodiol	13,98	0,02	8,32	10	0,05	364,80	38	-	-
2,3-pinanediol	16,49	-	-	-	0,01	77,30	5	-	-
suma	-	0,03	14,01	-	0,46	3575,60	-	-	-
średnia	-	-	-	7	-	-	34	-	-
<b>d) fenole</b>									
fenol	10,43	0,23	94,42	81	-	-	-	-	-
fenyloetanol	11,59	-	-	-	0,12	942,17	67	-	-
p-kresol	12,55	0,01	2,42	5	-	-	-	-	-
fenyloetanol	13,32	0,01	5,79	10	-	-	-	-	-
2,4-di-tert-butylofenol	20,32	0,04	14,94	5	0,08	598,67	38	0,00	10
3,5-di-tert-butylofenol	20,34	0,02	10,15	14	0,11	863,76	67	0,00	5
2-fenylofenol	20,50	1,90	790,56	71	-	-	-	-	-
2,6-difenylofenol	27,33	0,54	225,28	52	0,08	599,10	19	0,15	57
suma	-	2,75	1143,55	-	0,39	3003,69	-	0,15	-
suma a) b) c) d)	-	7,16	2980,5	-	10,74	83476,61	-	4,10	-
średnia	-	-	-	34	-	-	48	-	24
średnia a) b) c) d)	-	-	-	21,5	-	-	30	-	12
<b>9) aldehydy</b>									

## ZALĄCZNIK 8

metanal	1,07	0,10	41,62	90	0,15	1177,25	100	0,29	100
etanal	1,48	0,29	122,68	57	0,03	228,14	5	-	-
aldehyd glikolowy	2,08	1,45	602,46	62	0,03	251,96	24	0,02	19
3-metylobutanal	3,49	1,21	505,16	52	-	-	-	-	-
butanal	5,87	0,45	188,06	86	-	-	-	0,01	33
pentanal	6,81	-	-	-	0,05	373,43	67	0,00	5
furfural	6,68	0,49	203,84	90	0,01	63,33	14	0,00	5
heptanal	8,48	0,35	147,04	81	0,06	471,73	71	0,00	19
benzaldehyd	9,86	0,23	94,29	86	0,01	80,67	29	0,01	33
oktanal	10,87	0,33	138,16	90	0,19	1451,33	90	0,01	38
4-nonenal	12,89	-	-	-	-	-	-	0,00	10
1,5-pentanodial	12,95	0,10	39,38	5	-	-	-	-	-
2-nonenal	13,08	-	-	-	0,30	2293,36	95	-	-
nonanal	13,11	1,19	496,99	100	0,01	83,04	10	0,04	52
2-nonanal	14,25	0,01	4,68	10	-	-	-	-	-
dekanal	15,20	0,53	222,00	81	0,81	6277,76	95	0,10	76
2-dekanal	16,27	0,01	4,94	5	-	-	-	-	-
undekanal	17,08	0,20	83,96	38	0,04	299,92	52	0,02	33
wanilina	18,73	0,01	2,42	5	-	-	-	0,00	5
dodekanal	18,88	0,05	19,74	43	-	-	-	0,03	43
tridekanal	20,18	0,01	4,83	5	0,04	285,55	48	0,02	14
tetradekanal	21,54	-	-	-	-	-	-	0,03	14
pentadekanal	22,63	-	-	-	-	-	-	0,02	10
3,5-di-tert-butylo-4-hydroksybenzaldehyd	23,24	-	-	-	0,13	1041,24	71	0,01	14
heksadekanal	24,00	-	-	-	-	-	-	0,03	14
heptadekanal	25,36	0,03	12,88	5	-	-	-	0,02	10
oktadekanal	27,27	0,29	122,13	10	-	-	-	0,01	5
nonadekanal	28,71	-	-	-	-	-	-	0,00	5
heneikozanal	34,75	-	-	-	0,01	67,20	10	-	-
dokozanal	36,71	0,07	30,81	5	-	-	-	-	-
suma	-	7,41	3088,04	-	1,86	14445,90	-	0,67	-
średnia	-	-	-	48	-	-	52	-	25
<b>10) ketony</b>									

ZAŁĄCZNIK 8

2-propanon	1,69	0,94	393,24	48	0,36	2764,18	95	0,30	86
2,3-butanedion	2,08	0,49	202,17	33	0,01	45,04	10	-	-
hydroksy-2-propanon	2,96	6,18	2576,52	100	0,12	901,33	67	0,03	43
2-pentanon	3,49	0,02	6,39	10	-	-	-	-	-
3-hydroksybutanon	3,54	-	-	-	-	-	-	0,02	5
acetonina	3,60	-	-	-	0,03	245,23	14	-	-
5-hydroksymetylo-2-furanon	4,95	0,01	4,27	10	-	-	-	-	-
acetyloaceton	5,03	0,01	5,47	5	-	-	-	-	-
2,4-pentanodion	5,12	-	-	-	0,00	34,74	5	-	-
1-hydroksybutan-2-on	5,13	0,15	61,82	48	-	-	-	-	-
2-heksanon	7,25	-	-	-	0,05	378,85	33	-	-
cykloheksanon	8,22	-	-	-	0,01	88,93	10	0,01	19
2-heptanon	8,59	0,01	5,55	14	-	-	-	0,00	5
2-furanon	8,69	0,76	315,42	90	-	-	-	-	-
1,2-cyklopentadion	8,97	1,36	564,92	100	0,03	191,21	33	0,00	19
5-metylo-2(3)-furanon	10,16	0,09	38,01	48	0,02	119,73	24	0,01	10
6-metylo-5-hepten-2-on	10,43	0,03	10,75	24	-	-	-	0,005	24
acetofenon	12,29	0,07	27,49	43	0,00	24,30	5	0,001	5
3-tert-butylofurano-2,5-dion	12,97	0,06	22,83	33	0,08	581,16	71	0,014	38
2-dodekanon	18,62	-	-	-	0,00	20,08	5	-	-
6,10-dimetylo-5,9-undekadien-2-on	19,51	0,16	66,98	76	0,12	914,04	95	0,040	62
1-(4-tert-butylofenylo)propan-2-on	19,52	0,02	8,76	24	0,02	184,11	19	-	-
2,5-dibutylobenzochinon	19,75	-	-	-	0,04	292,54	33	0,012	14
benzofenon	21,92	0,05	21,97	48	0,02	149,82	10	0,001	5
wersalid	24,11	-	-	-	0,24	1833,85	14	0,016	10
2-hydroksycyklopentadekanon	24,61	0,81	336,48	19	2,20	17092,66	71	0,390	43
oksybenzon	25,71	0,52	218,07	24	-	-	-	0,002	5
2,5-difenylo-p-benzochinon	27,49	-	-	-	0,03	202,11	14	-	-
16-hentriakontanon	29,56	-	-	-	-	-	-	0,218	24
suma	-	11,73	4887,11	-	3,35	26063,90	-	1,084	-
średnia	-	-	-	42	-	-	34	-	24
<b>11) estry</b>									

## ZAŁĄCZNIK 8

octan etylu	1,68	0,86	359,05	62	0,02	187,06	5	0,01	5
octan butylu	2,33	0,05	20,99	10	-	-	-	-	-
mrówczan butylu	3,02	0,46	191,37	14	-	-	-	-	-
metakrylan metylu	3,79	0,11	44,93	24	-	-	-	-	-
maślan metylu	4,33	-	-	-	-	-	-	0,00	14
mleczan metylu	4,45	0,21	88,18	48	-	-	-	-	-
octan izobutylu	5,24	0,12	51,45	38	-	-	-	-	-
pirogronian metylu	5,68	0,48	201,04	95	-	-	-	-	-
octan izopropylu	6,30	-	-	-	0,13	1016,75	71	-	-
propionian propylu	6,39	0,01	3,50	5	0,02	145,73	19	0,01	24
heksanian etylu	11,71	-	-	-	0,01	43,95	5	-	-
octan oktylu	12,38	0,68	284,88	10	-	-	-	-	-
furano-2-karboksylan metylu	12,57	0,27	111,47	71	0,00	22,26	10	0,00	5
mrówczan lilianu	13,04	0,04	15,09	10	-	-	-	0,01	5
benzoesan metylu	13,10	-	-	-	-	-	-	0,03	5
oktan 2-etyloheksylu	14,06	-	-	-	0,00	24,44	5	-	-
octan benzylu	14,36	0,01	4,50	5	-	-	-	-	-
heksanian butylu	14,90	-	-	-	0,02	112,89	5	-	-
maślan tridecylu	15,33	-	-	-	0,03	242,78	29	-	-
1,3-dimetylobutylomaślan	15,37	-	-	-	0,32	2486,17	67	-	-
maślan 1,3-dimetylobutylu	15,40	0,08	32,65	5	-	-	-	-	-
antranilan linalilu	16,01	0,01	4,10	10	-	-	-	-	-
octan linalilu	16,07	0,03	10,41	10	-	-	-	-	-
octan izobornylu	16,79	0,04	14,77	24	-	-	-	-	-
octan 2-tert-butylocykloheksylu	16,88	0,02	6,38	10	-	-	-	-	-
octan 4-bytylocykloheksylu	17,29	0,11	46,67	52	0,00	25,73	5	-	-
dekanian metylu	17,32	0,03	11,04	19	-	-	-	-	-
oktanian metylu	17,33	0,01	4,11	5	-	-	-	-	-
trioctan gliceryny	17,76	0,03	12,97	19	0,22	1733,73	71	-	-
1,2-dioctan glicerolu	17,81	0,16	68,39	14	0,21	1598,23	29	-	-
diizomaślan 2,2,4-trimetylo-1,3-pentanodiolu	17,91	0,01	5,74	10	-	-	-	0,00	10
octan 2-(2-butoksyetoksy)etyl	18,08	0,07	29,70	10	0,80	6181,19	62	-	-



## ZALĄCZNIK 8

teksanol	18,33	-	-	-	0,52	4012,15	95	0,03	43
octan geranylu	18,35	-	-	-	-	-	-	-	-
oktanian propylu	18,57	0,02	7,71	5	0,02	171,34	10	0,00	5
heksanian heksylu	18,74	-	-	-	-	-	-	0,00	5
octan 2-fenoksyetylu	18,98	0,03	12,63	14	0,06	453,64	38	-	-
oktanian butylu	19,94	-	-	-	0,01	55,07	10	-	-
benzoesan tert-butylu	20,03	0,03	14,02	29	0,00	21,11	10	0,00	5
maleinian dibutylu	20,62	-	-	-	0,02	165,91	19	-	-
adypinian 2-etyloheksylu	20,84	0,12	48,15	5	0,48	3762,04	95	0,03	33
glutaran diizobutylu	21,10	-	-	-	0,04	273,92	5	-	-
salicylan metylu	21,19	-	-	-	0,01	54,63	10	-	-
azelan dimetylu	21,26	0,22	90,00	57	-	-	-	-	-
heksanian heptylu	21,86	0,07	29,53	24	0,01	45,60	5	-	-
cytrynian trietylu	22,05	0,02	9,40	10	0,03	219,49	14	-	-
dihydrojasmonian metylu	22,09	0,64	268,50	71	1,44	11177,38	100	0,05	52
salicylan propylu	22,38	0,14	58,98	38	0,03	259,26	10	0,02	10
2-metylopropionian nonylu	22,44	0,33	138,60	43	1,11	8654,61	67	0,51	57
akrylan tridecylu	22,47	0,41	171,00	62	0,46	3591,35	24	0,08	19
oktanian 2-etyloheksylu	22,54	0,02	9,84	14	0,22	1717,63	67	-	-
tridekarian metylu	22,70	0,01	4,61	10	0,02	182,89	10	-	-
propionian nonylu	22,96	0,07	29,32	14	0,06	433,06	33	0,07	24
piwalan nonylu	23,02	-	-	-	0,03	225,34	24	0,00	5
adypinian dibutylu	23,12	1,83	760,93	10	0,18	1375,18	29	-	-
nonanonian nonylu	23,34	-	-	-	0,13	1000,40	62	0,04	33
oktanian oktylu	23,38	-	-	-	0,02	120,42	5	-	-
mirystynian izopropylu	23,39	3,70	1539,51	95	2,83	21982,45	100	0,23	86
salicylan 2-etyloheksylu	23,62	0,02	6,26	14	0,03	194,55	33	0,03	14
benzoesan nonylu	23,74	0,02	6,60	10	0,03	197,33	10	-	-
ester pentadecylowy kwasu 4-chloromasłowego	23,89	-	-	-	0,02	166,28	14	-	-
benzoesan 2-decylu	24,39	0,03	11,52	5	0,03	210,94	14	-	-
6-oktadekenian metylu	24,51	0,17	71,84	19	0,06	497,91	19	0,09	38
palmitynian metylu	24,58	1,29	539,21	43	0,59	4580,02	81	0,20	62
oleopalmitynian metylu	24,70	-	-	-	0,02	182,07	14	0,00	5

ZAŁĄCZNIK 8

nonanian nonylu	24,86	0,17	69,43	24	-	-	-	-	-
laurynian butylu	25,01	-	-	-	0,07	564,77	19	-	-
palmitynian askorbylu	25,11	3,61	1505,82	95	3,62	28138,56	67	1,11	52
octan oktadecylu	25,27	-	-	-	0,04	335,30	52	0,01	14
palmitynian izopropylu	25,39	1,37	569,71	86	1,83	14202,37	100	0,27	95
mosylan etylenu	25,55	0,04	18,20	24	0,21	1656,85	86	-	-
heksanian oktylu	25,59	0,04	15,26	10	0,01	37,12	10	-	-
oleinian metylu	26,00	0,41	169,36	43	0,14	1055,61	48	0,10	33
benzoesan undecylu	26,12	0,02	9,12	5	-	-	-	-	-
stearynian metylu	26,19	0,15	62,58	19	0,15	1146,25	76	0,07	52
adypinian bis(2-etyloheksylu)	26,40	0,06	23,71	14	0,00	13,43	5	0,03	33
oktanian dodecylu	26,48	0,11	47,41	10	0,34	2608,44	19	0,04	24
octan nonadecylu	26,75	0,24	100,71	33	0,29	2282,71	76	0,04	38
benzoesan dodecylu	26,87	0,29	121,55	57	0,07	544,61	62	0,02	14
fumaran di(2-etyloheksylu)	26,96	-	-	-	0,10	744,04	48	0,00	14
di(2-etyloheksylo)fumaran	26,97	0,63	262,95	86	-	-	-	-	-
stearynian etylu	27,01	-	-	-	0,01	37,03	10	-	-
acetylocytrynian tributyłu	27,20	0,63	263,97	81	0,18	1426,04	38	0,08	10
oktinoxat	27,24	1,17	488,59	76	1,08	8371,66	100	0,25	76
eter monododecylowy glikolu trietylenowego	27,43	1,49	618,74	95	0,01	104,81	14	0,04	14
oleopalmitynian propylu	27,59	0,03	11,68	5	-	-	-	0,11	14
benzoesan tridecylu	27,59	-	-	-	0,11	857,39	95	0,04	38
heksanian nonylu	27,63	0,03	10,39	14	0,01	38,20	10	-	-
dekanian decylu	27,89	0,10	39,90	19	0,03	247,55	33	0,00	10
oktanian tetradecylu	27,93	0,05	20,50	19	0,16	1208,65	52	0,04	29
adypinian dietyloheksylu	28,12	0,57	236,72	57	0,17	1314,73	81	0,05	43
propionian 2-oktylododecylu	28,15	0,03	12,62	10	0,06	450,39	33	0,01	10
oleopalmitynian butylu	28,18	-	-	-	0,32	2467,09	10	0,01	5
benzoesan tetradecylu	28,40	0,62	257,58	95	0,08	652,84	81	0,00	10
di(2-etyloheksanian) glikolu trietylenowego	28,77	0,04	17,75	14	0,05	352,56	10	0,07	10
palmitynian heksylu	28,78	0,33	135,39	14	-	-	-	0,12	14
dibenzoesan diglikolu	28,83	0,23	94,88	5	-	-	-	-	-

## ZALĄCZNIK 8

benzoosan pentadecylu	29,16	0,49	205,18	81	0,14	1058,37	86	0,00	14
oktanian heksadecylu	29,47	0,27	113,13	57	-	-	-	-	-
oktanian heptadecylu	29,60	0,02	7,65	5	0,20	1574,29	86	0,31	33
oleopalmitynian pentylu	29,64	0,08	31,42	5	0,01	35,60	5	0,80	38
octan dokozyłu	29,75	0,01	3,79	5	0,00	31,85	5	-	-
palmitynian heptylu	30,41	-	-	-	0,32	2476,62	14	1,12	29
oktokrylen	30,48	0,65	271,22	29	0,38	2943,57	38	0,04	24
stearynian izopropylu	30,65	2,18	909,63	71	1,13	8768,00	76	0,45	71
mirystynian cholesterylu	30,76	0,08	34,25	29	0,03	226,78	38	-	-
cykloheksano-1,2-dikarboksylan dioktylu	30,92	0,18	75,66	19	0,00	30,49	5	-	-
oleopalmitynian oktylu	31,31	-	-	-	0,08	639,21	10	1,12	38
dekanian heksadecylu	31,49	0,01	5,75	5	0,06	452,08	33	-	-
oktanian oktadecylu	31,51	0,19	77,99	48	0,13	991,04	67	0,02	24
cykloheksano-1,2-dikarboksylan dinonylu	31,89	0,45	188,74	19	-	-	-	-	-
oleopalmitynian decylu	32,53	0,08	34,87	5	-	-	-	0,19	19
oleopalmitynian dodecylu	33,55	0,02	6,15	5	0,07	550,79	33	0,05	19
palmitynian decylu	34,06	1,34	556,76	67	0,66	5163,65	76	0,19	52
dekanian oktadecylu	34,39	0,10	42,34	14	0,01	61,98	5	-	-
oleopalmitynian tetradecylu	34,47	0,04	16,31	10	0,05	381,50	19	0,46	24
octan oktakozyłu	35,44	-	-	-	-	-	-	0,02	10
palmitynian undecylu	35,88	0,06	24,72	10	0,09	714,48	24	0,22	10
stearynian oktylu	35,91	-	-	-	0,09	723,77	10	0,27	24
mirystynian mirystylu	36,45	0,19	80,69	67	0,08	593,79	33	0,23	19
palmitynian dodecylu	36,56	0,18	74,67	14	-	-	-	0,07	5
octan nonakozyłu	36,67	0,09	36,60	10	0,01	47,08	5	0,00	5
palmitynian tridecylu	37,16	-	-	-	-	-	-	0,11	5
trikaprylan	37,35	0,95	397,31	81	0,08	583,75	29	0,14	24
octan chondrilasterolu	37,66	0,54	225,51	52	0,45	3513,75	33	0,04	19
palmitynian tetradecylu	38,22	1,81	753,35	76	0,92	7137,85	76	0,22	48
oleopalmitynian eikozanu	38,59	-	-	-	0,47	3638,64	62	0,94	81
mirystynian izobutylu	39,13	1,15	478,95	29	0,10	810,96	24	0,22	10
oktan tokoferylu	39,14	0,38	156,28	29	-	-	-	-	-

## ZALĄCZNIK 8

octan tokoferylu	39,16	0,30	126,29	48	0,00	34,43	5	-	-
palmitynian pentadecylu	39,17	0,47	196,34	19	0,43	3307,87	38	0,06	19
tripelargonina	39,99	0,12	51,39	5	-	-	-	-	-
suma	-	37,97	29822,52	-	25,35	197156,05	-	11,23	-
średnia	-	-	-	31	-	-	37	-	26
<b>12) etery</b>									
1,4-dioksan	3,47	-	-	-	-	-	-	0,00	5
1-propoksy-2-propanol	6,86	-	-	-	0,23	1814,53	43	-	-
2-butoksyetanol	8,49	0,10	41,71	14	0,11	847,08	29	0,01	14
1-butoksy-2-propanol	9,43	-	-	-	0,02	135,69	10	-	-
2,5-dimetylofuran	9,88	0,02	8,79	5	-	-	-	-	-
2-pentylofuran	10,59	0,25	105,20	57	0,02	114,22	24	0,00	19
2-etoksyetanol	10,90	0,02	6,56	14	-	-	-	-	-
1-(2-metoksy-1-metyloetoksy)propan-2-ol	11,06	0,11	44,75	19	0,13	976,37	76	0,00	24
izobutoksy-2-propanol	11,06	0,04	17,05	10	0,20	1539,61	62	0,00	5
2-(2-butoksyetoksy)etanol	14,77	0,85	354,86	24	0,97	7574,46	33	0,09	29
1-(2-butoksyetoksy)etanol	14,86	1,23	510,87	100	2,35	18247,36	86	0,14	43
2-fenoksyetanol	15,49	0,50	207,66	90	0,19	1477,29	71	0,01	29
1-(2-butoksy-1-metyloetoksy)propan-2-ol	15,90	0,05	19,60	14	0,29	2215,38	100	0,00	5
fenoksy-2-propanol	15,94	0,04	15,05	33	0,02	140,24	24	0,00	5
eter didekanowy	16,34	2,01	839,36	86	0,35	2702,11	90	0,08	57
eter didecylowy	16,34	-	-	-	-	-	-	0,01	10
1,2-epoksyheksadekan	16,85	0,02	8,35	24	0,04	290,96	33	0,00	5
eter winylowo laurynowy	20,17	0,06	24,19	33	0,01	62,21	33	0,00	5
eter oktanowy	22,10	0,15	64,36	48	-	-	-	-	-
eter monododecylowy glikolu tetraetylenowego	28,10	0,88	366,82	43	-	-	-	-	-
suma	-	6,32	2635,19	-	4,90	38137,51	-	0,35	-
średnia	-	-	-	38	-	-	51	-	18
<b>13) terpeny i terpenoidy</b>									
α-pinen	9,22	0,07	28,11	10	-	-	-	-	-
kamfora	9,57	-	-	-	0,01	59,27	14	-	-

ZAŁĄCZNIK 8

2-karen	10,74	0,44	184,39	67	-	-	-	-	-
o-cymen	11,32	0,11	45,78	29	0,14	1115,72	33	-	-
D-limonen	11,44	0,47	195,35	5	-	-	-	-	-
eukaliptol	11,52	0,01	6,00	5	-	-	-	-	-
mentol	14,64	0,30	123,33	33	0,04	276,91	19	0,15	29
L-izomentol	14,66	0,05	18,99	10	0,06	451,36	24	-	-
$\alpha$ -terpineol	15,02	0,07	29,44	19	-	-	-	-	-
cytronelol	15,60	0,02	8,43	5	-	-	-	-	-
$\alpha$ -jonon	19,75	0,01	4,73	10	0,05	385,14	48	-	-
$\gamma$ -jonon	19,90	1,24	516,30	57	-	-	-	-	-
$\beta$ -jonon	20,01	0,06	24,57	19	0,02	124,13	14	-	-
lilial	20,60	-	-	-	0,03	191,60	10	-	-
farnezol	22,24	-	-	-	0,01	77,89	5	-	-
zonarol	22,26	0,20	81,90	24	0,15	1161,52	29	-	-
$\alpha$ -bisabolol	22,51	0,20	84,69	19	0,04	322,48	14	-	-
ambroks	23,44	0,02	6,66	5	0,04	290,81	24	-	-
tonalid	24,20	-	-	-	0,01	46,74	5	0,02	19
nerolidol	25,00	0,04	17,60	5	0,02	186,33	5	-	-
2-pinanol	27,77	-	-	-	0,01	59,54	14	-	-
skwalen	32,19	11,83	4928,99	90	10,55	81995,07	100	2,85	100
suma	-	15,13	6305,25	-	11,155	86744,51	-	3,02	-
średnia	-	-	-	24	-	-	24	-	49
<b>14) ftalany i tereftalany</b>									
ftalan dietylu	21,36	0,24	101,78	62	0,46	3564,87	90	0,02	48
tereftalan metylu etylu	22,98	-	-	-	-	-	-	0,00	5
ftalan diizobutyli	24,14	0,36	149,17	71	1,33	10315,67	100	0,07	62
ftalan dibutyli	24,96	6,80	2832,11	19	2,02	15686,18	81	0,33	71
ftalan benzylu butylu	28,03	-	-	-	0,05	347,17	19	0,10	10
ftalan di(2-etyloheksylu)	29,27	12,04	5014,91	100	3,76	29226,37	100	3,16	100
ftalan dioktyli	30,86	0,11	45,54	52	0,03	214,22	14	-	-
ftalan diizononyli	31,22	6,75	2813,33	86	0,84	6530,95	90	0,20	76
tereftalan di(2-etyloheksylu)	31,37	4,47	1861,40	14	-	-	-	0,01	5
ftalan dinonyli	31,79	5,70	2375,78	100	0,52	4072,39	90	0,10	24
ftalan diizodecyli	32,63	1,53	636,96	95	0,12	955,14	71	0,07	19

## ZALĄCZNIK 8

ftalan didecylu	33,10	5,07	2111,23	76	0,15	1146,19	57	0,04	14
suma	-	43,06	17942,21	-	9,27	72059,16	-	4,10	-
średnia	-	-	-	68	-	-	71	-	39
<b>15) silany i siloksany</b>									
heksametylocyklotrisiloksan	6,46	0,11	45,21	76	0,07	514,78	86	0,37	76
oktametylocyklotetrasiloksan	10,69	0,05	20,04	29	0,03	194,32	43	0,05	29
oktametylocyklopentasiloksan	13,73	0,42	172,85	38	0,08	603,74	43	0,05	33
dekametylocyklopentasiloksan	14,21	0,16	64,51	52	0,02	144,72	19	0,03	38
dodekametylopentasiloksan	15,48	0,09	37,38	10	0,01	99,18	10	0,00	5
Dodekametylocykloheksasiloksan	17,16	0,10	39,68	38	0,03	238,15	48	0,01	24
tetradekametyloheptasiloksan	18,60	0,01	5,79	10	0,02	119,74	14	-	-
1,3,6-tris(trimetylosilylo)-1,4-cykloheksadien	19,46	0,01	2,42	5	0,01	93,70	10	-	-
Tetradekametylocykloheptasiloksan	19,69	-	-	-	0,01	35,20	5	0,01	14
heksadekametyloheptasiloksan	20,98	0,05	20,26	19	0,14	1051,51	62	0,00	10
Heksadekametylocyklooktasiloksan	22,29	0,07	27,53	38	0,38	2949,14	95	0,02	43
oktadekametylooktasiloksan	23,71	0,13	51,95	29	0,23	1754,55	67	0,01	33
oktadekametylocyklononasiloksan	24,26	0,07	30,63	33	0,44	3401,53	76	0,06	38
[[4-[1,2-bis(trimetylosilyl)oksy]etyl]-1,2-fenyl]bis(oksy)]bistrimetylsilan	25,33	0,13	54,02	29	0,32	2478,24	100	0,03	57
bis[di(trimetylosiloksy)fenylosiloksy]trimetylosiloksyfenylosiloksan	26,28	0,41	170,69	76	0,38	2927,55	100	0,08	67
suma	-	1,78	742,96	-	2,14	16606,04	-	0,72	-
średnia	-	-	-	34	-	-	52	-	36
<b>16) laktony</b>									
butyrolakton	8,73	-	-	-	-	-	-	0,00	10
pantolakton	11,62	-	-	-	-	-	-	0,00	5
$\gamma$ -kaprolakton	11,76	-	-	-	0,01	56,79	10	-	-
$\gamma$ -walerolakton	12,03	-	-	-	0,04	322,92	67	0,01	19

ZAŁĄCZNIK 8

ftalid	17,90	0,01	2,42	5	-	-	-	-	-
γ-dekalakton	19,77	0,02	8,36	10	0,02	147,52	24	-	-
γ-undekalakton	21,15	0,03	14,11	14	0,06	487,65	57	-	-
γ-palmitolakton	26,09	0,03	12,63	19	-	-	-	0,02	10
suma	-	0,09	37,52	-	0,13	1014,87	-	0,03	-
średnia	-	-	-	12	-	-	39	-	11
<b>17) cholesterol i jego pochodne</b>									
chlestanol	38,34	-	-	-	0,01	74,32	10	-	-
cholesta-2,4-dien	32,87	-	-	-	0,04	295,81	14	0,01	19
cholesta-3,5-dien	33,46	0,76	317,70	81	0,36	2776,77	86	0,20	76
cholesta-3,5-dien-7-on	39,85	0,21	87,24	43	-	-	-	-	-
cholesta-4,6-dien-3-ol	33,45	0,29	118,88	71	0,33	2565,63	100	0,10	52
cholestanol	38,30	0,08	31,68	14	-	-	-	-	-
cholesterol	37,93	4,86	2025,88	81	0,83	6459,51	38	0,17	48
suma	-	6,20	2581,37	-	1,57	12172,04	-	0,49	-
średnia	-	-	-	58	-	-	75	-	49
<b>18) bezwodniki kwasowe</b>									
bezwodnik octowy	1,57	0,02	9,84	10	-	-	-	-	-
bezwodnik cytrakonowy	9,36	0,83	343,64	43	0,01	56,32	14	-	-
bezwodnik ftalowy	17,25	0,06	26,32	24	0,01	64,59	24	0,03	24
bezwodnik difenyloaleinowy	25,55	-	-	-	-	-	-	0,00	5
suma	-	0,91	379,79	-	0,02	120,90	19	0,03	-
średnia	-	-	-	25	-	-	-	-	14
<b>19) glikole</b>									
glikol propylenowy	4,58	0,56	232,58	100	-	-	-	-	-
glikol neopentyłowy	9,25	0,02	7,65	5	-	-	-	-	-
glikol dipropylenowy	11,70	0,39	163,58	48	0,63	4882,28	95	-	-
glikol trietylenowy	15,48	1,12	464,38	71	0,02	133,21	14	-	-
glikol tetraetylenowy	20,21	1,04	431,16	67	-	-	-	-	-
suma	-	3,12	1299,35	-	0,65	5015,49	-	-	-
średnia	-	-	-	58	-	-	55	-	-
<b>20) hydroksy kwasy</b>									
kwask glikolowy	1,72	0,31	126,92	10	-	-	-	0,05	5
kwask L-mlekowy	9,39	0,68	282,72	81	-	-	-	-	-

## ZAŁĄCZNIK 8

suma	-	0,98	409,63	-	-	-	-	0,05	-
średnia	-	-	-	45	-	-	-	-	5
<b>21) związki zawierające azot (N)</b>									
pirydyna	4,38	0,02	7,93	14	-	-	-	-	-
pirol	4,83	0,09	36,77	43	-	-	-	-	-
metylopirazyna	6,47	0,08	34,50	48	-	-	-	-	-
2,6-dimetylopirazyna	8,68	0,03	10,33	14	-	-	-	-	-
sukcynoimid	13,71	0,01	3,51	10	-	-	-	-	-
N-cykloheksyloformamid	16,21	0,03	10,29	5	0,13	972,35	81	-	-
indol	16,87	0,01	3,78	5	-	-	-	-	-
dibutyloformamid	17,02	0,11	47,69	29	0,11	828,39	76	0,02	14
N, N-dimetylodekanoamid	17,20	3,00	1251,86	71	-	-	-	-	-
dodecyloдимetyloamina	20,30	5,80	2417,63	95	0,14	1111,68	24	0,00	5
N, N-trimetylotetradecyloamina	22,61	1,56	651,75	14	-	-	-	-	-
N, N-dimetylotridecyloamina	22,64	3,50	1459,93	33	-	-	-	-	-
2-acetylo-3-metylo-oktahydropirolo[1,2-a]piperazyno-1,4-dion	23,00	-	-	-	0,01	48,51	10	-	-
pantenol	24,32	0,37	153,85	5	-	-	-	-	-
N, N-dimetylopentadekanoamid	24,45	1,10	459,05	48	-	-	-	0,01	10
didecyloдимetyloamina	26,24	5,30	2209,24	62	0,26	1985,91	19	0,20	24
heksadekanoamid	26,58	2,79	1160,95	100	0,66	5128,61	71	0,36	38
oktadekanoamid	28,17	0,51	211,79	33	0,48	3737,96	14	0,43	24
suma	-	24,31	10130,82	-	1,78	13813,41	-	1,02	-
średnia	-	-	-	37	-	-	42	-	19
<b>22) związki zawierające siarkę (S)</b>									
metanotiol	1,47	0,18	73,11	76	-	-	-	-	-
disiarczek węgla	1,87	0,26	107,29	43	0,17	1313,32	14	0,02	14
disiarczek dimetylu	1,93	0,06	24,59	19	0,05	375,77	100	0,02	5
merkaptan benzylu	12,60	0,22	91,76	38	0,00	23,45	10	-	-
1-dekanotiol	17,61	0,05	20,39	24	-	-	-	-	-
kwas 2,4-dichlorobenzoesowy	20,49	0,61	252,05	62	-	-	-	0,09	33
1-dodekanotiol	20,76	0,07	27,63	52	0,00	21,72	5	0,00	10



## ZALĄCZNIK 8

suma	-	1,43	596,82	-	0,22	1734,26	-	0,13	-
średnia	-	-	-	45	-	-	32	-	15
<b>23) związki zawierające brom (Br)</b>									
2-bromoheksan	10,12	0,02	6,63	5	-	-	-	-	-
1-bromodekan	15,56	-	-	-	0,00	18,93	5	-	-
1-bromoundekan	17,51	1,47	610,90	10	-	-	-	-	-
1-bromo-2-metylodekan	18,74	0,02	6,17	5	0,00	10,59	5	0,00	5
1-bromododekan	19,76	3,13	1303,65	62	-	-	-	0,01	10
1-bromo-2-etyloheksan	20,08	0,01	5,50	5	-	-	-	-	-
1,2-dibromo-2-metyloundekan	21,08	0,14	57,42	5	-	-	-	-	-
kwas 10-bromoundekanowy	21,77	0,01	5,26	10	-	-	-	0,01	14
1-bromotetradekan	22,23	1,82	759,35	52	-	-	-	0,01	14
2-bromotetradekan	22,65	0,01	5,73	5	-	-	-	-	-
2-bromoheksadekan	26,09	0,06	24,98	5	-	-	-	-	-
2-bromononadekan	32,52	0,04	16,37	14	-	-	-	-	-
suma	-	6,73	2801,96	-	0,00	29,53	-	0,03	-
średnia	-	-	-	16	-	-	5	-	11
<b>24) związki zawierające fosfor (P)</b>									
fosforan trietylu	13,49	-	-	-	0,02	115,88	29	-	-
fosforan tributylu	20,38	-	-	-	0,11	863,50	71	-	-
fosforan di(2-etyloheksylu)	25,57	0,01	5,75	10	0,00	10,59	5	0,00	5
fosforan tributoksyetylu	28,27	1,79	746,63	76	0,00	10,59	5	0,00	5
fosforan trifenylu	28,41	0,08	31,12	24	0,10	761,03	10	-	-
tlenek trifenylfosfiny	29,43	0,09	36,16	14	0,10	807,23	14	1,38	24
suma	-	1,97	819,66	-	0,33	2568,82	-	1,38	-
średnia	-	-	-	31	-	-	22	-	11
<b>25) związki zawierające chlor (Cl)</b>									
chlorometan	1,40	0,02	8,48	5	-	-	-	-	-
dichlorometan	1,81	2,11	876,97	33	0,92	7153,13	38	0,16	24
1,4-dichlorobenzen	10,91	-	-	-	0,00	17,50	5	0,01	10
chlorek benzylu	11,10	2,59	1078,26	86	-	-	-	-	-
1-chlorooktan	12,19	0,09	37,09	57	-	-	-	-	-
chlorek 4-etylobenzylu	15,34	1,47	610,55	52	-	-	-	-	-
1-chlorononan	16,34	0,52	214,38	19	-	-	-	-	-

ZAŁĄCZNIK 8

1-chlorodekan	19,81	2,76	1148,69	62	0,02	184,16	43	0,02	19
kwas 2,4-dichlorobenzoesowy	20,51	-	-	-	0,31	2394,13	43	-	-
1-chloroheksadekan	24,25	0,07	30,86	10	0,03	220,52	5	0,00	5
1-chlorooktadekan	25,48	0,02	8,44	10	0,02	136,24	24	-	-
palmitynian 2-chloroetylu	26,99	0,12	47,99	29	-	-	-	-	-
mirystynian 2-chloroetylu	28,34	0,13	55,29	71	-	-	-	-	-
chloromrówczan cholest-5-ene-3-yłu	31,86	0,39	160,91	38	0,50	3850,47	100	0,23	81
suma	-	10,27	4277,90	-	1,80	13956,15	-	0,42	-
średnia	-	-	-	39	-	-	37	-	28
<b>26) związki zawierające jod (I)</b>									
1-jodononan	21,49	0,011	4,462	10	-	-	-	-	-
1-jodotridekan	25,16	0,022	9,052	5	-	-	-	0,002	5
suma	-	0,032	13,515	-	-	-	-	0,002	-
średnia	-	-	-	7	-	-	-	-	5
<b>27) związki zawierające fluor (F)</b>									
kwas heptafluoromasłowy	23,24	0,02	6,32	5	-	-	-	-	-
bisfenol AF	25,65	-	-	-	0,01	68,82	5	0,07	10
suma	-	0,02	6,32	-	0,01	68,82	-	0,07	-
średnia	-	-	-	5	-	-	5	-	10
<b>28) farmaceutyki</b>									
meksyletyna	2,89	0,02	9,16	5	-	-	-	-	-
penicylamina	5,90	-	-	-	0,01	37,88	5	-	-
diazotan izosorbitu	11,82	0,05	18,62	5	-	-	-	-	-
kwas walproinowy	13,17	-	-	-	0,00	20,92	5	-	-
streptowitacyna A	13,59	0,01	4,67	5	-	-	-	-	-
tolbutamid	14,95	0,03	12,23	5	-	-	-	-	-
amantadyna	15,76	0,01	4,10	5	-	-	-	-	-
mesalazyna	16,17	0,02	8,73	10	-	-	-	-	-
propyloheksedryna	16,27	0,04	15,53	5	0,01	42,88	5	-	-
mekamylamina	16,35	-	-	-	0,00	19,36	5	-	-
ibuprofen	16,42	0,05	19,43	10	-	-	-	-	-
lewetyracetam	18,72	0,02	7,94	5	-	-	-	-	-
sumatryptan	20,11	0,01	2,42	5	-	-	-	-	-

## ZALĄCZNIK 8

etylefryna	21,02	0,01	4,38	5	-	-	-	-	-
klonitazen	21,80	0,02	6,22	5	-	-	-	-	-
chloroheksydyna	21,99	0,02	8,11	5	-	-	-	-	-
meklofenoksat	22,68	0,01	5,80	5	-	-	-	-	-
benzestrol	23,03	-	-	-	-	-	-	0,00	5
paracetamol	23,09	0,11	47,61	19	-	-	-	-	-
meperydyna	23,34	0,02	9,69	5	0,01	60,91	5	-	-
fendimetrazyna	23,92	0,01	4,61	5	-	-	-	-	-
lidokaina	24,52	0,10	41,31	19	0,01	39,00	5	-	-
metronidazol	25,25	0,05	20,79	5	-	-	-	-	-
tramadol	25,28	0,10	42,34	5	-	-	-	-	-
kwas acetylosalicylowy	25,85	0,01	4,37	10	-	-	-	-	-
sildenafil	26,33	-	-	-	0,03	234,69	5	-	-
diltiazem	26,39	0,04	17,12	10	-	-	-	-	-
palmidrol	26,43	0,02	7,41	5	0,01	59,61	5	0,00	5
dosulepina	27,12	-	-	-	-	-	-	0,00	5
tonzylamina	27,50	-	-	-	0,00	19,88	5	-	-
dimenoksadol	28,51	-	-	-	-	-	-	0,00	5
niacynamid	28,53	0,07	30,31	10	-	-	-	-	-
oksyfen	28,70	0,02	8,47	5	-	-	-	-	-
dihydrotachysterol	30,74	-	-	-	0,00	26,11	5	-	-
klemastyna	31,21	0,07	29,91	5	-	-	-	-	-
metarbital	31,86	0,01	2,42	5	-	-	-	-	-
ginsenol	34,96	-	-	-	-	-	-	0,00	5
betametazon	35,05	0,02	7,69	5	-	-	-	-	-
α-tokoferol	39,02	0,01	5,93	14	0,01	54,40	5	-	-
β-tokoferol	39,11	0,01	2,42	5	-	-	-	-	-
suma	-	0,98	409,73	-	0,08	615,65	-	0,01	-
średnia	-	-	-	7	-	-	5	-	5
<b>29) pestycydy</b>									
surfynol	18,93	0,13	52,21	52	0,29	2267,98	90	0,00	5
3-cyklooktylo-1,1-dimetylomocznik	20,50	-	-	-	0,04	281,04	24	0,00	5
etyloparaben	20,57	0,03	14,35	5	-	-	-	-	-

## ZAŁĄCZNIK 8

N,N-dietylo-m-toluamid	21,22	-	-	-	0,01	92,90	24	-	-
2,6-diizopropylo-naftalen	22,86	0,08	31,44	5	-	-	-	-	-
fenwalerat	27,16	-	-	-	-	-	-	0,00	5
suma	-	0,24	97,99	-	0,34	2641,92	-	0,01	-
średnia	-	-	-	21	-	-	46	-	5
<b>30) alkaloidy</b>									
nikotyna	17,99	0,31	130,52	62	0,21	1619,99	62	0,01	19
kofeina	24,06	0,48	200,22	33	0,08	582,93	5	-	-
suma	-	0,79	330,74	-	0,28	2202,91	-	0,01	-
średnia	-	-	-	48	-	-	33	-	19
<b>31) substancje słodzące</b>									
erytrytol	11,58	0,03	12,35	10	-	-	-	-	-
glicerol	11,79	0,23	96,98	48	-	-	-	-	-
maltol	13,33	0,09	36,98	57	-	-	-	-	-
sacharoza	19,60	0,01	2,42	5	-	-	-	-	-
ksylitol	22,62	-	-	-	0,05	421,61	24	-	-
suma	-	0,36	148,72	-	0,05	421,61	-	-	-
średnia	-	-	-	30	-	-	24	-	-
<b>32) pozostałe</b>									
furfurol	7,32	2,28	950,02	86	-	-	-	-	-
2-furylometanol	7,35	0,76	315,68	62	-	-	-	0,01	14
6-metylo-5-hepten-2-on	10,43	-	-	-	0,07	546,58	24	-	-
2-metylo-1,3-butadien	11,36	-	-	-	0,01	84,56	5	-	-
alkohol benzylowy	11,60	-	-	-	-	-	-	0,04	38
cyklopropylokarbinol	12,88	-	-	-	-	-	-	0,03	43
benzotiazol	15,59	0,03	11,62	24	-	-	-	-	-
izotiocyanian cykloheksylu	15,80	0,05	19,67	24	-	-	-	0,04	52
kaprolaktam	16,18	0,16	65,01	76	-	-	-	0,00	10
4-amino-4,5-dihydro-2(3H)-furanon	17,06	-	-	-	-	-	-	0,00	5
metyloparaben	19,58	0,25	105,36	24	-	-	-	0,00	10
jonon $\alpha$ -izometylu	19,84	-	-	-	-	-	-	0,01	5
lewoglukoza	20,71	0,34	141,00	19	-	-	-	-	-

## ZALĄCZNIK 8

(7a-izopropenylo-4,5-dimetylooktahydroinden-4-ylo) metanol	22,28	0,04	16,12	14	0,02	145,40	10	-	-
2,3,3a,4,7,7a-heksahydro-2,2,4,4,7,7-heksametylo-1H-inden	22,49	0,03	13,24	10	-	-	-	0,02	5
tris(1-chloro-2-propylo)fosforan	23,51	0,04	17,27	24	0,13	985,10	33	0,00	5
1,2-epoksyoktadekan	23,88	0,07	28,09	19	0,04	324,70	19	-	-
5,5',6,6',7,7',8,8'-oktahydro-2,2'-binaftalen	29,37	-	-	-	0,01	101,95	10	0,04	5
latosterol	39,41	0,14	57,54	10	-	-	-	-	-
suma	-	4,18	1740,62	-	0,28	2188,28	-	0,21	-
średnia	-	-	-	33	-	-	17	-	17

ZAŁĄCZNIK 9

Załącznik 9

Tabela 39. Całkowita zawartość ftalanów w powietrzu wewnętrznym poszczególnych oddziałów/pododdziałów i pomieszczeń wybranych jednostek opieki zdrowotnej

NAZWA SZPITALA/ PRZYCHODNI	KATEDRA/ KLINIKA	ODDZIAŁ/ PODODDZIAŁ	SKRÓT	MIEJSCE POBORU PRÓBEK	ŚREDNIA Z 2 TUR POMIARÓW	ŚREDNIA [ng/m <sup>3</sup> ]	MIN [ng/m <sup>3</sup> ]	MAX [ng/m <sup>3</sup> ]	MEDIAN A [ng/m <sup>3</sup> ]		
Szpital Morski im PCK w Gdyni	-	Oddział Dzienny Chemioterapii	SMODCH	sala pacjentów	1529,62	2408,30	1406,71	3621,20	2361,60		
				pokój socjalny	3050,6						
				sala zabiegowa	3412,85						
				pokój przygotowawczy	1573,70						
		Oddział Onkologii Klinicznej	SMOOK	sala pacjentów	2222,52	10304,15	1012,13	30005,87	5404,72		
				pokój socjalny	970,09						
				sala zabiegowa	29265,75						
				pokój przygotowawczy	8638,75						
Centrum Medyczne Dąbrowa-Dąbrówka w Gdyni	-	-	POZDD	pokój socjalny	9982,55	13770,35	9637,37	17975,44	13734,30		
				sala zabiegowa	17556,97						
Centrum Medyczne „Sopmed” w Sopocie	-	-	POZS	pokój socjalny	20658,42	21792,60	20084,18	23457,22	21814,50		
				sala zabiegowa	22934,51						
UCK, GUMed	Katedra i Klinika Chirurgii Onkologicznej	-	UCKKChO	sala pacjentów	15453,79	14514,55	10605,44	17279,07	15469,47		
				pokój socjalny	10844,71						
				sala zabiegowa	17188,48						
	Katedra i Klinika Pediatrii, Hematologii i Onkologii	Oddział Chemioterapii Onkologicznej	UCKOChO	sala pacjentów	2786,57	3362,76	2782,14	3971,62	3348,64		
				sala zabiegowa	3938,95						
				Oddział Hematologii Dziecięcej	UCKOHD	sala pacjentów	3862,97	2861,17	2220,69	3902,82	2658,38
						izolatka	2585,20				
						sala zabiegowa	2263,29				
pokój przygotowawczy	2686,55										

ZAŁĄCZNIK 9

	Oddział Szybkiej Diagnostyki z Oddziałem Dziennym	UCKOSD	sala pacjentów	4811,07	6808,35	4483,88	8975,51	6705,12	
			pokój socjalny	5820,86					
			sala zabiegowa	7700,61					
			pokój przygotowawczy	8866,83					
	Katedra i Klinika Hematologii i Transplantologii	Poradnia Hematologiczna	UCKPH	sala pacjentów	4693,60	10244,63	3615,83	16342,00	10510,34
				sala zabiegowa	15767,66				
		Oddział Hematologii A	UCKOHA	sala pacjentów	10082,88	11713,30	9915,14	13051,29	12064,25
				pokój socjalny	12064,49				
				sala zabiegowa	12948,26				
		Oddział Hematologii B	UCKOHB	sala pacjentów	10600,22	9197,83	5302,20	11390,00	10324,31
				pokój socjalny	6167,45				
				sala zabiegowa	10711,35				
		Oddział Transplantacji	UCKOT	sala pacjentów	3490,16	4957,98	3446,36	8766,6	4002,02
				pokój socjalny	8378,20				
				sala zabiegowa	4088,55				
				śluza	3874,99				
	Centrum Medycyny Rodzinnej	-	UCKCMR	pokój socjalny	30959,98	22756,43	14319,35	31763,76	22471,31
				sala zabiegowa	14549,86				
	Katedra i Klinika Onkologii i Radioterapii	Oddział Ginekologii i Radioterapii z Pracownią Brachyterapii	UCKOGRB	sala pacjentów	10748,04	17410,87	8964,18	21126,37	19781,61
				pokój socjalny	20711,18				
sala zabiegowa				19777,88					
pokój administracyjno-zabiegowy				18377,20					
Oddział Onkologii Klinicznej i Radioterapii		UCKOOKR	sala pacjentów	10116,05	13469,50	9716,31	19287,73	13257,96	
			pokój socjalny	13534,62					
	sala zabiegowa		16746,36						
Wojewódzkie Centrum Onkologii w Gdańsku	-	WCO	sala pacjentów 2	3644,08	3603,85	3061,66	3846,56	3625,36	
			sala pacjentów 3	3292,37					
			pokój socjalny	3709,99					

ZAŁĄCZNIK 9

				sala zabiegowa	3699,46				
NZOZ „STOGI” w Gdańsku–Filia Przeróbka	-	-	POZSP	pokój socjalny	13841,37	19909,28	12762,67	27453,89	19710,29
				sala zabiegowa	25890,19				
NZOZ „Stogi” w Gdańsku	-	-	POZSt	pokój socjalny	30768,06	32025,59	30227,33	33987,87	31943,57
				sala zabiegowa	33280,06				
Szpital im. Mikołaja Kopernika w Gdańsku	Katedra i Klinika Pediatrii, Gastroenterologii , Hematologii i Żywienia Dzieci	Oddział Gastroenterologii	SMKOG	sala pacjentów	6155,08	5895,28	4648,66	7044,61	5912,51
				pokój socjalny	6745,95				
				sala zabiegowa	4773,75				
		Oddział Pediatrii	SMKOP	sala pacjentów	4034,26	6424,04	3904,94	10497,84	5848,28
				pokój socjalny	8295,81				
				sala zabiegowa	6948,59				
				sala pacjentów	5756,74	6679,64	4215,41	8162,58	7287,40
				pokój socjalny	6554,80				
				sala zabiegowa	7727,38				



## Załącznik 10

Tabela 40. Wyniki pomiarów toksyczności ostrej i pH próbek moczu pielęgniarek pracujących w poszczególnych jednostkach ochrony zdrowia

NR PIELE- GNIARKI	ŚREDNIA WARTOŚĆ pH	ŚREDNIA WARTOŚĆ TOKSYCZNO- ŚCI [%]	TOKSY- CZNOŚĆ POMIAR 1 [%]	TOKSY- CZNOŚĆ POMIAR 2 [%]	PH POMIAR 1	PH POMIAR 2
1	5,6	40	47	33	5,73	5,52
2	6,3	49	53	45	6,59	6,07
3	4,7	91	94	87	4,76	4,76
4	5,7	51	53	49	5,69	5,71
5	6,0	85	88	82	5,67	6,26
6	6,5	70	73	67	6,50	6,52
7	6,0	88	91	85	5,80	6,22
8	4,8	87	90	83	4,83	4,84
9	6,3	42	51	33	6,50	6,18
10	6,1	91	90	92	6,11	6,09
11	5,5	96	99	92	5,50	5,51
12	5,3	59	60	58	5,29	5,33
13	6,0	75	81	68	5,97	5,98
14	6,5	97	95	99	6,73	6,23
15	5,9	62	64	60	5,98	5,80
16	4,6	99	99	99	4,36	4,84
17	5,7	60	62	57	5,63	5,72
18	6,2	83	86	80	6,10	6,27
19	5,1	53	56	50	5,09	5,11
20	5,6	93	98	88	5,50	5,64
21	5,6	56	70	42	5,32	5,84
22	5,3	71	99	42	5,27	5,32
23	5,4	56	61	51	5,50	5,31
24	6,0	98	97	98	6,1	5,89
25	6,5	92	94	90	6,62	6,40
26	6,9	55	52	58	6,94	6,85
27	5,9	96	93	98	6,21	5,60
28	6,5	54	29	79	6,01	6,99
29	5,6	98	99	97	5,70	5,54
30	7,0	36	37	34	6,94	6,96
31	5,1	87	91	82	4,91	5,28
32	6,0	85	88	81	6,1	5,86
33	5,2	95	98	92	5,31	5,07
34	6,4	10	5	14	6,43	6,34
35	6,1	92	89	95	5,76	6,38
36	5,6	97	99	94	5,64	5,59
37	5,9	95	94	97	5,82	5,90
38	5,0	93	89	96	4,77	5,24
39	5,9	86	91	80	6,22	5,63
40	5,7	68	58	77	5,71	5,63

## ZALĄCZNIK 10

41	5,6	97	98	95	5,80	5,40
42	5,2	69	65	72	5,22	5,23
43	5,7	84	84	84	5,63	5,69
44	6,2	58	52	64	6,32	6,13
45	5,2	71	68	74	5,14	5,23
46	5,2	93	95	91	5,25	5,06
47	5,3	97	96	98	5,32	5,26
48	5,1	72	85	58	5,07	5,06
49	4,9	95	91	99	4,89	4,94
50	6,1	62	30	94	6,14	6,16
51	5,8	47	49	45	5,56	6,06
52	6,7	1	-2	4	6,71	6,74
53	6,2	51	51	53	6,17	6,15
54	5,4	82	71	93	5,64	5,17
55	5,3	97	97	98	5,15	5,39
56	5,9	75	72	77	5,86	5,84
57	5,2	46	39	53	5,11	5,25
58	5,2	89	87	90	5,06	5,26
59	5,5	97	98	96	5,43	5,55
60	5,7	78	79	78	5,85	5,64
61	5,1	79	76	82	4,66	5,44
62	5,4	99	98	99	5,40	5,40
63	5,2	99	99	98	5,12	5,28
64	7,7	48	56	40	7,76	7,64
65	5,2	93	89	96	5,21	5,24
66	5,5	96	94	98	5,42	5,59
67	5,8	79	78	80	5,54	6,01
68	5,7	68	68	67	5,71	5,71
69	5,2	99	98	99	5,06	5,24
70	5,5	99	99	99	5,48	5,52
71	5,2	68	70	64	5,23	5,17
72	6,1	99	98	99	5,9	6,11
73	6,0	96	98	93	5,84	6,13
74	5,1	60	58	61	5,11	5,06
75	6,4	56	60	51	6,39	6,44
76	5,3	12	18	6	5,25	5,27
77	5,4	74	67	80	5,29	5,54
78	5,0	94	95	93	4,95	5,02
79	5,0	91	96	84	5,02	5,06
80	5,0	96	99	92	5,10	5,06
81	5,6	67	75	59	5,57	5,53
82	6,7	47	48	45	6,69	6,78
83	5,0	93	92	94	5,01	5,07
84	3,3	74	80	67	5,27	4,82
85	5,2	64	58	69	5,31	5,14
86	5,1	89	83	94	5,27	5,01

## ZAŁĄCZNIK 10

---

87	5,3	58	64	51	5,03	5,5
88	5,5	91	99	82	5,51	5,47
89	5,5	85	82	87	5,49	5,49
90	5,5	96	93	98	5,39	5,61
91	5,7	78	79	76	5,73	5,76
92	5,0	95	92	97	5,01	5,08
93	5,4	47	50	44	5,36	5,38
94	6,0	44	49	38	5,89	6,14
95	6,2	90	85	94	6,17	6,19
96	5,2	76	70	82	5,12	5,31
średnia	5,6	76	76	75	5,63	5,66

ZAŁĄCZNIK 11

Załącznik 11

Tabela. 41. Substancje zidentyfikowane w powietrzu wewnętrznym, pyłe o mniejszej i większej średnicy cząstek oraz w kurzu, wraz z przyporządkowanymi im klasami zagrożenia zgodnie z Dz.U. L 353 z 31 grudnia 2008 r. z późn. zm. [kategoria: **Muta**- działanie mutagenne na komórki rozrodcze (1B-może powodować wady genetyczne; 2-podejrzewa się, że powoduje wady genetyczne);

**Acute Tox.**- toksyczność ostra (1- grozi śmiercią w kontakcie ze skórą/wdychanie grozi śmiercią; 2/2 \*-wdychanie/połknięcie grozi śmiercią; 3/3 \*- działa toksycznie po połknięciu/ w kontakcie ze skórą/w następstwie wdychania; 4/4 \*- działa szkodliwie po połknięciu/w kontakcie ze skórą/w następstwie wdychania);

**STOT SE**- działanie toksyczne na narządy docelowe-narażenie jednorazowe (1-powoduje uszkodzenie narządów; 3-może powodować podrażnienie dróg oddechowych/senność/zawroty głowy);

**Skin Corr.**- działanie żrące na skórę (1A/1B/1C- powoduje poważne oparzenia skóry oraz uszkodzenia oczu);

**Skin Irrit.**- działanie drażniące na skórę (2- działa drażniąco na skórę);

**Carc.**- działanie rakotwórcze (1A/1B- może powodować raka; 2- podejrzewa się, że powoduje raka)

**Eye Dam.**- powoduje poważne uszkodzenie oczu (1- poważne uszkodzenie oczu);

**Eye Irrit.** - działanie drażniące na oczy (2- działa drażniąco na oczy);

**Repr.**- działanie szkodliwe na rozrodczość (1B- może działać szkodliwie na płodność/na dziecko w łonie matki; 2- podejrzewa się, że działa szkodliwie na płodność/na dziecko w łonie matki);

**STOT RE**- działanie toksyczne na narządy docelowe-powtarzane narażenie (1- powoduje uszkodzenie narządów w następstwie długotrwałego/powtarzanego narażenia; 2/2\*- może spowodować uszkodzenie narządów w następstwie długotrwałego/powtarzanego narażenia);

**Asp. Tox.** 1- zagrożenie spowodowane aspiracją;

**Resp. Sens.**- działanie uczulające na drogi oddechowe (1-może powodować objawy alergii/astmy/trudności w oddychaniu-w następstwie wdychania);

**Skin Sens.**- działanie uczulające na skórę (1/1A/1B- może powodować reakcję alergiczną skóry)]

SUBSTANCJA	DZIAŁANIE (KLASA ZAGROŻENIA-KOD KATEGORII)												
	Muta.	Acute Tox.	STOT SE	Skin Corr.	Skin Irrit.	Carc.	Eye Dam.	Eye Irrit.	Repr.	STOT RE	Asp. Tox.	Resp. Sens.	Skin Sens.
<b>POWIETRZE WEWNĘTRZNE</b>													
n-heptan	-	-	3	-	2	-	-	-	-	-	1	-	-
3-metyloheksan	-	-	3	-	2	-	-	-	-	-	1	-	-
2,4-dimetyloheksan	-	-	3	-	2	-	-	-	-	-	1	-	-
2,3-dimetyloheksan	-	-	3	-	2	-	-	-	-	-	1	-	-
2-metyloheptan	-	-	3	-	2	-	-	-	-	-	1	-	-
3-metyloheptan	-	-	3	-	2	-	-	-	-	-	1	-	-
benzen	1B	-	-	-	2	1A	-	2	-	1	1	-	-
toluen	-	-	3	-	2	-	-	-	2	2 *	1	-	-
o-ksylen	-	4 *	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
m,p-ksylen	-	4 *	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
styren	-	4*	-	-	2	-	-	2	2	1	-	-	-
etylobenzen	-	4*	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-

## ZAŁĄCZNIK 11

propylobenzen	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
1,3,5-trimetylobenzen	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2-fenylopropen	-	-	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
1,2,4-trimetylobenzen	-	4 *	3	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-
naftalen	-	4 *	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
bifenył	-	-	3	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-
kwas 2-etyloheksanowy	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
kwas benzoesowy	-	-	-	-	2	-	1	-	-	1	-	-	-
kwas heptanowy	-	-	-	1B	-	-	-	-	-	-	-	-	-
kwas oktanowy	-	-	-	1C	-	-	-	-	-	-	-	-	-
kwas nonanowy	-	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-
kwas dekanowy	-	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-
metanol	-	3 *	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-propanol	-	-	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
1-butanol	-	4 *	3	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-
1-pentanol	-	4 *	3	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
1-heksanol	-	4 *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2-propanol	-	-	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
2-metylo-1-propanol	-	-	3	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-
fenol	2	3 *	-	1B	-	-	-	-	-	2 *	-	-	-
fenylometanol	-	4 *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
m-krezol	-	3 *	-	1B	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2-fenylofenol	-	-	3	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-
metanal	2	3*	-	1B	-	1B	-	-	-	-	-	-	1
furfural	-	3 */4 *	3	-	2	2	-	2	-	-	-	-	-
benzaldehyd	-	4 *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
propanon	-	-	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
2-butanon	-	-	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
2-heksanon	-	-	3	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-
3-heptanon	-	4 *	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
cykloheksanon	-	4 *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5-metylo-3-heptanon	-	-	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
acetofenon	-	4 *	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
mleczan metylu	-	-	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
octan etylu	-	-	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
mrówczan butylu	-	-	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
metakrylan metylu	-	-	3	-	2	-	-	-	-	-	-	-	1

## ZAŁĄCZNIK 11

octan propylu	-	-	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
octan butylu	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
propionian propylu	-	4 *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
tetrahydrofuran	-	-	3	-	-	2	-	2	-	-	-	-	-
1,4-dioksan	-	-	3	-	-	2	-	2	-	-	-	-	-
2-metoksyetanol	-	4 *	-	-	-	-	-	-	1B	-	-	-	-
2-butoksyetanol	-	4 *	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-
1-butoksy-2-propanol	-	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-
2-etoksyetanol	-	4 */3	-	-	-	-	-	-	1B	-	-	-	-
octan 2-butoksyetylu	-	4 *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2-(2-butoksyetoksy)etanol	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
2-fenoksyetanol	-	4 *	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
D-limonen	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	1
linalol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1B
karwon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
cytral	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	1
ftalan diizobutylu	-	-	-	-	-	-	-	-	1B	-	-	-	-
ftalan dibutylu	-	-	-	-	-	-	-	-	1B	-	-	-	-
ftalan diheksylu	-	-	-	-	-	-	-	-	1B	-	-	-	-
ftalan benzylu butylu	-	-	-	-	-	-	-	-	1B	-	-	-	-
ftalan di(2-etyloheksylu)	-	-	-	-	-	-	-	-	1B	-	-	-	-
oktametylocyklotetrasiloksan	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
formamid	-	-	-	-	-	-	-	-	1B	-	-	-	-
pirydyna	1B	-	-	-	-	1B	-	-	-	-	-	-	-
oksym 2-butanonu	-	4 *	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	1
2-chloroetanol	-	2 */1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
dichlorometan	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
2-chloropropan	-	4 *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
tetrachloroeten	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
chlorobenzen	-	4	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
1,4-dichlorobenzen	-	-	-	-	-	2	-	2	-	-	-	-	-
chlorek benzylu	-	4 */3 *	3	-	2	1B	1	-	-	2 *	-	-	-
fentrotion	-	4 *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N,N-dietylo-m-toluamid	-	4 *	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-
bezwodnik ftalowy	-	4 *	3	-	2	-	1	-	-	-	-	1	1
2-furylometanol	-	3 */4 *	3	-	-	2	-	2	-	2 *	-	-	-
kaprolaktam	-	4 *	3	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-

## ZAŁĄCZNIK 11

sumaryczna ilość substancji o danym działaniu	4	35	36	5	31	13	7	29	13	9	10	1	8
<b>PYŁ O MNIJSZEJ ŚREDNICY CZĄSTEK</b>													
benzen	1B	-	-	-	2	1A	-	2	-	1	1	-	-
1,3,5-trimetylobenzen	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2-fenylopropen	-	-	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
naftalen	-	4 *	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
kwas 2-etyloheksanowy	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
kwas benzoesowy	-	-	-	-	2	-	1	-	-	1	-	-	-
kwas heptanowy	-	-	-	1B	-	-	-	-	-	-	-	-	-
kwas oktanowy	-	-	-	1C	-	-	-	-	-	-	-	-	-
kwas nonanowy	-	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-
kwas dekanowy	-	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-
metanol	-	3 *	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-propanol	-	-	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
1-butanol	-	4 *	3	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-
2-propanol	-	-	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
metanal	2	3*	-	1B	-	1B	-	-	-	-	-	-	1
furfural	-	3 */4 *	3	-	2	2	-	2	-	-	-	-	-
benzaldehyd	-	4 *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
propanon	-	-	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
cykloheksanon	-	4 *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
acetofenon	-	4 *	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
octan etylu	-	-	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
propionian propylu	-	4 *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,4-dioksan	-	-	3	-	-	2	-	2	-	-	-	-	-
2-butoksyetanol	-	4 *	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-
2-(2-butoksyetoksy)etanol	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
2-fenoksyetanol	-	4 *	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
ftalan diizobutyli	-	-	-	-	-	-	-	-	1B	-	-	-	-
ftalan dibutyli	-	-	-	-	-	-	-	-	1B	-	-	-	-
ftalan benzylu butylu	-	-	-	-	-	-	-	-	1B	-	-	-	-
ftalan di(2-etyloheksylu)	-	-	-	-	-	-	-	-	1B	-	-	-	-
oktametylocyklotetrasiloksan	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
dichlorometan	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
1,4-dichlorobenzen	-	-	-	-	-	2	-	2	-	-	-	-	-
bezwodnik ftalowy	-	4 *	3	-	2	-	1	-	-	-	-	1	1

## ZAŁĄCZNIK 11

2-furylometanol	-	3 */4 *	3	-	-	2	-	2	-	2 *	-	-	-
1,3-dimetylobenzen	-	4 *	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
kwas etanowy	-	-	-	1A	-	-	-	-	-	-	-	-	-
kwas 2-propenowy	-	4 *	-	1A	-	-	-	-	-	-	-	-	-
kwas propanowy	-	-	-	1B	-	-	-	-	-	-	-	-	-
kwas cis-butenodiowy	-	4 *	3	-	2	-	-	2	-	-	-	-	1
kwas butanowy	-	-	-	1B	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2-heptanon	-	4 *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-(2-butoksyetoksy)etanol	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
dibutyloformamid	-	4 *	-	-	-	-	-	2	1B	-	-	-	-
disiarczek węgla	-	-	-	-	2	-	-	2	2	1	-	-	-
nikotyna	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
alkohol benzylový	-	4 *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>sumaryczna ilość substancji o danym działaniu</b>	<b>2</b>	<b>20</b>	<b>13</b>	<b>7</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>19</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>PYŁ O WIĘKSZEJ ŚREDNICY CZĄSTEK</b>													
2-fenylopropen	-	-	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
1,2,4-trimetylobenzen	-	4 *	3	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-
kwas 2-etyloheksanowy	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
kwas benzoesowy	-	-	-	-	2	-	1	-	-	1	-	-	-
kwas heptanowy	-	-	-	1B	-	-	-	-	-	-	-	-	-
kwas oktanowy	-	-	-	1C	-	-	-	-	-	-	-	-	-
kwas nonanowy	-	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-
kwas dekanowy	-	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-
metanol	-	3 *	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-propanol	-	-	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
2-propanol	-	-	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
fenylometanol	-	4 *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
metanal	2	3*	-	1B	-	1B	-	-	-	-	-	-	1
furfural	-	3 */4 *	3	-	2	2	-	2	-	-	-	-	-
benzaldehyd	-	4 *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
propanon	-	-	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
2-heksanon	-	-	3	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-
cykloheksanon	-	4 *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
acetofenon	-	4 *	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
octan etylu	-	-	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
propionian propylu	-	4 *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



## ZAŁĄCZNIK 11

2-butoksyetanol	-	4 *	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-
1-butoksy-2-propanol	-	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-
2-(2-butoksyetoksy)etanol	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
2-fenoksyetanol	-	4 *	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
ftalan diizobutyłu	-	-	-	-	-	-	-	-	1B	-	-	-	-
ftalan dibutyłu	-	-	-	-	-	-	-	-	1B	-	-	-	-
ftalan benzylu butyłu	-	-	-	-	-	-	-	-	1B	-	-	-	-
ftalan di(2-etyloheksylu)	-	-	-	-	-	-	-	-	1B	-	-	-	-
oktametylocyklotetrasiloksan	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
dichlorometan	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
1,4-dichlorobenzen	-	-	-	-	-	2	-	2	-	-	-	-	-
N,N-dietylo-m-toluamid	-	4 *	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-
bezwodnik ftalowy	-	4 *	3	-	2	-	1	-	-	-	-	1	1
kwas etanowy	-	-	-	1A	-	-	-	-	-	-	-	-	-
kwas 2-propenowy	-	4 *	-	1A	-	-	-	-	-	-	-	-	-
kwas propanowy	-	-	-	1B	-	-	-	-	-	-	-	-	-
kwas cis-butenodiowy	-	4 *	3	-	2	-	-	2	-	-	-	-	1
kwas butanowy	-	-	-	1B	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-(2-butoksyetoksy)etanol	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
dibutyloformamid	-	4 *	-	-	-	-	-	2	1B	-	-	-	-
disiarczek węgla	-	-	-	-	2	-	-	2	2	1	-	-	-
nikotyna	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
n-oktan	-	-	3	-	2	-	-	-	-	-	1	-	-
benzo(a)antracen	-	-	-	-	-	1B	-	-	-	-	-	-	-
2,4-pentanodion	-	4 *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
octan izopropylu	-	-	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
benzo(a)antracen	-	-	-	-	-	1B	-	-	-	-	-	-	-
kwas metanowy	-	-	-	1A	-	-	-	-	-	-	-	-	-
kwas 2-metylopropanowy	-	4 *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
kofeina	-	4 *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>sumaryczna ilość substancji o danym działaniu</b>	<b>1</b>	<b>20</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>20</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>KURZ</b>													
1-(2-butoksyetoksy)etanol	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
1,2,4-trimetylobenzen	-	4 *	3	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-
1,3,5-trimetylobenzen	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5-pentanodial	-	3/2	3	1B	-	-	-	-	-	-	-	1	1A

## ZAŁĄCZNIK 11

1-hydroksybutan-2-on	-	4 *	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	1
2-(2-butoksyetoksy)etanol	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
2,3-dimetyloheksan	-	-	3	-	2	-	-	-	-	-	1	-	-
2,4-dimetyloheksan	-	-	3	-	2	-	-	-	-	-	1	-	-
2-butoksyetanol	-	4 *	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-
2-etoksyetanol	-	3 /4	-	-	-	-	-	-	1B	-	-	-	-
2-fenoksyetanol	-	4 *	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
2-fenylofenol	-	-	3	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-
2-fenylopropen	-	-	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
2-furylometanol	-	3 * /4	3	-	-	2	-	2	-	2	-	-	-
2-heptanon	-	4 *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2-propanon	-	-	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
acetyloaceton	-	4 *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
benzaldehyd	-	4 *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
benzen	1B	-	-	-	2	1A	-	2	-	1	1	-	-
bezwodnik ftalowy	-	4 *	3	-	2	-	1	-	-	-	-	1	1A
bezwodnik octowy	-	4 *	-	1B	-	-	-	-	-	-	-	-	-
chlorek benzylu	-	3/4 *	3	-	2	1B	1	-	-	2	-	-	-
chlorometan	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2	-	-	-
dibutyloformamid	-	4 *	-	-	-	-	-	2	1B	-	-	-	-
dichlorometan	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
disiarczek węgla	-	-	-	-	2	-	-	2	2	1	-	-	-
D-limonen	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	1
fenol	2	3 *	-	1B	-	-	-	-	-	2	-	-	-
ftalan di(2-etyloheksylu)	-	-	-	-	-	-	-	-	1B	-	-	-	-
ftalan dibutyli	-	-	-	-	-	-	-	-	1B	-	-	-	-
ftalan diizobutyli	-	-	-	-	-	-	-	-	1B	-	-	-	-
furfurol	-	3 */4	3	-	2	2	-	2	-	-	-	-	-
kaprolaktam	-	4 *	3	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-
kofeina	-	4 *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
kwask 2-etyloheksanowy	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
kwask 2-metylopropanowy	-	4 *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
kwask 2-propenowy	-	4 *	-	1A	-	-	-	-	-	-	-	-	-
kwask benzoesowy	-	-	-	-	2	-	1	-	-	1	-	-	-
kwask butanowy	-	-	-	1B	-	-	-	-	-	-	-	-	-
kwask dekanowy	-	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-
kwask etanowy	-	-	-	1A	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## ZAŁĄCZNIK 11

kwas heptanowy	-	-	-	1B	-	-	-	-	-	-	-	-	-
kwas metanowy	-	-	-	1A	-	-	-	-	-	-	-	-	-
kwas nonanowy	-	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-
kwas oktanowy	-	-	-	1C	-	-	-	-	-	-	-	-	-
kwas propanowy	-	-	-	1B	-	-	-	-	-	-	-	-	-
metakrylan metylu	-	-	3	-	2	-	-	-	-	-	-	-	1
metanal	2	3*	-	1B	-	1B	-	-	-	-	-	-	1
metanotiol	-	3 *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
mleczan metylu	-	-	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
naftalen	-	4 *	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
n-heksan	-	-	3	-	2	-	-	-	2	2	1	-	-
nikotyna	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
octan butylu	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
octan etylu	-	-	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
o-ksylen	-	4 *	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
oktametylocyklotetrasiloksan	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
pirol	-	4 *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
propionian propylu	-	4 *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
styren	-	4*	-	-	2	-	-	2	2	1	-	-	-
toluen	-	-	3	-	2	-	-	-	2	2	1	-	-
<b>sumaryczna ilość substancji o danym działaniu</b>	<b>3</b>	<b>28</b>	<b>19</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>19</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>6</b>