

Zanieczyszczenie ubrania specjalnego strażaka wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi

Sylwia Krzemińska

Małgorzata Szewczyńska

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

sykrz@ciop.lodz.pl, mapol@ciop.pl



Ubranie specjalne strażaka – badane materiały

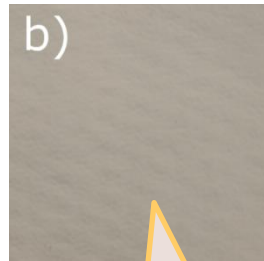
Tkanina zewnętrzna

Membrana

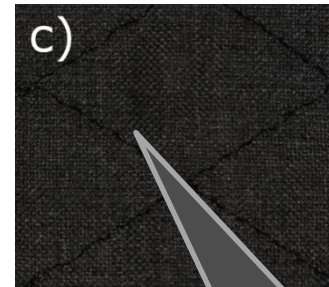
Wkład termoizolacyjny
(izolacja)



Skład:
98 % metaaramid,
2 % antystatyk
grubość 0.51 mm



Skład:
50% metaaramid,
25% paraaramid,
25% poli(tetrafluoro
etylen) (laminat)
grubość 1.17 mm



Skład :
Podszewka: 50%
aramid,
50 % viskoza FR,
Filc: 85% metaaramid,
15 % paraaramid
grubość 1.06 mm



Ubranie specjalne strażaka – użytkowanie

Nr ubrania	Użytkowanie ubranie	Obszar pobierania próbek N=7
1, 2	Ubranie użytkowano w 1 akcji : pożar budynku niskiego i domku na działce	Spodnie: okolice kolan Kurtka: okolice łokcia i przód kurtki
3, 4	Ubranie użytkowano w 8 wejściach : pożary płyt meblowych w komorze ogniowej	Spodnie: okolice kolan Kurtka: okolice łokcia i przód kurtki



WSPÓŁPRACA w zakresie użytkowania

Komenda Miejska PSP w Łodzi
Jednostka Ratowniczo-Gaśnicza nr 1 w Łodzi
Fundacja cfbt



Ubranie specjalne strażaka – procedura prania

Pralnica (Vascator FOM 71 MP, Electrolux, Szwecja)

Temperatura 60°C

Suszenie: w stanie rozwieszonym 21–24°C

1 cykl prania



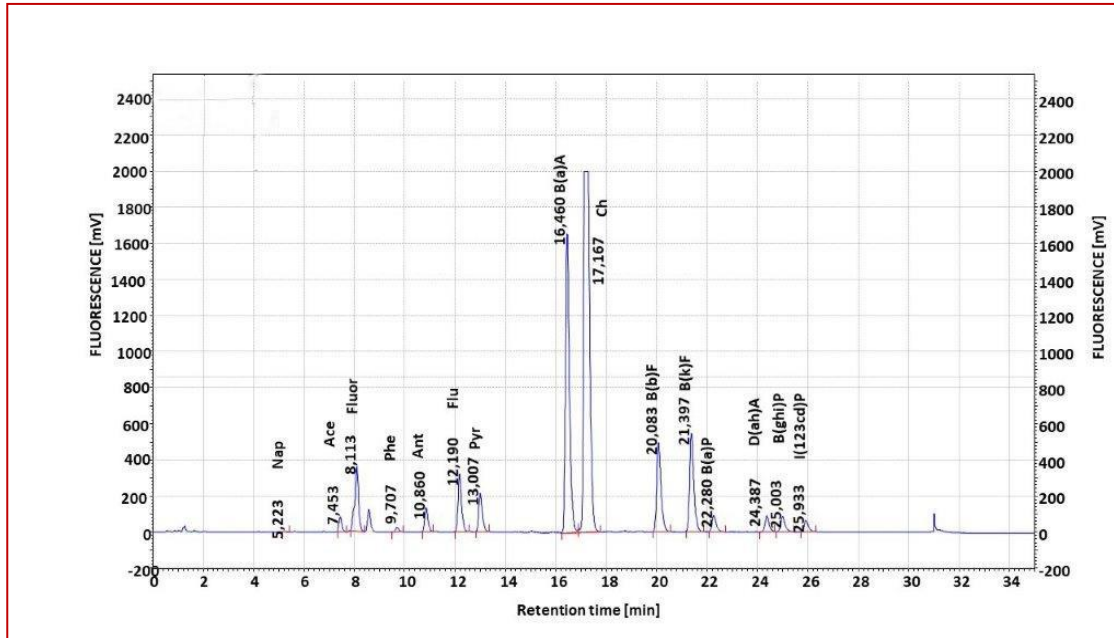
Środek piorący: proszek bez wybielaczy optycznych stosowany do laboratoryjnego czyszczenia odzieży ochronnej dla strażaków (706-653-ECE, James Heal, Wielka Brytania)

Zminimalizowanie zanieczyszczenia krzyżowego:

- każdy element ubrania był prany oddzielnie,
- między cyklami prania pralka była czyszczona poprzez wykonanie 5 standardowych cykli prania odzieży ochronnej,
- bezpośrednio przed każdym cyklem prania wykonywano pusty przebieg.

Analiza wielopierścieniowych węglodorów aromatycznych WWA (przed i po użytkowaniu oraz po praniu)

☐ WWA - Metoda wysokosprawnej chromatografii gazowej z detekcją fluorescencyjną



Badane WWA (PAHs)

Acenaphthylene

Fluorene

Phenanthrene

Anthracene

Fluoranthene

Pyrene

Benz(a)anthracene

Chrysene

Benzo (b)fluoranthene

Benzo(k)fluoranthene

Benzo(a)pyrene

Dibenzo[a,h]anthracene

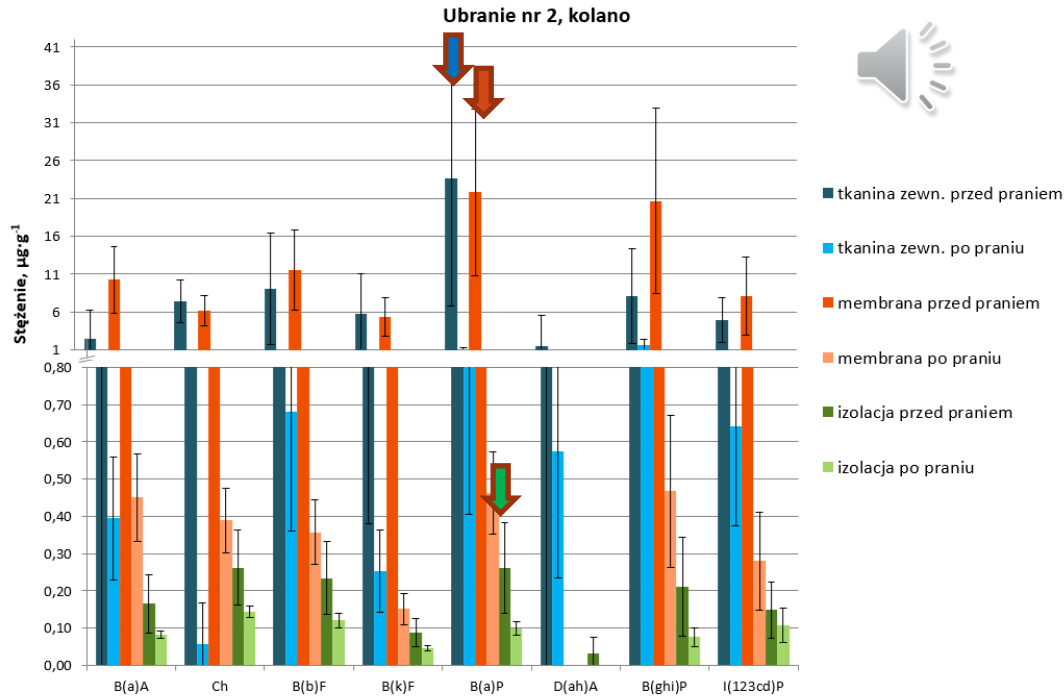
Benzo(g,h,i)perylene

Indeno(1,2,3-cd)pyrene

Analiza statystyczna wyników - program Statistica ver. 10.0 software (Statsoft), analiza wariancji ANOVA.

WYNIKI BADAŃ OZNACZANIA WĘGLOWODORÓW AROMATYCZNYCH (WWA)

Ubranie użytkowane podczas działań ratowniczych



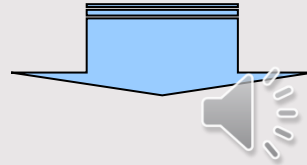
Największe stężenie, ok. **25 µg·g⁻¹** wyznaczono w przypadku benzo(a)piren (B(a)P) dla próbki tkaniny zewnętrznej, pobranej z kolana (ubranie nr 2).

Stężenie B(a)P w środkowej warstwie odzieży ochronnej (membrana) było wysokie i nie było znacząco niższe niż w warstwie tkaniny zewnętrznej (**22 µg·g⁻¹**).

Stężenie B(a)P w izolacji na poziomie ok. 0.26 µg·g⁻¹.

Stężenia WWA przekroczyły wartości graniczne dla materiałów w ubraniu:

pojedynczy WWA 0,5 $\mu\text{g/g}$; suma WWA 10 $\mu\text{g/g}$

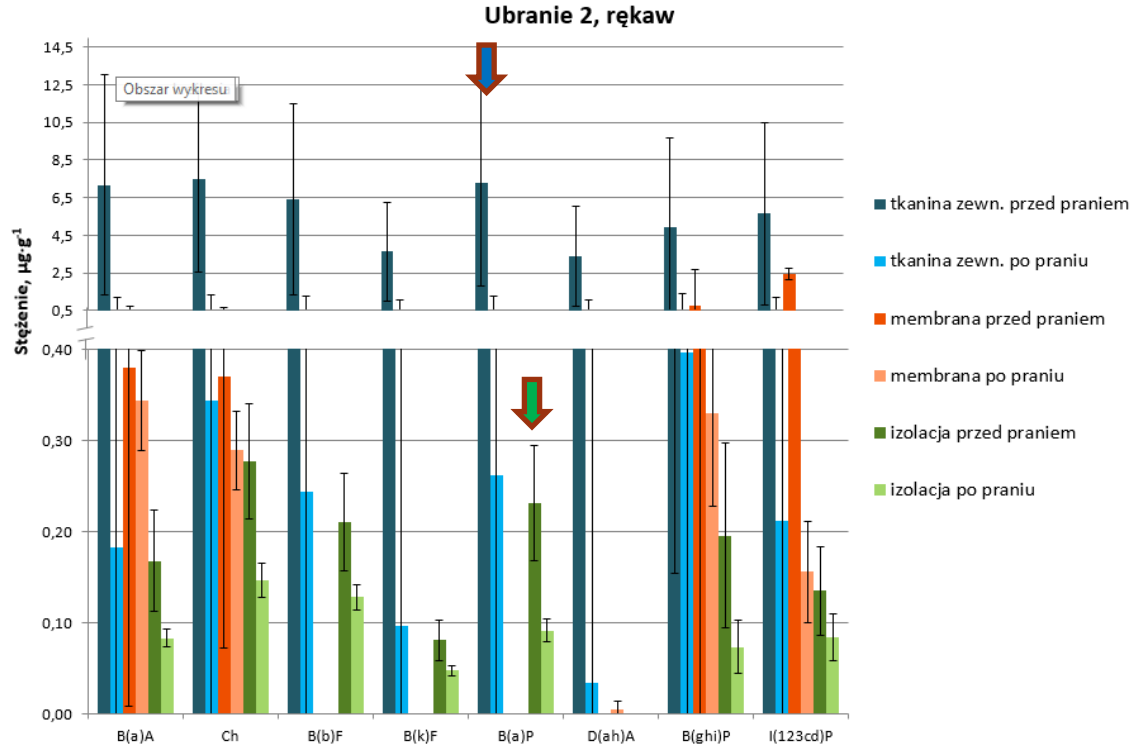


podane

- Niemiecki Komitet ds. Bezpieczeństwa Produktów
- norma ISO 23616:2022 „Cleaning, inspection and repair of firefighters' personal protective equipment”

WYNIKI BADAŃ OZNACZANIA WĘGLOWODORÓW AROMATYCZNYCH (WWA)

Ubranie użytkowane podczas działań ratowniczych

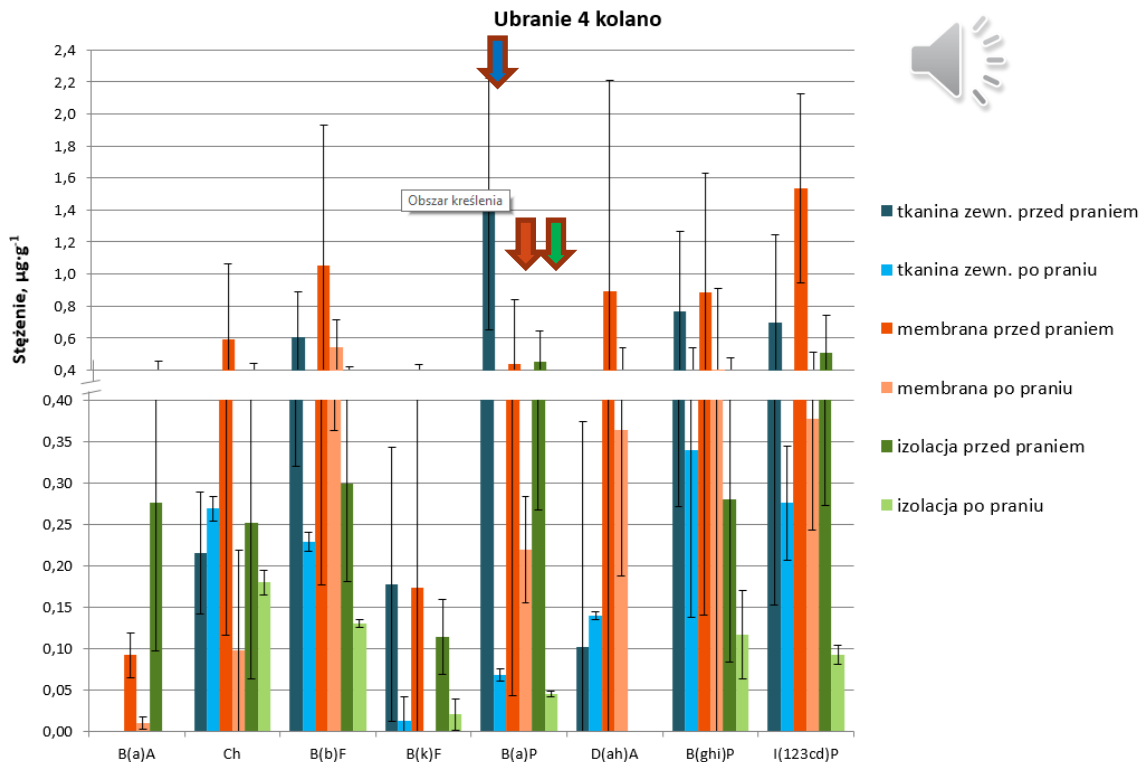


Stężenie B(a)P w próbkach pobranych z rękawa wynosiło:

- tkanina zewn. **6.5 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$**
- membrana - poniżej poziomu oznaczalności
- izolacja **0.22 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$**

WYNIKI BADAŃ OZNACZANIA WĘGLOWODORÓW AROMATYCZNYCH (WWA)

Ubranie użytkowane podczas ćwiczeń



Stężenie benzo(a)piren (B(a)P) dla próbki tkaniny zewnętrznej, pobranej z kolana ubrania użytkowanego podczas ćwiczeń w komorze (ubranie nr 4) wynosiło **1.4 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$** . Było kilkudziesięciokrotnie niższe niż dla ubrania użytkowanego w akcji.

Badania wykazały, że B(a)P znajdował się w najbardziej wewnętrznej warstwie odzieży ochronnej - izolacji. Stężenie B(a)P w tej warstwie, podobnie jak dla membrany, kształtowało się średnio na poziomie ok. **0.4 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$** .

WYNIKI BADAŃ OZNACZANIA WĘGLOWODORÓW AROMATYCZNYCH (WWA)

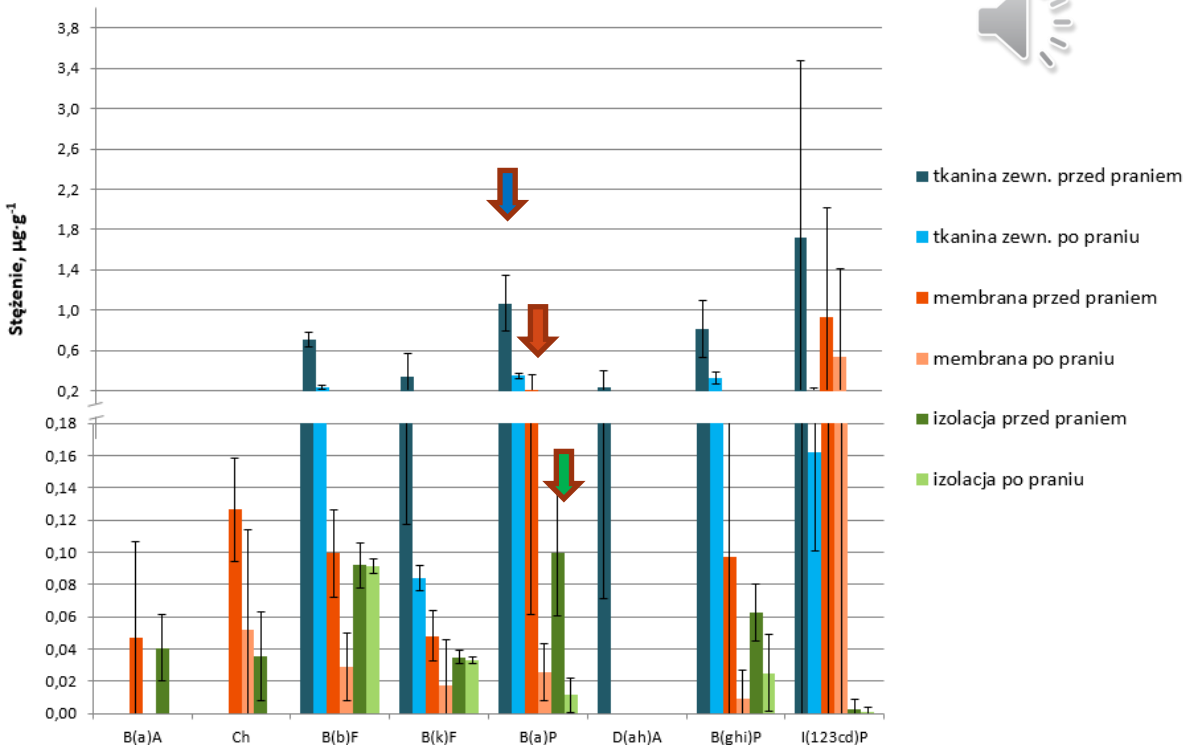
Ubranie użytkowane podczas ćwiczeń

Ubranie 4, rękaw



Stężenie B(a)P w materiałach ubrania użytkowanego podczas ćwiczeń w komorze (próbki z rękawa) wynosiło:

- tkanina zewn. **1.1 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$**
- membrana - **0.21 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$**
- izolacja **0.10 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$**

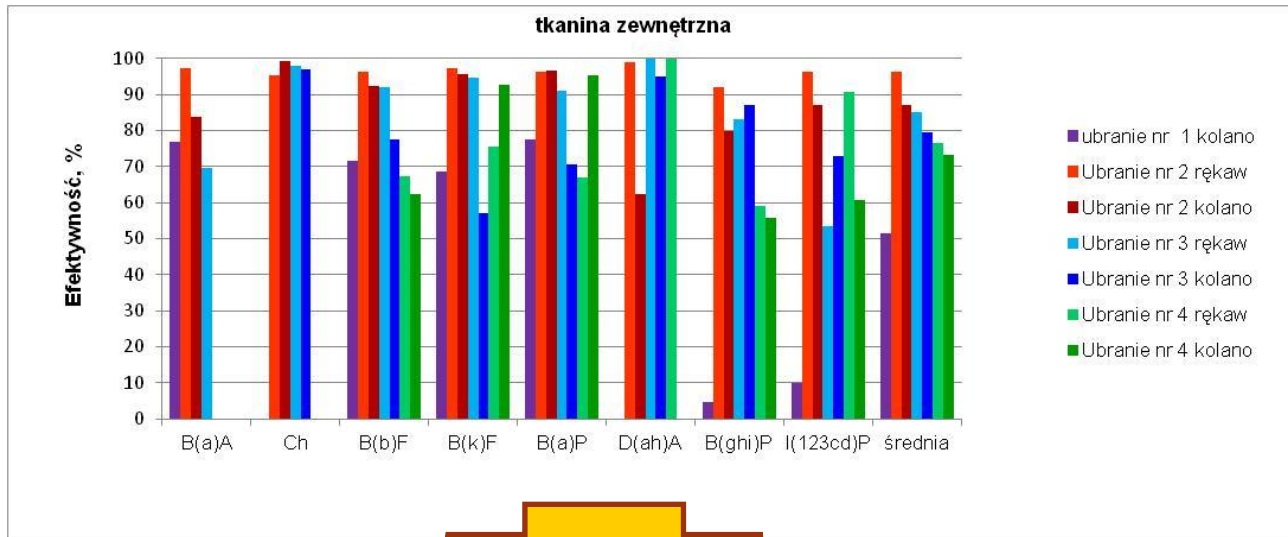


Ubranie	Obszar pobierania próbek	Sumaryczne stężenie WWA, $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$					
		Tkanina zewn.		Membrana		Izolacja termiczna	
		Przed praniem	Po praniu	Przed praniem	Po praniu	Przed praniem	Po praniu
Ubranie nr 2	Rękaw	45.9±27.1	1.8±0.8	3.9±2.3	1.1±0.2	1.3±0.4	0.7±0.1
	Kolano	62.9±25.5	5.1±2.1	83.8±41.2	2.6±0.7	1.4±0.6	0.7±0.1
Ubranie nr 4	Rękaw	4.9±1.9	1.2±0.2	1.6±1.0	0.7±0.9	0.4±0.1	0.2±0.0
	Kolano	4.0±1.1	1.3±0.2	5.7±2.7	2.0±0.6	2.2±1.0	0.6±0.1



Odnotowano, że sumaryczne stężenie WWA w tkaninie zewn. po użytkowaniu ubrania w działaniach ratowniczych wynosiło ok. 10-12 razy więcej ($42.7\pm 16.2 - 62.9\pm 25.5 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) niż po ćwiczeniach w komorze ($4.0\pm 1.1 - 4.9\pm 1.9 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$).

Wpływ procesu prania na poziom stężeń WWA w materiałach ubrania



$$\text{Efektywność} = \frac{c_0 - c_1}{c_0} \cdot 100\%$$

c_0 - stężenie substancji dla próbki przed praniem,
 c_1 - stężenie substancji dla próbki po praniu.



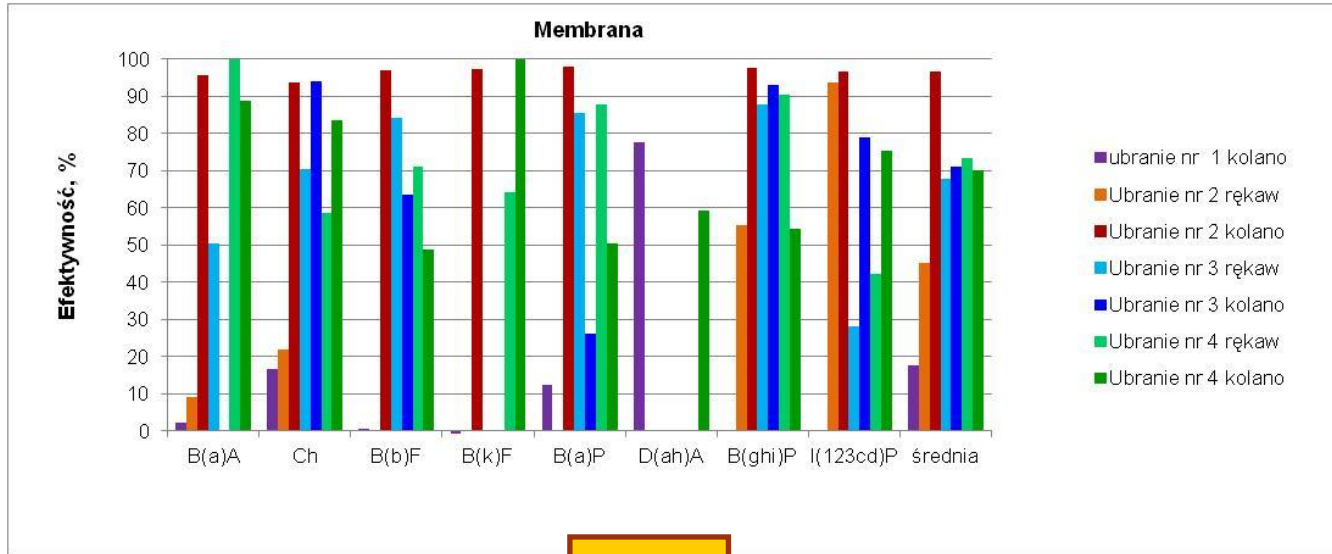
Efektywność prania tkaniny w zależności od rodzaju WWA: od 52 do 96 %

średnio 79%

Zaobserwowano nieco wyższe efektywności prania dla ubrania użytkowanego podczas działań ratowniczych (nr 1 i 2) niż podczas ćwiczeń w komorze ogniowej (nr 3 i 4) - różnice od kilku do kilkunastu procent.

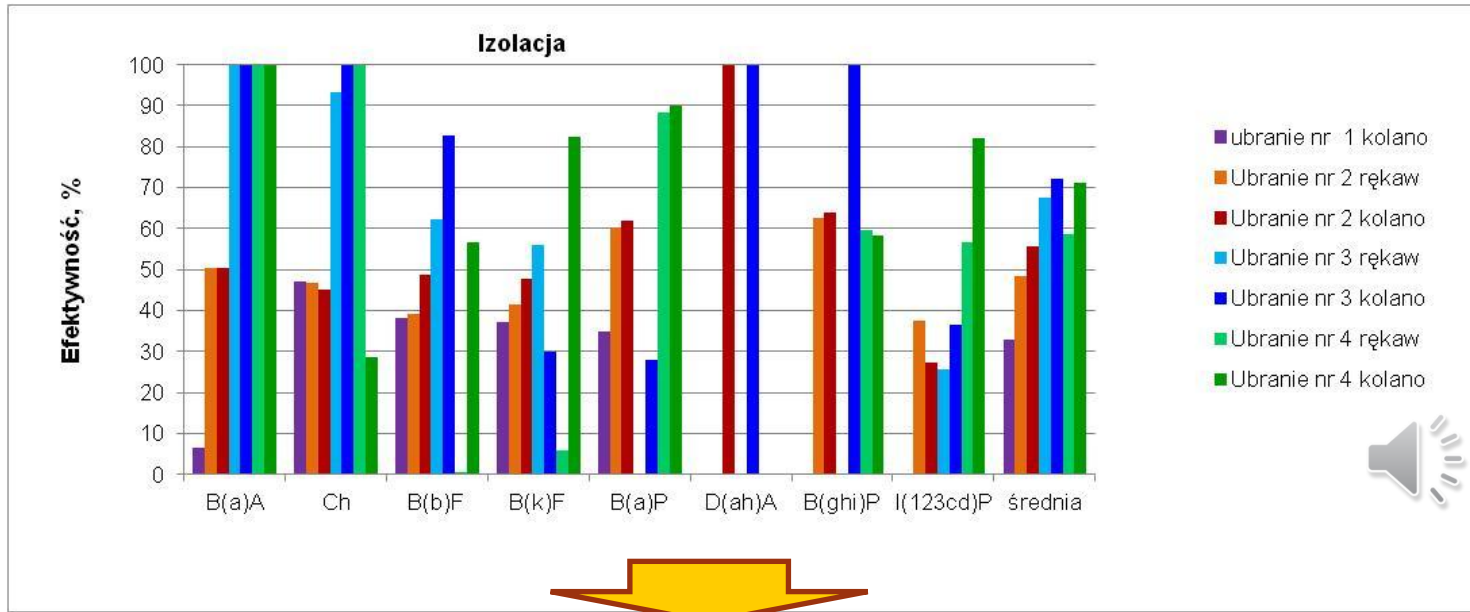
Lepiej usuwane były zanieczyszczenia z obszaru rękaw niż kolano (różnice do 3-10 %).

Wpływ procesu prania na poziom stężenia WWA w materiałach ubrania



Efektywność prania membrany w zależności od rodzaju WWA: od 18 do 97 %
średnio 63 %
 Efektywność prania zdecydowanie wyższa dla próbek pobranych z obszaru kolano, nawet o ok. 50 %.

Wpływ procesu prania na poziom stężenia WWA w materiałach ubrania



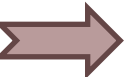
Efektywność prania izolacji w zależności od rodzaju WWA: od 33 do 71 %

średnio 58 %

Efektywność prania wyższa w przypadku ubrania użytkowanego w komorze ćwiczeń (nr 3 i 4).

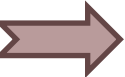
Efektywność prania zdecydowanie wyższa dla próbek pobranych z obszaru kolano, nawet o ok. 50 % - podobnie jak dla membrany.

WNIOSKI




Stwierdzono, że sposób użytkowania ubrania miał duży wpływ na wyznaczany poziom stężenia WWA. Wielokrotnie wyższe stężenie WWA wyznaczono dla ubrania użytkowanego podczas działań ratowniczych.

Stężenie WWA w tkaninie zewnętrznej ubrania po użytkowaniu w działaniach ratowniczych wynosiło ok. 10-12 razy więcej niż po ćwiczeniach w komorze.



Wykazano, że zewnętrzna i środkowa warstwa ubrania charakteryzowały znacznie wyższym stężeniem WWA niż warstwa wewnętrzna (izolacja). Ponadto, niektóre próbki środkowej warstwy odzieży - membrany cechowały się wyższym stężeniem WWA niż zewnętrzna warstwa tkaniny.



Nie odnotowano, aby lokalizacja próbek pobieranych z rękawa lub kolana ubrania miała wpływ na poziom stężenia analizowanych wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych.

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ

Dowiedz się więcej ...

Sylvia Krzemińska
Małgorzata Szewczyńska

**ODZIEŻ OCHRONNA DLA STRAŻAKÓW.
ZNACZENIE CZYSZCZENIA ODZIEŻY
PO UŻYTKOWANIU**



CIOP  PIB



https://m.ciop.pl/CIOPPortalWAR/file/94388/Odziez-ochronna-dla-strazakow-Krzeminska_Szewczyńska_2SP11.pdf