

Sylvia Krzemińska
Małgorzata Szewczyńska
Szymon Kokot

NARAŻENIE STRAŻAKA NA SUBSTANCJE CHEMICZNE

Zalecenia dotyczące bezpiecznego postępowania z odzieżą ochronną
strażaka po ekspozycji na szkodliwe substancje chemiczne
– w zakresie czyszczenia



Opracowano na podstawie wyników VI etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2023-2025 w zakresie zadań służb państwowych ze środków ministra właściwego ds. pracy.

Koordynator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Zadanie nr 6.ZS.11 pt. "Materiały szkoleniowe wspomagające bezpieczne stosowanie odzieży ochronnej dla strażaków w celu zmniejszenia ryzyka związanego z kumulowaniem się szkodliwych substancji chemicznych"

Autorzy:

dr inż. Sylwia Krzemińska – Zakład Ochron Osobistych, CIOP-PIB,

dr hab. Małgorzata Szewczyńska – Zakład Zagrożeń Chemicznych, Pyłowych i Biologicznych, CIOP-PIB

st. bryg. w st. spocz. mgr inż. poż. Szymon Kokot – Fundacja cfbt.pl

Zdjęcie na okładce: Tull Pradipath/Bigstockphoto

© Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Warszawa, 2024

Materiały informacyjne CIOP-PIB

Narażenie strażaka na substancje chemiczne. Zalecenia dotyczące bezpiecznego postępowania z odzieżą ochronną strażaka po ekspozycji na szkodliwe substancje chemiczne w zakresie czyszczenia

Podziękowania:

Autorzy składają serdeczne słowa podziękowania za współpracę i pomoc w zakresie użytkowania odzieży ochronnej i przeprowadzenia procesu prania strażakom Państwowej Straży Pożarnej z Bazy Szkolenia Poligonowego i Innowacji Ratownictwa w Nowym Dworze Mazowieckim i Jednostki Ratowniczo-Gaśniczej Akademii Pożarniczej w Warszawie, Jednostki Ratowniczo-Gaśniczej nr 7 w Warszawie, Jednostki Ratowniczo-Gaśniczej nr 2 w Łodzi, Jednostki Ratowniczo-Gaśniczej w Żyrardowie oraz Jednostki Ratowniczo-Gaśniczej w Sochaczewie.

Spis treści

1.	Wprowadzenie.....	4
2.	Narażenie strażaków na szkodliwe substancje chemiczne.....	5
3.	Problemy zdrowotne strażaków związane z narażeniem na substancje chemiczne.....	7
4.	Odzież ochronna dla strażaków i jej zanieczyszczenia.....	9
5.	Czy warto prać odzież ochronną po użytkowaniu?.....	1 2
6.	Jak ograniczyć oddziaływanie zanieczyszczeń substancjami chemicznymi odzieży ochronnej dla strażaków?.....	1 6
7.	Bibliografia.....	2 1

1. Wprowadzenie

Praca strażaka wiąże się z oddziaływaniem wielu czynników zagrożenia, wśród których obok wysokiej temperatury, promieniowania cieplnego, zadymienia, niedoboru tlenu czy możliwości odniesienia ran lub nawet śmierci ze względu na przygniecenie niestabilnymi elementami palących się budynków, coraz częściej są wskazywane szkodliwe substancje chemiczne [1, 2]. Substancje chemiczne mogą być adsorbowane na sprzęcie wykorzystywanym przez strażaków oraz na stosowanych przez nich środkach ochrony indywidualnej, w tym na okrywającej tułów odzieży ochronnej i bieliźnie podbarierowej. Po uczestnictwie w kolejnych akcjach ratowniczo-gaśniczych, a więc w wyniku wielokrotnego użytkowania odzieży ochronnej dla strażaka w warunkach oddziaływania substancji chemicznych, może dochodzić do ich kumulowania się w materiałach zastosowanych w odzieży.

Aktualnie w Polsce, zgodnie z danymi zawartymi w Biuletynie Państwowej Straży Pożarnej, w 2023 roku było zatrudnionych 31 343 strażaków w 504 [3] jednostkach ratowniczo-gaśniczych Państwowej Straży Pożarnej. W 2023 roku strażacy wyjeżdżali do ponad 486 tys. interwencji, w tym 99 296 pożarów [3]. Wśród osób poszkodowanych w pożarach było 501 rannych strażaków, a śmierć poniosło 5 strażaków [3]. W 2023 r. w działaniach ratowniczych udział brało ogółem ponad 2 046 000 strażaków PSP i ponad 1 852 000 strażaków OSP [3].

Wysoka szkodliwość substancji chemicznych występujących w środowisku pracy strażaka wymaga zwrócenia większej uwagi na właściwe czyszczenie odzieży ochronnej. Niewłaściwa konserwacja może prowadzić do utraty właściwości ochronnych (ochrona przed płomieniem i ciepłem), ale też stwarzać zagrożenie dla jego bezpieczeństwa zdrowotnego w dłuższej perspektywie z uwagi na narażenie na szkodliwe, najczęściej o charakterze rakotwórczym, substancje chemiczne. Jest to bardzo ważne, gdyż odzież ochronna strażaków użytkowana jest z reguły przez długi czas i w sposób wielokrotny, co prowadzi do kumulowania się substancji chemicznych w materiale.

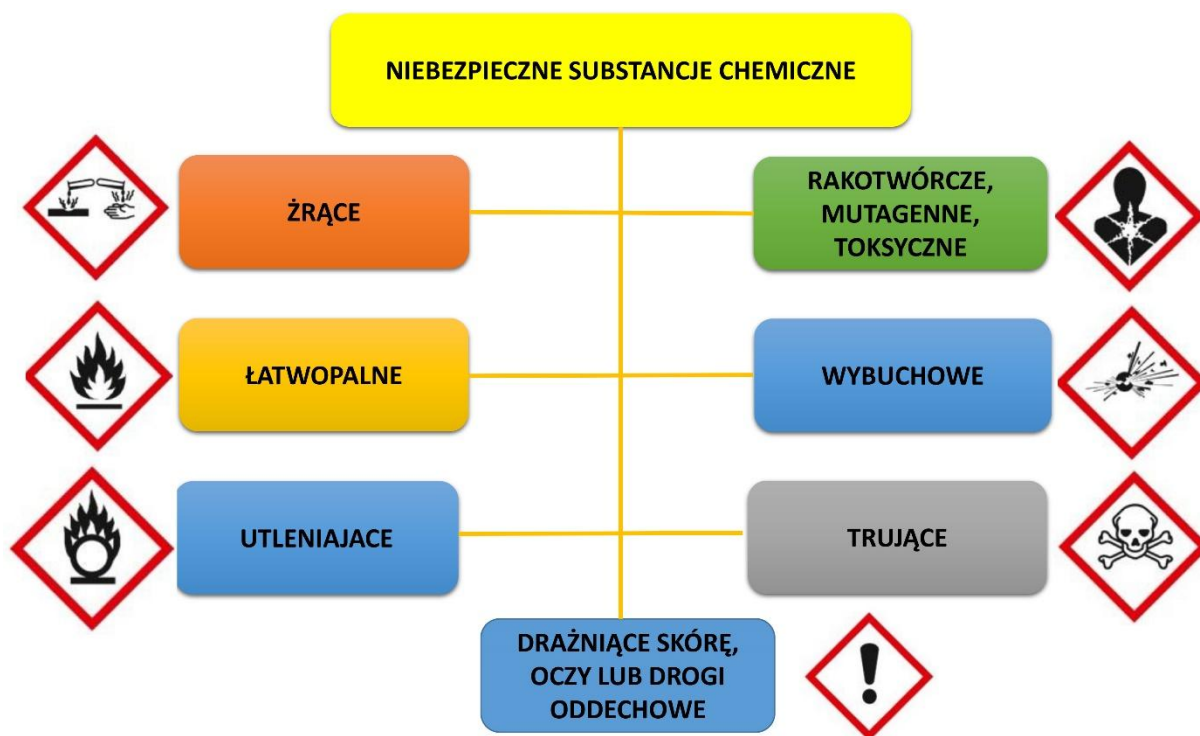
Badania dotyczące zagadnienia usuwania substancji chemicznych zanieczyszczających odzież ochronną po uczestnictwie w działaniach ratowniczo-gaśniczych, potwierdzają celowość prowadzenia procesu czyszczenia odzieży ochronnej strażaków i choć nie jest możliwe osiągnięcie 100% skuteczności czyszczenia, to zmniejszenie zawartości szkodliwych substancji chemicznych w materiałach odzieży ochronnej w perspektywie długotrwałego użytkowania może mieć pożądane efekty zdrowotne.

W poniższej publikacji przedstawiono narażenie strażaków na szkodliwe substancje chemiczne i problemy zdrowotne związane z tym narażeniem oraz zalecenia dotyczące bezpiecznego postępowania z odzieżą ochronną strażaka po ekspozycji na szkodliwe substancje chemiczne w zakresie czyszczenia.

2. Narażenie strażaków na szkodliwe substancje chemiczne

Czynnikami wpływającymi na bezpieczeństwo strażaków w warunkach pożaru są nie tylko wysoka temperatura i gęstość strumienia promieniowania cieplnego, zadymienie, niedobór tlenu czy uszkodzenia konstrukcji budynku lub jego elementów, ale także oddziaływanie wielu niebezpiecznych substancji chemicznych stanowiących szkodliwe produkty spalania (m.in. materiałów na bazie tworzyw sztucznych, tekstyliów, paliw biomasy) [1, 2].

Niebezpieczne substancje chemiczne charakteryzują się m.in. właściwościami toksycznymi, żrącymi, łatwopalnymi lub uczulającymi dla organizmu człowieka (rys. 1) [4].



Rysunek 1. Właściwości niebezpiecznych substancji chemicznych [4]

Typowymi substancjami chemicznymi w środowisku pożaru są [5]:

- tlenek węgla,
- dwutlenek azotu,
- dwutlenek siarki,
- formaldehyd,
- wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) i alifatyczne.

Często w środowisku pożarów wykrywane są też cyjanowodór, fosgen, chlorowodór, amoniak, fenol i jego pochodne oraz chlorowcopochodne [6]. Znaczna część związków uwalnianych podczas pożaru zaliczana jest do znanych, prawdopodobnych lub możliwych czynników rakotwórczych. Lista kancerogenów jest bardzo długa. Zaliczyć do niej można między innymi [7]:

- benzen,
- wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne,
- formaldehyd,
- dioksyne,
- sadzę,
- tlenek węgla,
- substancje z grupy PFAS (per- i polifluoroalkilowe).

W przypadku substancji chemicznych, należy pamiętać o efekcie synergii, gdy następuje mieszanie się ze sobą kilku substancji chemicznych powstających z palących się materiałów. Dodatkowo wpływ

tych substancji na organizm ludzki wzmacniany jest innymi czynnikami, towarzyszącymi gaszeniu pożarów, takimi jak przegrzanie i odwodnienie organizmu. Dochodzi wówczas do skumulowania w nim większej ilości szkodliwych substancji i gazów, których efekt działania może być silniejszy niż pojedynczych substancji. W czasie pożaru wielu substancji nie można zidentyfikować, czy zmierzyć (lub jest to trudne). Dostają się one do organizmu przez układ oddechowy i skórę, a także zanieczyszczają sprzęt, którego używają strażacy, a w efekcie przenoszone są do ich jednostek. Istnieje również ryzyko dostawania się substancji do organizmu strażaka drogą pokarmową, co może być np. następstwem nieodpowiedniej higieny dłoni.



Fot. Evgenii Mitroshin/Bigstockphoto

Obecnie International Agency for Research on Cancer WHO (IARC), wiodąca światowa instytucja zajmująca się nowotworami, sklasyfikowała narażenie zawodowe strażaków jako „rakotwórcze dla ludzi” [8]. Opublikowane w prestiżowym czasopiśmie medycznym Lancet Oncology [9] wyniki badań wskazują, że narażenie zawodowe w zawodzie strażaka jest „rakotwórcze dla ludzi” (grupa 1). Poprzednia ocena, z 2007 roku, zaklasyfikowała narażenie zawodowe w zawodzie strażaka jako „możliwie rakotwórcze” (grupa 2B). Klasyfikacja ta może być stosowana w odniesieniu do wszystkich rodzajów aktywności w zawodzie strażaka (również w przypadku strażaków ochotników), a także w stosunku zarówno do mężczyzn, jak i kobiet. Należy dodać, że jest to pierwsza istotna aktualizacja literatury opisująca szczegółowo omawiane zagadnienie, w oparciu o dostępną w danym momencie wiedzę naukową, jednakże obserwowane od lat trendy pozwalają zakładać, że lista potwierdzonych badaniami naukowymi nowotworów strażackich będzie rozszerzana [8].

3. Problemy zdrowotne strażaków związane z narażeniem na substancje chemiczne

Narażenie na substancje chemiczne uwalniane w trakcie pożaru jest istotnym czynnikiem ryzyka nowotworów i innych chorób wśród strażaków [10]. Pozostałości pożarowe zawierające mieszaninę

toksycznych i drażniących substancji chemicznych, różnią się w zależności od spalania konkretnych materiałów oraz warunków pożarowych w miejscu zdarzenia. Substancje o charakterze duszącym (tlenek węgla, cyjanowodór) i drażniącym (halogenki wodoru, tlenki azotu, aldehydy itp.) powodują szybko pojawiające się skutki zdrowotne. Pozostałości pożarowe zawierają ponadto szereg substancji toksycznych o właściwościach genotoksycznych i rakotwórczych. Niezależnie od rodzaju płonących przedmiotów, takie substancje rakotwórcze, jak benzen, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) i toluen są uwalniane podczas większości pożarów. Polichloro- i polibromo-dibenzodiodksyny, dibenzofurany, uczulające drogi oddechowe izocyjaniany oraz metale ciężkie (ołów, kadm itp.) są identyfikowane w pozostałościach pożarowych. Są ponadto związane z przewlekłymi stanami zdrowotnymi jako nowotwory złośliwe [10]. Powszechne stosowanie substancji z grupy PFAS, obecnych w niemalże każdej współczesnej gałęzi produkcji, sprzyja dodatkowo pojawianiu się pochodnych tych substancji w produktach spalania.

Chociaż może istnieć wiele przyczyn zwiększonego ryzyka zachorowania na nowotwór, to coraz wyraźniejszy jest związek pomiędzy czasem poświęconym na udział w gaszeniu pożarów a białaczką i nowotworem płuc. Sugeruje to, że ryzyko zachorowania na raka wśród strażaków jest przynajmniej częściowo spowodowane ich zawodowym narażeniem na pożary [11]. Ponadto raport IARC potwierdza występowanie dwóch rodzajów nowotworów wśród strażaków oraz wskazuje ograniczone dowody występowania kolejnych pięciu nowotworów w tej grupie zawodowej. Należy dodać, że IARC stawia na równi strażaków zawodowych, strażaków-ochotników, strażaków przemysłowych, wojskowych oraz inne osoby wykonujące podobne zadania.

Najbardziej niebezpiecznymi produktami rozkładu spalania termicznego oraz spalania materiałów są między innymi tlenek węgla, cyjanowodór, chlorowodór, tlenki azotu, tlenki siarki oraz WWA. Cząsteczki dymu (np. sadza) wykazują się dobrymi właściwościami adsorbcyjnymi, stanowią doskonały nośnik gazów toksycznych i przyspieszają przyjmowanie przez organizm związków toksycznych. Dodatkowym czynnikiem wpływającym na emisję dymu i toksycznych produktów spalania jest proces ognio-uodporniania tworzyw sztucznych, który polega na dodaniu do tworzyw sztucznych środków opóźniających palenie (antypirenów) [12]. Strażak podczas swojej pracy bezpośrednio jest ekspozowany na toksyczne gazy, cząstki stałe organicznych substancji chemicznych występujące w powietrzu. Substancje te są również adsorbowane na sprzęcie ochronnym i ubraniu.

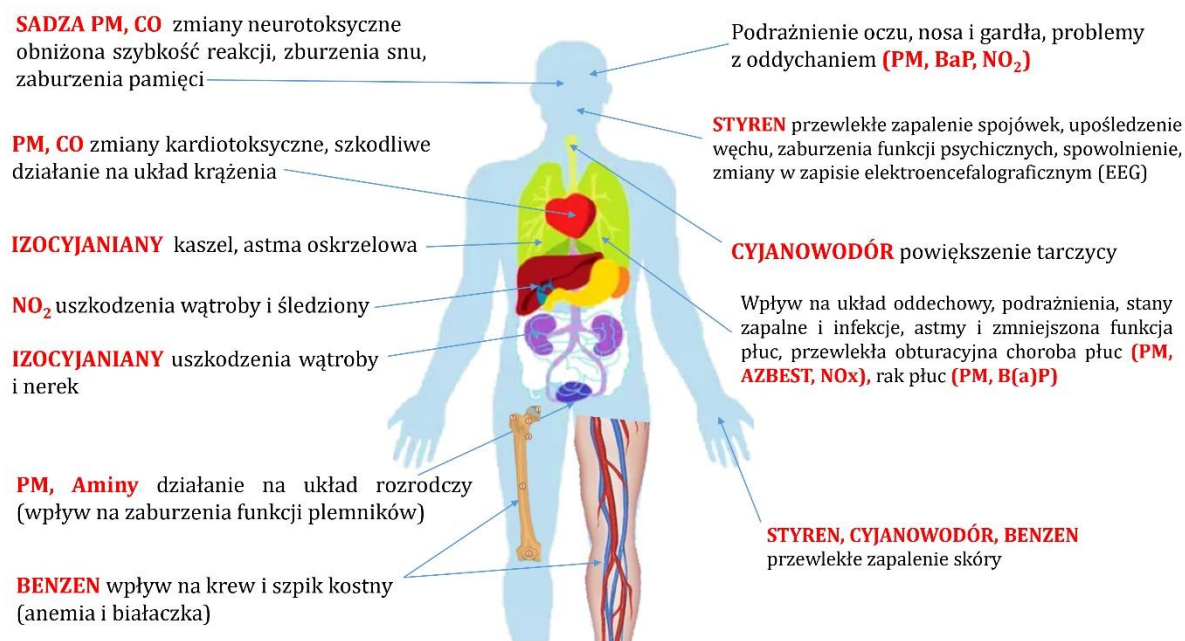
Na schemacie (rys. 2) przedstawiono informacje toksykologiczne na temat wybranych związków chemicznych powstających w środowisku pożaru [13-15]: izocyjanianów; lotnych związków organicznych (styren, benzen); wielopierścieniowych węglowodórów aromatycznych (WWA): benzo(a)pirenu; nieorganicznych produktów spalania: tlenku węgla, chlorowodoru, cyjanowodoru i tlenków azotu [16].

IZOCYJANIANY	substancja bardzo toksyczna, silnie drażniąca i uczulająca.
VOC: BENZEN	substancja toksyczna, uszkadza układ krwiotwórczy, rakotwórcza; działa narkotycznie, miejscowo drażniąco.
VOC: STYREN	- substancja szkodliwa, drażniąca, działa depresyjnie na ośrodkowy układ nerwowy, - przypuszczalnie rakotwórcza dla człowieka (wg IARC).
WWA: BENZO(A)PIREN B(A)P	substancja toksyczna, umiarkowanie drażniąca, prawdopodobnie rakotwórcza dla człowieka.
TLENEK WĘGLA	gaz toksyczny, duszący, wiąże się z hemoglobina krwinek i hamuje oddychanie tkankowe.
TLENEK AZOTU	- gaz toksyczny, drażniący, - w przebiegu zatrucia może wystąpić spadek ciśnienia tętniczego krwi, - następstwem zatrucia ostrego może być zapalenie płuc oraz zwłókniające zapalenie pęcherzyków płucnych z niewydolnością oddechową.
CYJANOWODÓR	- substancja bardzo toksyczna, dusząca – blokuje oddychanie tkankowe; działa drażniąco, - objawy zatrucia przewlekłego: w stężeniach 4-13 mg/m³ może spowodować zwiększenie zawartości hemoglobiny we krwi, osłabienie, ból i zawroty głowy, zaczerwienienie gardła, duszność wysiłkową, wymioty, rumieniowe zmiany skóry, powiększenie tarczycy.
TLENEK WĘGLA	gaz toksyczny, duszący, wiąże się z hemoglobina krwinek i hamuje oddychanie tkankowe.
TLENEK AZOTU	- gaz toksyczny, drażniący, - w przebiegu zatrucia może wystąpić spadek ciśnienia tętniczego krwi, zawroty głowy, zwiększenie poziomu methemoglobiny we krwi, - kontakt gazu z wilgotną skórą może wywołać miejscowe zaczerwienienie i ból, - następstwem zatrucia ostrego może być zapalenie płuc oraz zwłókniające zapalenie pęcherzyków płucnych z niewydolnością oddechową.

Rysunek 2. Informacje toksykologiczne na temat wybranych związków powstających w środowisku pożaru [16]

W ostatnim czasie dużo uwagi poświęcono substancjom per- i polifluoroalkilowym (PFAS), stanowiącym zagrożenie dla środowiska i zdrowia strażaków ze względu na ich wysoką trwałość i toksyczność. Związki per- i polifluoroalkilowe to grupa ponad 5000 różnych substancji alifatycznych, w których podstawniki wodoru w wielu lub wszystkich miejscach zostały zastąpione fluorem. Jednym ze źródeł narażenia na PFAS są piany gaśnicze tworzące film wodny (AFFF – *aqueous film forming foams*), wykorzystywane głównie do gaszenia pożarów cieczy ropopochodnych (grupa B) [17]. W związku z tym, że PFAS są stosowane do produkcji różnych materiałów budowlanych i mieszkaniowych np. tapicerek, dywanów lub podłóg, mogą być uwalniane podczas pożaru i zanieczyszczać powietrze. IARC klasyfikuje kwas perfluorooktanosulfonowy (PFOS) i kwas perfluorooktanowy (PFOA), będące przedstawicielami tej grupy związków, jako prawdopodobne czynniki rakotwórcze [18].

Na rys. 3. przedstawiono krótką charakterystykę odległych efektów szkodliwego działania wybranych związków chemicznych powstających w czasie pożaru.



Rysunek 3. Charakterystykę odległych efektów szkodliwego działania wybranych związków chemicznych powstających w czasie pożaru [19]

4. Odzież ochronna dla strażaków i jej zanieczyszczenia

Odzież ochronna dla strażaków stanowi ochronę przed płomieniem, oddziaływaniem wysokiej temperatury i promieniowaniem cieplnym, a także zapewnia ochronę przed przemoczeniem, zimnem i złą widocznością.

Odzież ochronna dla strażaków do stosowania podczas działań ratowniczo-gaśniczych powinna spełniać wymagania PN-EN 469:2021-01 [20] w zakresie parametrów ochronnych dla materiałów, układów materiałów, dodatków i szwów stosowanych w odzieży. Norma ta podaje również szczegółowe wymagania

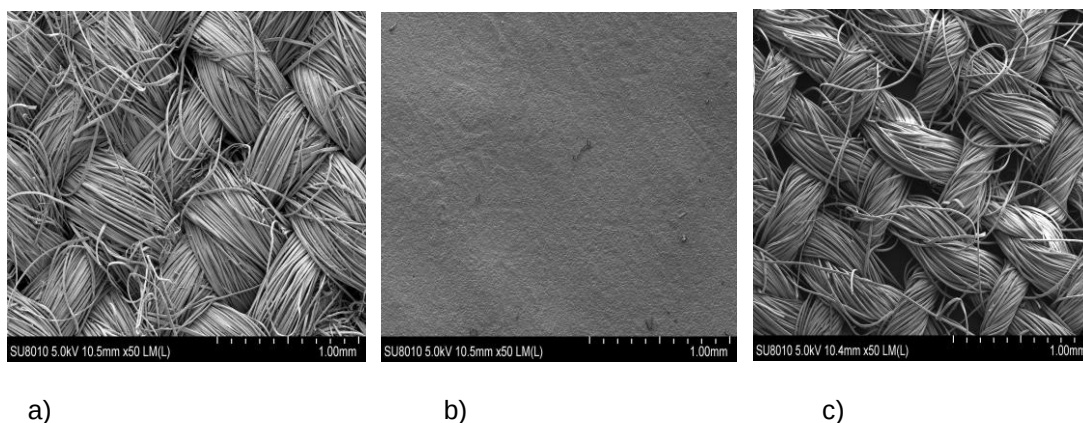
w zakresie cech konstrukcyjnych. Poza wymaganymi parametrami odnoszącymi się do zapewnienia odpowiedniego poziomu ochrony przed poszczególnymi czynnikami niebezpiecznymi, odzież ochronna dla strażaków powinna spełniać wymagania w zakresie parametrów użytkowych, ergonomicznych i związanych z nieszkodliwością, zgodnie z PN-EN ISO 13688:2013-12 [21].

Wymagania dotyczące odzieży ochronnej dla strażaków zawarte są także w zarządzeniach Komendanta Głównego Państwowej Straży Pożarnej i rozporządzeniach Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji:

- Zarządzenie Nr 9 Komendanta Głównego Państwowej Straży Pożarnej z dnia 17 lipca 2018 r. [22] zmieniające zarządzenie w sprawie wzorców oraz szczegółowych wymagań, cech technicznych i jakościowych przedmiotów umundurowania, odzieży specjalnej i środków ochrony indywidualnej użytkowanych w Państwowej Straży Pożarnej,
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 29 września 2021 r. w sprawie umundurowania strażaków Państwowej Straży Pożarnej [23] wraz z rozporządzeniem Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 18 maja 2018 r. zmieniającym rozporządzenie w sprawie wykazu wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, a także zasad wydawania dopuszczenia tych wyrobów do użytkowania,

- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 27 kwietnia 2010 r. w sprawie wykazu wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, a także zasad wydawania dopuszczenia tych wyrobów do użytkowania [24].

Podczas pożarów i działań ratowniczych substancje chemiczne osadzają się w postaci zanieczyszczeń na zewnętrznej powierzchni odzieży ochronnej dla strażaka. Konstrukcja tego rodzaju odzieży, składającej się z kilku warstw (tkanina zewnętrzna, membrana wodoodporna, podszewka termoizolacyjna) sprawia, że zanieczyszczenia substancjami chemicznymi mogą przedostawać się z warstwy zewnętrznej do wewnętrznych [25]. Również nieszczelności w środkach ochrony indywidualnej (łączenie kominiarki z innymi elementami, okolica pasa oddzielająca poszczególne *ŚOI* czyli kurtkę i spodnie, a także nogawki oraz mankiety ubrania specjalnego) stanowią słabe ogniwa w ciągłości ochron izolujących. Większość materiałów stosowanych do produkcji ubrań specjalnych strażaka, wykonana jest z porowatych tkanin, przez które substancje chemiczne mogą się przedostawać pod barierę ochronną (rys. 4) [26]. Częsteczki substancji chemicznych mogą również wnikać do włókien materiałów i pozostawać w nich przez długi czas [18, 27]. Stwarza to zagrożenie kontaktu szkodliwych substancji chemicznych z odzieżą stosowaną pod ubraniem specjalnym, a w dalszej kolejności – ze skórą strażaka użytkującego odzież. Wchłanianie szkodliwych substancji chemicznych przez skórę jest ułatwione ze względu na podwyższoną temperaturę skóry strażaków podczas działań ratowniczych [26]. Wysoka temperatura panująca podczas pożaru sprzyja większej absorpcji substancji chemicznych przez skórę [27, 28].



Rysunek 4. Zdjęcia SEM materiałów stosowanych w odzieży ochronnej dla strażaka (a - tkanina zewnętrzna, b - membrana, c - izolacja termiczna; powiększenie x50). *Źródło własne.*

Najczęściej w skład zanieczyszczeń ubrania specjalnego wchodzić takie substancje chemiczne, jak [29-31]: izocyjaniany; lotne substancje organiczne: styren, benzen, o-ksylen, etylobenzen, heptan, 3-metylo- heksan; wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (np. benzo(a)piren, benzo(a)antracen, benzo(e)piren, benzo(b)fluoranten, benzo(j)fluoranten, fenantren, piren); ftalany (np. ftalan benzylu butylu (BBP), di (2-etyloheksylo) ftalan (DEHP)); produkty nieorganiczne: tlenek i dwutlenek węgla, tlenek azotu; związki per- i polifluoroalkilowe (PFAS) (tab.). Zanieczyszczenia mogą zawierać także cząsteczki dymu pożarowego, który jest jednym z głównych czynników przyczyniających się do chorób układu krążenia i układu oddechowego oraz zwiększonej śmiertelności [32].

Tabela. Substancje chemiczne zanieczyszczające odzież ochronną dla strażaków [33]

Substancje chemiczne	Opis
Produkty spalania	
wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne	Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, zawierające dwa lub więcej pierścieni benzenowych. WWA z czterema lub więcej pierścieniami mają niską lotność, podczas gdy WWA o krótszym łańcuchu są półlotne. Najbardziej lotny jest naftalen (dwa pierścienie).
lotne związki organiczne	Lotne związki organiczne, zazwyczaj zawierające łańcuchy węglowodorowe lub pojedynczy pierścień benzenowy z rozgałęzionymi elementami organicznymi lub nieorganicznymi. Występują w postaci gazu lub pary (benzen, toluen i styren).
pyły zawieszone	Pył zawieszony (PM), który może się składać z pierwiastków organicznych lub nieorganicznych. Cząsteczki powstające podczas spalania mają zazwyczaj drobny (< 2,5 µm) lub ultradrobny (< 0,1 µm) zakres wielkości. PM ze spalania będą miały dużą powierzchnię i prawdopodobnie będą zawierać inne adsorbowane chemikalia.
Uwalniane z materiałów podczas spalania	
bromo- i chloroorganiczne antypiereny	Chemiczne środki zmniejszające palność (FRs), w tym polibromowane etery difenyłowe (PBDE), inne bromowane FR, fosforoorganiczne FR i chlorowane FR. Przykłady obejmują deka-BDE (BDE-209) i chlorowany tris (TDCPP).
związki perfluorowane	Substancje per- i polifluoroalkilowe (PFAS) to klasa syntetycznych chemikaliów, które były stosowane w różnych produktach konsumenckich ze względu na ich właściwości wodoodporne, w tym wykładziny dywanowe, meble i tkaniny. PFAS były również stosowane w wodnych pianach błonotwórczych (AFFF). Przykłady długołańcuchowych PFAS obejmują kwas perfluorooktanosulfonowy (PFOS) i kwas perfluorooktanowy.
Inne narażenia zawodowe	
spaliny z silników Diesla	Spaliny z silników Diesla składają się z PM, PAHs (WWA) oraz tlenków węgla, azotu i siarki. Narażenie jest możliwe w remizie strażackiej lub podczas pożaru, w którym eksploatowane są urządzenia Diesla lub inne pojazdy lub sprzęt.

5. Czy warto prać odzież ochronną po użytkowaniu?

Obecność szkodliwych substancji chemicznych w zabrudzeniach na powierzchni materiałów ubrania specjalnego, jak i innych środków ochrony indywidualnej po przeprowadzonych działaniach gaśniczo-ratowniczych, sprawia, że pojawia się wymóg ich odpowiedniego czyszczenia. Najczęściej czyszczenie odzieży ochronnej dla strażaka jest realizowane za pomocą prania wodnego z wykorzystaniem maszyn pralniczych. Czyszczenie ubrania specjalnego strażaka pozwala na znaczne usunięcie substancji chemicznych i zapobiega ich negatywnemu oddziaływaniu na skórę i układ oddechowy [2, 34]. Należy jednak pamiętać, że proces czyszczenia odzieży ochronnej na ogół nie jest w stanie usunąć całkowicie wszystkich rodzajów zanieczyszczeń. W trakcie użytkowania dochodzi do kumulowania się szkodliwych substancji w poszczególnych warstwach odzieży ochronnej. Nabiera to szczególnego znaczenia, gdy pod uwagę weźmie się upływ czasu, czyli wielokrotne narażanie strażaka na potencjalne oddziaływanie szkodliwych substancji chemicznych. Ekspozycja na małe dawki szkodliwych substancji chemicznych, ale często powtarzana, może prowadzić do skutków zdrowotnych. Dlatego, w oparciu o wyniki prac zespołu Komendanta Głównego PSP w roku 2022, Komendant Główny PSP wydał polecenie służbowe kierownikom jednostek organizacyjnych PSP, aby ubranie specjalne strażaka wykorzystywać jedynie do działań podczas reagowania na zdarzenia oraz podczas ćwiczeń, jednocześnie zabraniając ich stosowania podczas codziennych zmian służby w jednostkach ratowniczo-gaśniczych a ponadto do wykorzystywania ubrań specjalnych do celów reprezentacyjnych podczas uroczystości służbowych. Wspomniany element stanowił silną i zdecydowaną reakcję na wypracowane przez zespół wnioski, mierzącą się z jednym z największych wyzwań w pracy strażaka, jakim jest kultura bezpiecznej pracy, inspirowana tradycjami służby. W tym kontekście warto zacytować liczne badania prof. Anny Stec, leżące u podstaw jej naukowego raportu, sporządzonego na zlecenie brytyjskiego związku zawodowego strażaków FBU [27, 35-38].

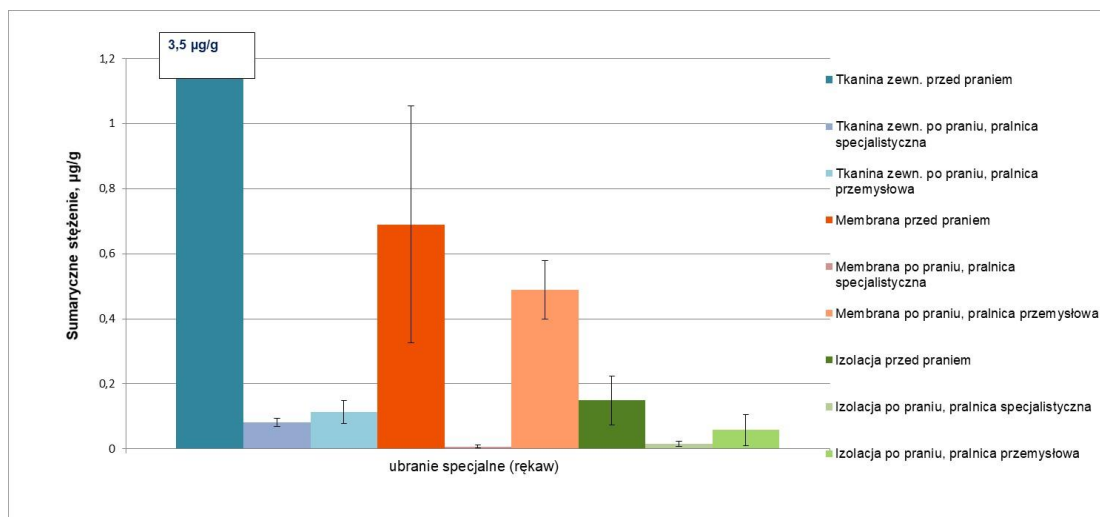
Badania dotyczące możliwości usuwania szkodliwych substancji chemicznych z materiałów odzieży ochronnej dla strażaka i oceny stopnia efektywności procesu czyszczenia ubrań specjalnych dla strażaka prowadzono w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy-PIB we współpracy z Komendą Główną Państwowej Straży Pożarnej i Akademią Pożarniczą w Warszawie.

Pierwsza część badań dotyczyła oceny wpływu zastosowanego sprzętu pralniczego na efektywność usuwania wytypowanej grupy szkodliwych substancji chemicznych z materiałów odzieży ochronnej dla strażaka. W tym zakresie badania prowadzono z wykorzystaniem różnego rodzaju sprzętu pralniczego: pralnica specjalistyczna zintegrowana z modułem dozowania dedykowanych środków piorących, pralnica przemysłowa oraz pralnica zwykła ogólnego przeznaczenia. W ramach badań oznaczano zawartość zanieczyszczeń wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) zgromadzonych w materiałach stosowanych w ubraniu specjalnym (tkanina zewnętrzna, membrana, izolacja termiczna) [39].

Próbki materiałów pobrano z 4 ubrań specjalnych po ich jednorazowym użytkowaniu podczas ćwiczeń w komorze ogniowej lub w trakcie akcji ratowniczo-gaśniczych oraz z fragmentów tych samych ubrań poddanych praniu wodnemu. W celach porównawczych zbadano także próbki nowych materiałów, niepoddanych użytkowaniu. Pranie użytkowanych ubrań specjalnych przeprowadzono z zachowaniem zaleceń podanych w instrukcji producenta. Należy przy tym stwierdzić, że wśród kilkunastu modeli odzieży dopuszczonej do stosowania w ochronie przeciwpożarowej w Polsce, na mocy otrzymanego świadectwa dopuszczenia CNBOP-PIB, wykonanych zgodnie z rygorystycznymi i dalece zunifikowanymi wymaganiami stawianymi przez KG PSP, wskazane przez producentów sposoby konserwacji ŚOI w drodze prania wodnego oraz suszenia, a także ich impregnacji, różnią się od siebie diametralnie. Stanowi to zasadnicze wyzwanie organizacyjno-technologiczne na drodze istotnego ograniczenia ekspozycji strażaków na szkodliwe substancje występujące w ich środowisku pracy. W prowadzonych badaniach stosowano środki pralnicze znajdujące się na wyposażeniu danej jednostki ratowniczo-gaśniczej PSP użytkującej ubranie specjalne (JRG nr 2 Łódź, JRG Żyrardów, JRG Sochaczew, JRG nr 7 Warszawa). Do oznaczania WWA zastosowano wysokosprawną chromatografię cieczową z detekcją fluorescencyjną. Zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych wyznaczano w odniesieniu do pojedynczych związków z grupy kilkunastu badanych WWA oraz sumarycznie w stosunku do wszystkich związków z badanej grupy.

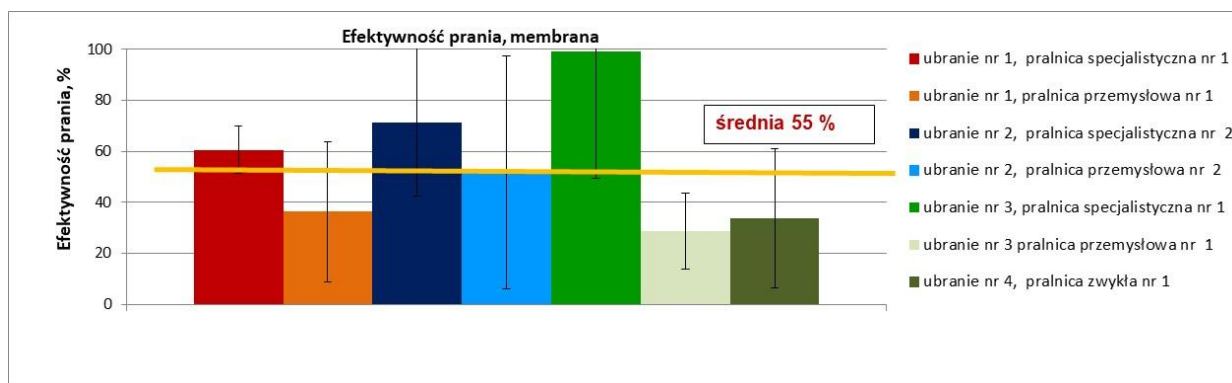
Na podstawie wyników badań stwierdzono, że sumaryczne stężenie WWA było najwyższe w przypadku tkaniny zewnętrznej badanych ubrań specjalnych. Jeżeli chodzi natomiast o próbki pobrane z rękawa jednego spośród badanych ubrań, stężenie sumy analizowanych wielopierścieniowych

węglowodorów aromatycznych dochodziło do 3,5 µg/g (rys. 5). Kilkukrotnie niższe stężenie, na poziomie 0,7 µg/g wyznaczono w odniesieniu do membrany – warstwy środkowej układu materiałów w ubraniu. Najniższe stężenie WWA, ok. 0,2 µg/g oznaczano w warstwie wewnętrznej – izolacji termicznej [39]. Niektóre z wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, takie jak antracen, piren, benzo(alfa)piren, benzo(b)fluoranten zgromadziły się w tkaninie zewnętrznej w dużych ilościach, przekraczających poziom 0,5 µg/g, przyjęty jako maksymalny przez Niemiecki Komitet ds. Bezpieczeństwa Produktów w odniesieniu do pojedynczego związku WWA.



Rysunek 5. Sumaryczne stężenie WWA dotyczące poszczególnych warstw odzieży ochronnej przed jednorazowym praniem i po [39]

Średnia efektywność prania w zakresie usuwania wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) z materiałów kształtowała się na poziomie: tkanina zewnętrzna 91%; membrana 55%; wkład termoizolacyjny 67 % przy wykorzystaniu wszystkich rodzajów pralnic: specjalistycznych, przemysłowych i zwykłej (rys. 6). Analiza wyników badań wykazała zależność między uzyskiwaną efektywnością prania a rodzajem stosowanego sprzętu pralniczego. Zaobserwowano wpływ rodzaju pralnicy na wyniki prania wszystkich warstw odzieży ochronnej, tj. zewnętrznej tkaniny, środkowej membrany i wewnętrznej podszewki. W odniesieniu do każdego rodzaju materiału najlepsze rezultaty otrzymano przy wykorzystaniu pralnic specjalistycznych ze specjalnie przeznaczonych do tego detergentami [39]. Mniej korzystnie wypadło zastosowanie pralnic przemysłowych. Najniższe wyniki uzyskano w przypadku procesu prania z wykorzystaniem zwykłej pralnicy ogólnego zastosowania.



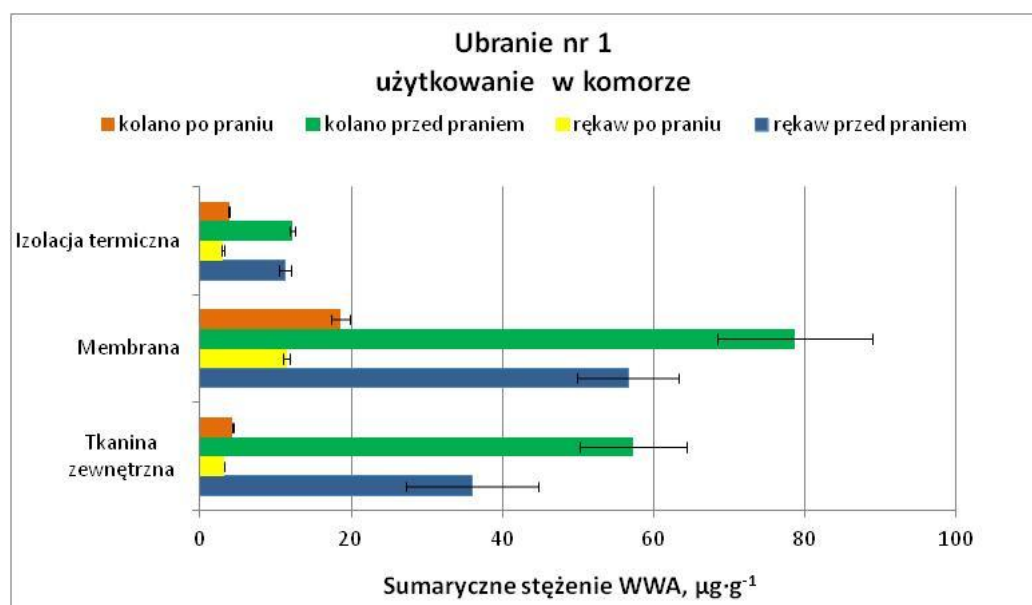
Rysunek 6. Efektywność procesu prania w odniesieniu do membrany stosowanej w odzieży ochronnej dla strażaka użytkowanej jednorazowo w komorze ćwiczeń lub podczas działań ratowniczo-

Druga część badań dotyczyła oceny zagrożenia substancjami chemicznymi podczas akcji gaśniczo-pożarniczych na podstawie analizy ich stężeń w odzieży ochronnej strażaka podczas wielokrotnego użytkowania oraz wyznaczenia efektywności procesu prania materiałów w warunkach wielokrotnego narażenia.

Do badań wytypowano 2 ubrania specjalne dla strażaka o zróżnicowanych układach materiałów, w tym jedno stosowane w pierwszej części badań (układ A). Ubrania poddano wielokrotnemu użytkowaniu. Zaplanowano 10-krotny proces użytkowania, obejmujący 10-krotną ekspozycję ubrania specjalnego na dymy pożarnicze zawierające substancje chemiczne oraz 10-krotne pranie, prowadzone po każdym użytkowaniu zgodnie z zaleceniami producenta. Zastosowano pralnie specjalistyczne z dedykowanymi środkami pralniczymi, uwzględniając wnioski z poprzednich badań wskazujące, że ten rodzaj sprzętu pozwolił na najlepsze rezultaty w usuwaniu zanieczyszczeń WWA ze wszystkich warstw odzieży ochronnej. Ubrania specjalne użytkowano w warunkach ćwiczeń w komorze ogniowej i w warunkach rzeczywistych akcji ratowniczo-gaśniczych. W zakresie użytkowania i realizacji procesu prania kontynuowano współpracę z Jednostką Ratowniczo-Gaśniczą w Warszawie i Bazą Szkolenia Poligonowego i Innowacji Ratownictwa, funkcjonującą w strukturach Akademii Pożarniczej w Warszawie.

W badaniach wykazano pozytywny wpływ prowadzenia procesu prania po użytkowaniu odzieży ochronnej dla strażaka na zmniejszenie zawartości szkodliwych substancji chemicznych we wszystkich materiałach odzieżowych (tkanina zewnętrzna, membrana, izolacja termiczna) [40]. Zaobserwowano, że w stosunku do poszczególnych materiałów, pobranych zarówno z odzieży ochronnej użytkowanej w komorze ćwiczeń, jak i odzieży użytkowanej podczas działań ratowniczych, stężenie sumaryczne WWA po praniu zmniejszyło się od kilku razy (ubranie nr 1, użytkowanie w komorze ćwiczeń) do kilkunastu razy (ubranie nr 2, użytkowanie w komorze ćwiczeń; ubranie nr 3, użytkowanie podczas działań ratowniczych) (rys. 7). Znacznie korzystniejsze rezultaty uzyskano w odniesieniu do materiałów stosowanych w odzieży ochronnej z układu A (ubranie nr 1). W tym przypadku stężenie sumaryczne związków WWA obniżyło się z 57 $\mu\text{g/g}$ do 4,3 $\mu\text{g/g}$ w przypadku tkaniny, z 78 do 18,5 $\mu\text{g/g}$ w przypadku membrany i z 12 $\mu\text{g/g}$ do 3,8 $\mu\text{g/g}$ w przypadku izolacji termicznej (próbki z kolana), co pozwoliło na wielokrotne zmniejszenie ilości skumulowanych substancji chemicznych, od 4 do 11 razy. Wskazuje to na fakt, że dobór materiałów zastosowanych w ubraniach specjalnych stanowi kolejny, wymagający świadomości i istotny czynnik w skutecznej ochronie strażaków przed wpływem szkodliwych substancji obecnych w środowisku ich pracy.

Należy też podkreślić, że w przypadku wielokrotnego oddziaływania substancji chemicznych na odzież ochronną dla strażaka, największe ilości związków WWA gromadziły się w warstwie środkowej – membranie.



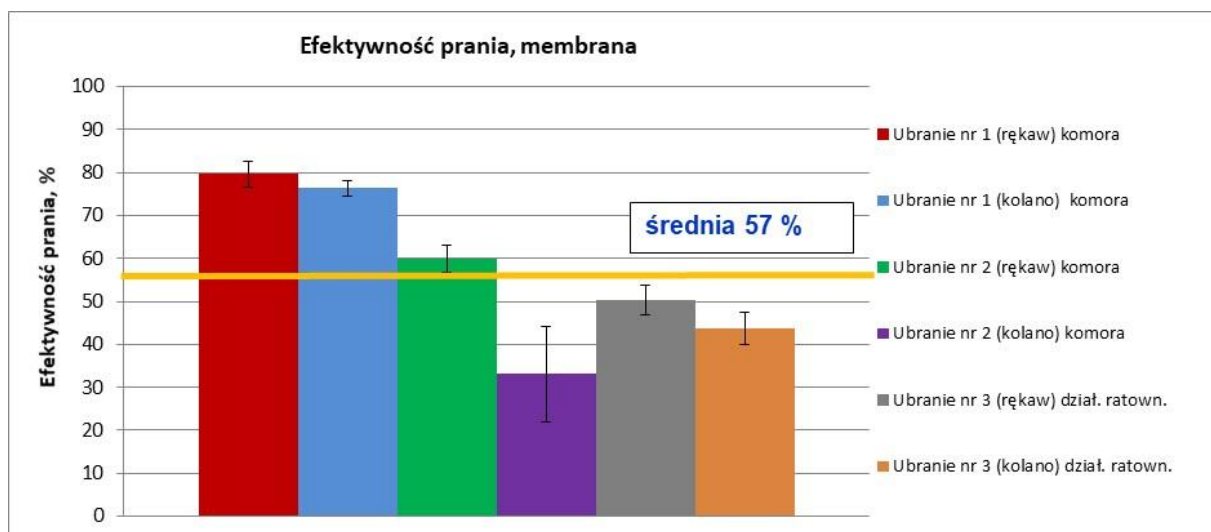
Rysunek 7. Sumaryczne stężenie związków WWA dotyczące poszczególnych warstw odzieży ochronnej dla strażaków (ubranie nr 1 użytkowane w komorze ćwiczeń) przed praniem i po 10-krotnym praniu [40]

Porównanie wartości sumarycznego stężenia analizowanych wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, oznaczone w próbkach materiałów odzieży ochronnej dla strażaka, poddanej jednorazowemu i 10-krotnemu użytkowaniu, wykazało duże różnice zawartości związków WWA. W przypadku jednorazowego użytkowania zawartość związków WWA wynosiła maksymalnie 3,5 µg/g (w przypadku tkaniny zewnętrznej). Natomiast w przypadku 10-krotnego użytkowania, uwzględniającego proces prania po każdym użytkowaniu, zawartość związków WWA była w zależności od rodzaju materiału, od kilku do kilkunastu razy większa i kształtowała się w zakresie 12-78 µg/g. Sumaryczne stężenie WWA w materiałach odzieży po wielokrotnym użytkowaniu przekraczało więc wartość graniczną 10 µg/g, przyjętą za górną granicę w dokumencie AfPS GS 2019:01 PAK, opracowanym przez Niemiecki Komitet ds. Bezpieczeństwa Produktów [41].

Proces prania z wykorzystaniem wyłącznie pralnic specjalistycznych z zastosowaniem dedykowanych środków pralniczych, pozwolił na usunięcie większości związków WWA. W największym stopniu, od 47 do 92% wyeliminowano substancje chemiczne z zewnętrznej warstwy odzieży ochronnej – tkaniny. Efektywność procesu prania odzieży użytkowanej wielokrotnie podczas ćwiczeń w komorze i podczas działań ratowniczych była zróżnicowana. Efektywność prania wynosiła średnio: tkanina zewnętrzna 78%, membrana 62%, izolacja termiczna 30% w przypadku ćwiczeń w komorze oraz tkanina zewnętrzna 61%, membrana 47%, izolacja termiczna 22% w przypadku działań ratowniczych (rys. 8).

Niezwykle ważne jest zatem, by przeprowadzać proces czyszczenia odzieży ochronnej wielokrotnie eksponowanej na oddziaływanie substancji chemicznych podczas działań ratowniczo-gaśniczych

w celu zmniejszenia zawartości gromadzących się szkodliwych substancji chemicznych w materiałach odzieży ochronnej. Czyszczenie odzieży ochronnej po każdym użytkowaniu pozwala na bieżąco zmniejszyć zawartość substancji szkodliwych. Pranie odzieży ochronnej dla strażaka ma na celu usunięcie zanieczyszczeń substancjami chemicznymi z ubrania specjalnego w jak największym stopniu. Jednocześnie należy stwierdzić, że najbliższa ludzkiemu organizmowi warstwa podszewki nie jest czyszczona w praniu wodnym w wystarczającym stopniu, aby dodatkowo ograniczyć ekspozycję dermalną. Efekt ekspozycji potęgowany jest dodatkowo narzuconym przez producentów ubrań w ich instrukcjach użytkowania procesem reimpregnacji w kąpieli wodnej, w której nasączeniu substancjami z grupy PFAS ulegają wszystkie warstwy, w tym warstwa podszewki. Ponadto proces ten powoduje również przedostawanie się impregnatów do membrany, wpływając negatywnie na wskazane w PN-EN 469:2021-01 zasadnicze właściwości użytkowe ubrania, jak np. „współczynnik oddychalności”, kwantyfikowany przez przywołaną normę jako *water vapour resistance* (odporność na parę wodną).



Rysunek 8. Efektywność procesu prania w odniesieniu do materiałów odzieży ochronnej dla strażaka poddanej 10-krotnemu użytkowaniu w komorze ćwiczeń lub podczas działań ratowniczo-gaśniczych i 10-krotnemu praniu (ubranie nr 1 i 2 – użytkowanie w komorze ćwiczeń, ubranie nr 3 – użytkowanie podczas działań ratowniczo-gaśniczych) [40]

Czy warto prać odzież ochronną dla strażaka?

Tak. Warto i należy przeprowadzać proces prania, najlepiej po każdym użytkowaniu w obecności produktów spalania tak, by nie pozwalać na kumulowanie się zbyt dużych ilości szkodliwych substancji chemicznych.



Fot. Tim Eiden/Pexels.com

6. Jak ograniczyć oddziaływanie zanieczyszczeń substancjami chemicznymi odzieży ochronnej dla strażaka?

Ograniczenie narażenia strażaka na substancje chemiczne powstające się podczas pożarów w odniesieniu do odzieży ochronnej może być realizowane przez prowadzenie procesu czyszczenia odzieży po użytkowaniu. Regularne czyszczenie ubrania specjalnego, najlepiej po każdej akcji ratowniczo-gaśniczej związanej z ekspozycją na produkty spalania, zapewnia większe bezpieczeństwo podczas jego ponownego użycia, gdyż mniejsza zawartość szkodliwych substancji chemicznych w mniejszym stopniu oddziałuje na drogi oddechowe i skórę użytkownika. Ponadto odzież ochronna dla strażaka pozbawiona zabrudzeń stanowi większą skuteczność ochrony przed zagrożeniami cieplnymi występującymi w środowisku pracy strażaka.

Podstawowym zaleceniem dotyczącym warunków procesu czyszczenia jest jego prowadzenie zgodnie z przepisem konserwacji, wskazanym w instrukcji użytkowania podanej przez producenta. Najczęściej

producenci odzieży ochronnej dla strażaków wskazują stosowanie prania wodnego, rzadziej czyszczenia chemicznego. Wypada też stwierdzić, że pranie chemiczne jest wycofywane z rynku przemysłowego z uwagi na potencjalne szkodliwe skutki stosowania środków właściwych dla tego typu procesów (tetrachloroeten), stąd niektórzy producenci ubrań specjalnych nie wskazują już tej metody czyszczenia w swoich instrukcjach użytkowania ubrania specjalnego.

W Centralnym Instytucie Ochrony Pracy-PIB podjęto badania ukierunkowane na ocenę wpływu warunków procesu prania na efektywność usuwania wytypowanej grupy substancji chemicznych (WWA) z materiałów stosowanych na odzież ochronną dla strażaków, z zastosowaniem opracowanej metody symulowanego oddziaływania substancji chemicznych obecnych podczas pożaru na materiały odzieży ochronnej dla strażaków.

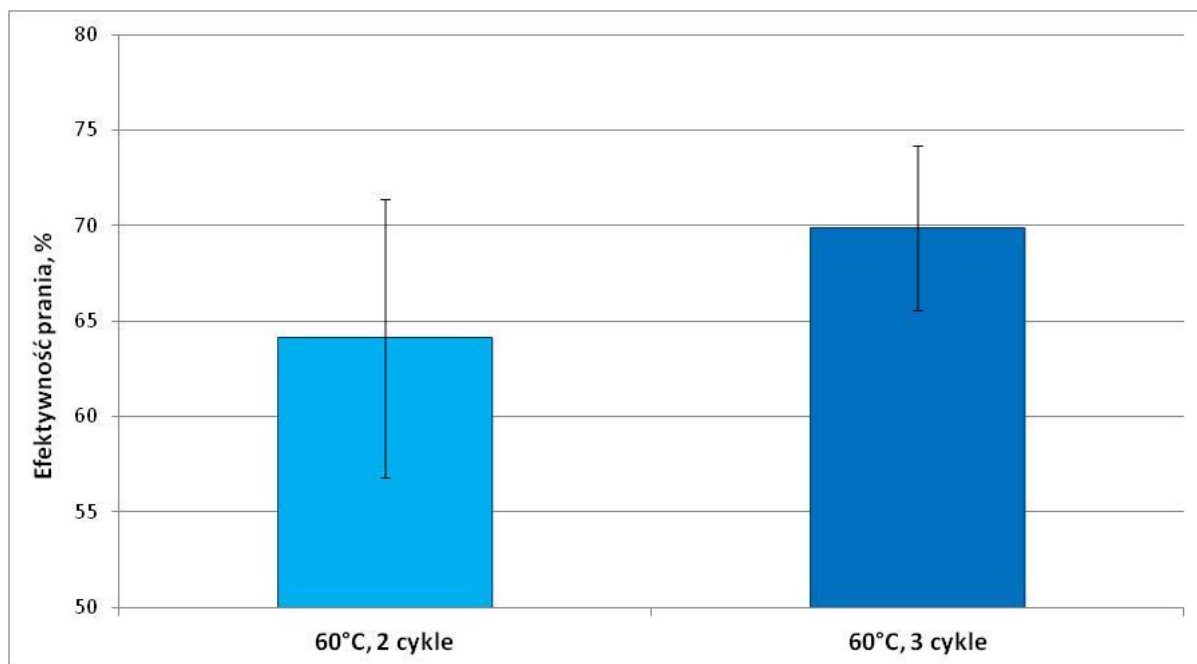
Do badań przygotowano próbki pakietów materiałów stosowanych na odzież ochronną dla strażaka, które nie były wcześniej poddane oddziaływaniu substancji chemicznych. Pakiet składał się z warstw materiałów: tkaniny zewnętrznej, środkowej warstwy membrany i wewnętrznej warstwy podszewki (rys. 9). Na pakiet materiałów w warunkach laboratoryjnych наносzono przy wykorzystaniu mikrostrzykawki roztwór o określonej zawartości związków WWA. Następnie przeprowadzano proces prania i analizę zawartości WWA.



Rysunek 9. Fotografia pakietu układu materiałów. *Źródło własne.*

Przeprowadzono proces prania pakietów materiałów w zróżnicowanych warunkach temperatury oraz stosując zróżnicowaną liczbę płukań. Zalecenia producenta odzieży ochronnej odnośnie konserwacji rozszerzono (60°C, 2 cykle płukania) wprowadzając dodatkowe warianty prania. W zakresie realizacji wariantów procesu prania współpracowano z Jednostką Ratowniczo-Gaśniczą PSP w Żyrardowie.

Wyniki badań uwiarydlały, że średnia efektywność prania materiałów układu oznaczonego A, była zróżnicowana w zależności od zastosowanej temperatury prania i liczby cykli płukania, określających warunki procesu prania. Zaobserwowano, że w danej temperaturze prania, odnotowano wyższe wartości efektywności prania dla wariantu z większą liczbą zastosowanych cykli płukania [42]. Dodatkowy cykl prania wprowadzony do standardowych zaleceń producenta zwiększył efektywność prania materiałów, a korzystniejsze efekty uzyskano dla temperatury 60°C. W przypadku 2 cykli płukania efektywność prania wynosiła 64%, natomiast dla 3 cykli równa była 70 % (rys. 10).



Rysunek 10. Efektywność procesu prania pakietów z materiałów odzieży ochronnej dla strażaka poddanych procesowi jednorazowego oddziaływania substancji chemicznych i jednorazowego prania z zastosowaniem zróżnicowanej liczby cykli płukania (2, 3 cykle) [42]

Należy mieć na uwadze, że proces prania nie jest w stanie usunąć całej zawartości szkodliwych substancji chemicznych z materiałów odzieży ochronnej dla strażaka. Dlatego też korzystne jest stosowanie takich warunków prania, które pozwalają na usunięcie zanieczyszczeń substancjami chemicznymi w największym stopniu. W normie ISO 23616:2022 "Cleaning, inspection and repair of firefighters' personal protective equipment (PPE)" zawarte są wskazówki dotyczące czyszczenia odzieży ochronnej dla strażaka, które zalecają 3 cykle płukania.

Poniżej przedstawiono zalecenia dotyczące czyszczenia odzieży ochronnej dla strażaka opracowane z wykorzystaniem normy ISO 23616:2022 "Cleaning, inspection and repair of firefighters' personal protective equipment (PPE)" [43].

Zalecenia dotyczące czyszczenia odzieży ochronnej dla strażaka

- Proces czyszczenia odzieży ochronnej dla strażaka należy prowadzić zgodnie z przepisem konserwacji wskazanym w instrukcji użytkowania podanej przez producenta.
- Należy mieć na uwadze, że personel przeprowadzający czyszczenie odzieży powinien być przeszkolony i posiadać odpowiednie środki ochrony indywidualnej (ŚOI) do kontaktu z zanieczyszczonymi wyrobami.
- W miarę możliwości należy zminimalizować kontakt personelu z odzieżą poddawaną czyszczeniu.
- Wskazane jest aby przed czyszczeniem bardziej zanieczyszczoną odzież oddzielić od mniej zanieczyszczonej odzieży, w celu uniknięcia zanieczyszczenia krzyżowego. Zanieczyszczona odzież ochronna, oczekująca na pranie, powinna w miarę możliwości być przechowywana na zewnątrz lub w dobrze wentylowanym miejscu. Przed praniem odzieży należy **zapiąć wszystkie zamknięcia**, w tym zapięcia kieszeni, zatrzaski, zamki błyskawiczne oraz zapięcia na haftki.

- W przypadku zaobserwowania łagodnego zabrudzenia bez niebezpiecznego skażenia, należy oczyścić powierzchnię odzieży za pomocą wody i szczotki. Suche zanieczyszczenia należy usunąć szczotką. Co do zasady zaleca się, by próbę tego typu czyszczenia zgrubne prowadzone było już na miejscu zdarzenia, bezpośrednio po opuszczeniu strefy zagrożenia przez strażaka.
- Pozostałe zanieczyszczenia należy delikatnie spłukać wodą. Nie stosować intensywnego szorowania lub natryskiwania strumieniami wody.
- W przypadku zaobserwowania silnego zabrudzenia odzieży ochronnej dla strażaka i/lub zanieczyszczenia szkodliwymi substancjami chemicznymi, należy zastosować czyszczenie zaawansowane przeprowadzane z wykorzystaniem maszyn np. pralnic do ubrań specjalnych dla strażaka.
- W instrukcji użytkowania ubrania specjalnego dla strażaka, dołączanej do każdego egzemplarza ubrania, podawane są przez producenta wskazówki dotyczące warunków czyszczenia, które najczęściej realizowane jest w formie prania wodnego.

Przepis prania powinien zawierać takie informacje jak:

- zalecany sposób prania (np. pranie wodne, czyszczenie chemiczne, inne)
- warunki prania, w tym temperatura prania,
- zalecane środki pralnicze, dezynfekujące, impregnujące,
- warunki suszenia, w tym temperatura suszenia.



Fot. Źródło własne

Instrukcja użytkowania odzieży ochronnej powinna także zawierać **informację o liczbie dopuszczalnych czyszczeń**. Jest to bardzo ważna informacja, gdyż badania właściwości ochronnych i użytkowych odzieży ochronnej dla strażaka przeprowadzone są w laboratorium po wskazanej liczbie czyszczeń. Nie należy stosować odzieży ochronnej po większej niż zalecana liczbie prań. Liczba

dopuszczalnych prań jest podawana na znakowaniu każdego elementu odzieży ochronnej (kurtka, spodnie) w formie zapisu np. „max 25 x”.

Temperatura wody podczas prania nie powinna przekraczać temperatury podanej w przepisie konserwacji w instrukcji producenta. Jeśli nie podano temperatury prania, należy skonsultować się z producentem odzieży.

Jeśli nie uda się uzyskać informacji, temperatura wody nie powinna przekraczać 60°C. Ważne jest także pH detergentu, które powinno być w zakresie 6,0 -10,5.

Zalecane obciążenie bębna pralnicy wynosi od 50 do 60%. W przypadku przeładowania pralnicy, zanieczyszczenia z odzieży ochronnej mogą zostać usunięte w niewystarczającym stopniu, a w przypadku niedostatecznego obciążenia działanie mechaniczne może spowodować uszkodzenia.

Pralnice z regulacją obrotów bębna należy ustawić stosownie do instrukcji producenta odzieży. Jeżeli instrukcje takie nie są dostępne, pralnicę należy wyregulować w taki sposób, aby maksymalna prędkość wirowania **nie była większa niż 800 obr./min** lub aby siła odśrodkowa nie była większa niż 100 g.

Usuwanie pozostałości detergentów i substancji chemicznych powinno być prowadzone poprzez odpowiednie płukanie. Zalecane są **minimalnie 3 cykle płukania**. Płukanie powinno być przeprowadzane się przy użyciu wystarczającej ilości wody (stosunek waga/ilość wody = 1/9).

W przypadku gdy pralnica jest również używana do prania przedmiotów innych niż odzież ochronna, należy ją wypłukać, uruchamiając bez ładunku prania, przez pełny cykl pracy z detergentem i napełnieniem do maksymalnego poziomu, wodą o **temperaturze 60°C**. Należy to robić co najmniej raz w tygodniu. Jednocześnie należy jednoznacznie stwierdzić, że istotną dla maksymalizowania skuteczności prania wodnego zasadą jest to, aby do prania ubrań specjalnych stosować oddzielną, wyznaczoną pralnicę, w której nie są prane żadne inne przedmioty, jak bielizna termalna, mopy do mycia podłóg czy też pościel. O ile owe konkluzje autorów raportu wydają się oczywiste, należy stwierdzić, że stwierdzono liczne i powtarzające się przypadki prania innych przedmiotów wyposażenia strażaków, w tym wskazanych powyżej.

Odzież ochronną należy sprawdzić po praniu i w razie potrzeby wyprać ponownie. Stwierdzenie konieczności przeprowadzenia kolejnego procesu prania winno wynikać z oceny wizualnej poziomu czystości ubrania, niemniej równie istotnym elementem oceny jest m.in. stwierdzenie zapachu pożaru w czyszczonym ubraniu.

7. Bibliografia

1. S. Krzemińska, M. Szewczyńska. Analysis and assessment of hazards caused by chemicals contaminating selected items of firefighter personal protective equipment – a literature review. *Safety & Fire Technology* (2020), 92(56) 2:92–109. <https://doi.org/10.12845/sft.56.2.2020.6>.
2. S. Krzemińska, M. Szewczyńska. PAH contamination of firefighter protective clothing and cleaning effectiveness. *Fire Safety Journal* (2022), 131:103610. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2022.103610>.
3. Biuletyn Informacyjny Państwowej Straży Pożarnej za rok 2023. Biuro Komendanta Głównego Komendy Główniej Państwowej Straży Pożarnej. Warszawa 2024. <https://www.gov.pl/attachment/cfa1be9d-ecb0-45c7-ae28-fd82e35440df>, data skorzystania 18.11.2024.
4. J. Orysiak, M. Młynarczyk, R. Piec, A. Jakubiak. Lifestyle and environmental factors may induce airway and systemic inflammation in firefighters. *Environmental Science and Pollution Research* (2022), 29:73741–73768. <http://doi.org/10.1007/s11356-022-22479-x>.
5. F. Reisen, M. Bhujel, J. Leonard. Particle and volatile organic emissions from the combustion of a range of building and furnishing materials using a cone calorimeter, *Fire Safety Journal* (2014), 69:76–88. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2014.08.008>.
6. T.Z. Fabian, J.L. Borgerson, P.D. Gandhi, C.S. Baxter, C.S. Ross, J.E. Lockey, J.M. Dalton. Characterization of firefighter smoke exposure. *Fire Technology* (2014), 50:993–1019. <https://doi.org/10.1007/s10694-011-0212-2>.
7. T.B. Kjær. Zawód wysokiego ryzyka. *Przegląd Pożarniczy* (2016), 3:10–12.
8. Occupational Exposure as a Firefighter. IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans. International Agency for Research on Cancer 2023, Vol. 132: Lyon, France. <file:///D:/@-z-netu/Volume132-1.pdf>, data skorzystania 18.11.2024.
9. P.A. Demers, D.M. DeMarini, K.W. Fent, D.C. Glass, J. Hansen, O. Adetona et al. Carcinogenicity of occupational exposure as a firefighter. *Lancet Oncology* (2022), 23(8):985–986. doi: 10.1016/S1470-2045(22)00390-4.
10. A.A. Stec, A. Robinson, T.A.M. Wolffe, E. Bagkeris. Scottish firefighters occupational cancer and disease mortality rates: 2000–2020. *Occupational Medicine* (2023), 14:73(1):42–48. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqac138>.
11. A.C. Mayer, K.W. Fent, A. Wilkinson, I-C. Chen, S. Kerber, D.L. Smith, R.M. Kesler, G.P. Horn. Characterizing exposure to benzene, toluene, and naphthalene in firefighters wearing different types of new or laundered PPE. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* (2022), 240:113900. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2021.113900>.
12. B. Stefańczyk. Toksyczność polimerów podczas pożaru budynku. *Warstwy, Dachy i Ściany* (2008), 1:84–85.
13. T. Hertzberg, P. Blomqvist, M. Dalene, G. Skarping. Raport z projektu badawczego nr 324–021, Particles and isocyanates from fires, SP Swedish National Testing and Research Institute, (2003).
14. P. Blomqvist, L. Rossel, M. Simonson. Emissions from fires, Part 1: Fireretarded and non-retarded TV-sets. *Fire Technology* (2004), 40:39–58. doi: 10.1023/B:FIRE.0000003315.47815.cb.
15. P. Blomqvist, L. Rossel, M. Simonson. Emissions from fires, Part 2: Simulated room fires, „Fire Technology” (2004), 40:59–73. doi: 10.1023/B:FIRE.0000003316.63475.16.
16. W. Jaskółowski. Assessment of fire environment toxicity – an unsolvable problem? *Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences* (2018), 27(1):91–99. doi: 10.22630/PNIKS.2018.27.1.9.

17. Obwieszczenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 21 marca 2023 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów, <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20230000822>, data skorzystania 18.11.2024
18. K. Lucas, L.G.T. Gaines, T. Paris-Davila, L.A. Nylander -French. Occupational exposure and serum levels of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS): A review. *American Journal of Industrial Medicine* (2023), 66:379-392. doi: 10.1002/ajim.23454.
19. https://www.ehsdb.com/chemical-safety.php#google_vignette, data skorzystania 12.11.2024.
20. PN-EN 469:2021-01. Odzież ochronna dla strażaków. Wymagania użytkowe dotyczące odzieży ochronnej przeznaczonej do akcji przeciwpożarowych.
21. PN-EN ISO 13688:2013-12. Odzież ochronna. Wymagania ogólne.
22. Zarządzenie Nr 9 Komendanta Głównego Państwowej Straży Pożarnej z dnia 17 lipca 2018 r., <https://edziennik.straz.gov.pl/actbymonth>, data skorzystania 08.11.2024.
23. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 29 września 2021 r. w sprawie umundurowania strażaków Państwowej Straży Pożarnej, <https://www.gov.pl/web/kgpsp/przepisy-dotyczace-gospodarki-mundurowej>, data skorzystania 08.11.2024.
24. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 27 kwietnia 2010 r. w sprawie wykazu wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, a także zasad wydawania dopuszczenia tych wyrobów do użytkowania, <https://www.gov.pl/web/kgpsp/przepisy-dotyczace-gospodarki-mundurowej>, data skorzystania 08.11.2024.
25. K.M. Kirk, M.B. Logan. Firefighting instructors' exposures to polycyclic aromatic hydrocarbons during live fire training scenarios. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* (2015), 12:227-234. <https://doi.org/10.1080/15459624.2014.955184>.
26. J.O. Stull. Evaluation of the cleaning effectiveness and impact of esporta and industrial cleaning techniques on firefighter protective clothing. Technical Report International Personnel Protection, (2006).
27. A.A. Stec, T. Wolffe, A. Clinton. Minimalizacja narażenia strażaków na toksyczne produkty pożarowe. Okresowy Raport Najlepszych Praktyk (Minimising firefighters' exposure to toxic fire effluents. Interim Best Practice Report). University of Central Lancashire, Fire Brigades Union FBU (2020). <https://www.gov.pl/attachment/1559837d-56e6-42da-bdc6-33f4f79a314d>, data skorzystania 18.11.2024.
28. A. Stec, T. Wolffe, A. Clinton. Minimising firefighters' exposure to toxic fire effluents. Interim Best Practice Report, University of Central Lancashire, Fire Brigades Union FBU (2020).
29. Sz. Kokot, R. Porowski, D. Słupik. Zapobieganie nowotworom. *Przegląd Pożarniczy* (2019), 1.
30. B.M. Alexander, C.S. Baxter. Plasticizer contamination of firefighter personal protective clothing – a potential factor in increased health risks in firefighters. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* (2014), 11:43-48. <https://doi.org/10.1080/15459624.2013.877142>.
31. S. Krzemińska, M. Szewczyńska. Hazard of chemical substances contamination of protective clothing for firefighters – a survey on use and maintenance. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health* (2022), 35(2):1–14. <https://doi.org/10.13075/ijom.1896.01868>.
32. G. F. Peaslee, J. T. Wilkinson, S. R. McGuinness, M. Tighe, N. Caterisano, S. Lee, A. Gonzales, M. Roddy, S. Mills, and K. Mitchell. Another pathway for firefighter exposure to per- and polyfluoroalkyl substances: firefighter textiles. *Environmental Science & Technology Letters* (2020), 7(8):594–599. doi: <https://dx.doi.org/10.1021/acs.estlett.0c00410>.
33. S. Krzemińska, M. Szewczyńska, A. Jachowicz. Narażenia strażaków na substancje chemiczne podczas pożaru. *Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka* (2024), Nr 5. <https://doi: 10.54215/BP.2024.5.11.Krzeminska>.
34. S. Krzemińska, M. Szewczyńska. Strażaku, prac? / Rada na zanieczyszczenia. *Przegląd Pożarniczy* (2024), Nr 07.
35. <https://www.cfbt.pl/nie-dla-raka-w-strazy/61-seria-badan-uk-rak-psychika>, data skorzystania: 18.11.2024.

36. T.A.M. Wolffe, L. Turrel, A. Robinson, K. Dickens, A. Clinton, D. Maritan-Thomson, A.A. Stec. Culture and awareness of occupational health risks amongst UK firefighters. *Scientific Reports* (2023), 13:97. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-24845-8>.
37. T.A.M. Wolffe, A. Clinton, A. Robinson, L. Turrel, A.A. Stec. Contamination of UK firefighters personal protective equipment and workplaces. *Scientific Reports* (2023), 13:65. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-25741-x>.
38. T.A.M. Wolffe, A. Robinson, K. Dickens, L. Turrel, A. Clinton, D. Maritan-Thomson, M. Joshi, A.A. Stec. Cancer incidence amongst UK firefighters. *Scientific Reports* (2022) 12:22072. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-24410-3>.
39. S. Krzemińska, M. Szewczyńska. Referat pt. "Zagrożenia związane z zanieczyszczeniem ubrania specjalnego strażaka substancjami chemicznymi", Konferencja „Rak w Straży Pożarnej”, 04.02.2022, on-line.
40. S. Krzemińska, M. Szewczyńska i in., sprawozdanie z realizacji 1. etapu pt. "Ocena zagrożenia substancjami chemicznymi podczas akcji gaśniczo-pożarniczych na podstawie analizy ich stężeń w odzieży ochronnej strażaka" zadania 6.ZS.11 pt. "Materiały szkoleniowe wspomagające bezpieczne stosowanie odzieży ochronnej dla strażaków w celu zmniejszenia ryzyka związanego z kumulowaniem się szkodliwych substancji chemicznych", CIOP-PIB, 2023.
41. AfPS GS 2019:01 PAK Ausschuss für Produktsicherheit (AfPS) GS-Spezifikation Prüfung und Bewertung von Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) bei der Zuerkennung des GS-Zeichens - Spezifikation gemäß § 21 Abs. 1 Nr. 3 ProdSG. 10. April 2020. <https://www.sgs.com/en/news/2020/05/safeguards-05720-german-afps-publishes-latest-version-of-pah-specifications-under-gs-mark>, data skorzystania 28.10.2024.
42. S. Krzemińska, M. Szewczyńska i in., sprawozdanie z realizacji 2. etapu pt. "Opracowanie zaleceń bezpiecznego postępowania z odzieżą ochronną strażaka po ekspozycji na szkodliwe substancje chemiczne zawarte w dymie pożarniczym" zadania 6.ZS.11 pt. "Materiały szkoleniowe wspomagające bezpieczne stosowanie odzieży ochronnej dla strażaków w celu zmniejszenia ryzyka związanego z kumulowaniem się szkodliwych substancji chemicznych", CIOP-PIB, 2024.
43. ISO 23616:2022. Cleaning, inspection and repair of firefighters' personal protective equipment (PPE)