

## L'esposizione occupazionale ed ambientale dei Vigili del Fuoco tra vecchi e nuovi contaminanti: una disamina

*Occupational and Environmental Exposure of Firefighters to Old and Emerging Contaminants: A Review*

di **Claudia Marcolungo e Vitalia Murgia**<sup>1</sup>

**Abstract [ITA]:** Il contributo analizza l'esposizione occupazionale e ambientale dei Vigili del Fuoco a contaminanti tradizionali ed emergenti, con particolare attenzione ai PFAS. Muovendo dalla classificazione IARC dell'esposizione professionale come cancerogena, l'articolo esamina criticità scientifiche, metodologiche e regolatorie, valorizzando biomonitoraggio, prevenzione sanitaria e principio di precauzione quali basi per un *framework* normativo e operativo più adeguato.

**Abstract [ENG]:** *The article examines firefighters' occupational and environmental exposure to traditional and emerging contaminants, with particular attention to PFAS. Starting from the IARC classification of occupational exposure as carcinogenic, it analyses scientific, methodological and regulatory issues, highlighting biomonitoring, health prevention and the precautionary principle as key elements for a more adequate legal and operational framework.*

**Parole chiave:** Vigili del Fuoco – PFAS – esposizione occupazionale – biomonitoraggio – principio di precauzione

**Keywords:** *Firefighters – PFAS – occupational exposure – biomonitoring – precautionary principle*

**SOMMARIO:** 1. Introduzione. – 2. L'esposizione occupazionale dei Vigili del Fuoco secondo lo IARC. – 3. Il modello di Skellefteå e la lezione culturale sottesa. – 4. Una panoramica trasversale sull'attuale situazione regolatoria dei Vigili del Fuoco. – 5. È una questione di metodo... – 6. Conclusioni provvisorie per un *framework* normativo ed operativo più adeguato.

### 1. Introduzione.

Nell'immaginario collettivo i “pompieri”, come tradizionalmente vengono chiamati, rappresentano il prototipo degli eroi senza macchia e senza paura, coraggiosi e forti, sensibili e decisi. Alla fine degli anni Trenta il loro nome, di derivazione francese<sup>2</sup>, viene soppiantato – almeno ufficialmente – da Vigili del Fuoco, senza però radicarsi nel linguaggio comune. I pompieri costituiscono, in estrema sintesi, la proiezione iconica della possibilità di essere salvati in condizioni avverse, così come il corpo cui fare riferimento in situazioni estreme. Un altro profilo di differenziazione di questa categoria è dato dal loro peculiare inquadramento<sup>3</sup>: agli interventi ordinari

<sup>1</sup> Sebbene lo scritto sia frutto della comune riflessione delle Autrici, ai fini della formale attribuzione della responsabilità delle singole parti, si precisa che a Claudia Marcolungo, docente di Diritto dell'ambiente ed Environmental Law presso l'Università degli Studi di Padova, si deve la redazione dei paragrafi 1, 2 e 3, mentre a Vitalia Murgia, Medico Chirurgo, Specialista in pediatria, Membro della Giunta Esecutiva Nazionale Associazione Medici per l'Ambiente ISDE Italia e Docente al Master in Nutrizione e Nutraceutica dell'età evolutiva Università degli Studi di Pavia, si deve la redazione dei paragrafi 4 e 5; il paragrafo 6, recante le considerazioni conclusive, è il risultato di un'elaborazione congiunta. Le Autrici desiderano ringraziare il sindacato USB ed il suo rappresentante Enrico Marchetto per l'impegno e per la collaborazione.

<sup>2</sup> Il termine pompiere deriva dalle “Guardie della pompa” francesi, in Italia il Regio Decreto Legge n. 1021/1938 sostituì ufficialmente il termine con quello di Vigile del Fuoco.

<sup>3</sup> L'ordinamento del personale del Corpo nazionale dei Vigili del Fuoco concernente funzioni e compiti è ora dettato dal Decreto legislativo 6 ottobre 2018 n. 127; il rapporto di impiego del personale di ruolo è disciplinato in regime di diritto

si accompagnano anche attività investigative e di polizia giudiziaria, pur mantenendo una netta distanza dai corpi tradizionali di polizia, in special modo quanto a misure di contenimento e repressione. Il motto latino dei Vigili del Fuoco è “*Flammis Domamus Donamus Corda*”, ossia “Domiamo la fiamma, doniamo il cuore”, brocardo assai esplicativo della funzione loro propria: prevenire situazioni di pericolo e rischio e soccorrere, non perseguire la tutela dell’ordine pubblico in senso proprio. A questa particolare posizione si affianca l’intrinseca imprevedibilità delle loro attività e la difficoltà di elaborare esattamente le condizioni di intervento, valutando preventivamente tutti i rischi espositivi in cui si imbattono. Ciò, tuttavia, non implica l’impossibilità assoluta di disegnare scenari di esposizione e, soprattutto per ciò che interessa in questa sede, non determina l’assenza completa di riferimenti e parametri atti a mitigare e circoscrivere le condizioni di pericolo e rischio od a far fronte agli eventuali effetti avversi di salute che si possono manifestare.

Intento di questo articolo è conseguentemente analizzare lo stato dell’arte degli studi e delle casistiche sull’esposizione professionale ed ambientale di questa categoria alla luce di una progressiva attenzione che si è sviluppata negli ultimi anni – negli Stati Uniti e nel Canada come in Europa ed in Australia – nei confronti delle sostanze per- e polifluoroalchiliche (PFAS)<sup>4</sup>, contaminanti organici altamente persistenti cui sono stati associati svariati effetti avversi<sup>5</sup>.

Esistono in letteratura alcune analisi scientifiche ed epidemiologiche che hanno illustrato l’esposizione ai PFAS della popolazione generale<sup>6</sup> o dei lavoratori nelle industrie di produzione<sup>7</sup>. Studi che si stanno moltiplicando ed attestano come i PFAS costituiscano una crisi ambientale su scala mondiale<sup>8</sup>. Non sono altrettanto numerosi gli studi che hanno avuto ad oggetto i pompieri<sup>9</sup> e le ragioni di ciò spaziano dalle esposizioni multiple a cui sono sottoposti che rendono difficile costruire

---

pubblico come da Legge 30 settembre 2004 n. 252.

<sup>4</sup> H. BRUNN ET AL., *PFAS: forever chemicals – persistent, bioaccumulative and mobile. Reviewing the status and the need for their phase out and remediation of contaminated sites*, in *Environmental Sciences Europe*, 2023, 35(1):20; R. DICKMAN, D. AGA, *A review of recent studies on toxicity, sequestration, and degradation of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS)*, in *Journal of Hazardous Materials*, 2022, 436, 129120; L. DORRANCE, S. KELLOGG, A. LOVE, *What you Should Know About Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) for Environmental Claims*, in *Environmental Claims Journal*, 2017, 29:4, p. 290-304.

<sup>5</sup> S. FENTON ET AL., *Per- and polyfluoroalkyl substance toxicity and human health review: current state of knowledge and strategies for informing future research*, in *Environmental Toxicology and Chemistry*, 2021, 40.3, p. 606-630; E. SUNDERLAND ET AL., *A review of the pathways of human exposure to poly- and perfluoroalkyl substances (PFAS) and present understanding of health effects*, in *Journal of exposure science & environmental epidemiology*, 2019, 29, 131147; I. COUSINS ET AL., *Outside the Safe Operating Space of a New Planetary Boundary for Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS)*, in *Environmental Science & Technology*, 2022, 56, 11172-11179.

<sup>6</sup> KARASAKI S. ET AL., *Per- and polyfluoroalkyl substances in drinking water and cancer prevalence in the United States*, *Environmental Health*, 2026 Feb 11;25(1):19; CHOI HJ. ET AL., *Associations of per- and polyfluoroalkyl substances exposure with kidney function in the Korean general population*, *Ecotoxicol Environ Saf.*, 2025 Nov 15;307:119462. Epub 2025 Nov 22; HAIMBAUGH A. ET AL., *Environmental Exposure to Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) and Reproductive Outcomes in the General Population: A Systematic Review of Epidemiological Studies*, *Int J Environ Res Public Health*. 2024 Dec 2;21(12):1615.

<sup>7</sup> ALEXANDER BH ET AL., *Mortality and cancer incidence in perfluorooctanesulfonyl fluoride production workers*. *Am J Ind Med.*, 2024 Apr;67(4):321-333; CONSONNID., FUSTINONIS., *Biochemical and haematological effects of serum PFOA, ADV and cC6O4 in workers of a chemical company producing fluoropolymers, Italy, 2013-2022*, *Int J Hyg Environ Health*, 2024 Sep;262:114440.

<sup>8</sup> SCHERINGER M, ARP HPH, COUSINS IT. *Boundaries, Limits, Global Threats - How Can the Impacts of Global Synthetic Pollutants Be Reduced?*, *Environ. Sci. Technol.*, 2026 Feb 17;60(6):4499-4505.

<sup>9</sup> ROTANDER A. ET AL., *Elevated levels of PFOS and PFHxS in firefighters exposed to aqueous film forming foam (AFFF)*. *Environ. Int.*, 2015 Sep;82:28-34; DOBRACA D. ET AL., *Biomonitoring in California firefighters: metals and perfluorinated chemicals*, *Journal of Occupational Environmental Medicine*, Volume 57, Number 1, January 2015; GRIBBLE MO. ET AL., *Longitudinal measures of perfluoroalkyl substances (PFAS) in serum of gullah african americans in South Carolina: 2003–2013*. *Environ. Res* 143, 82–88, 2015; OLSEN GW. et al., *Per-and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in American Red Cross adult blood donors, 2000–2015*, *Environ. Res.*, 157, 87–95, 2017; KOTLARZ N. ET AL., *Measurement of novel, drinking water-associated PFAS in blood from adults and children in Wilmington, North Carolina, 2020*, *Environ. Health Perspect.*, 2020 Jul;128(7):77005.

studi epidemiologici date le molteplici variabili esistenti, così come una certa ritrosia culturale a qualificare i Vigili del Fuoco come categoria “vulnerabile” da attenzionare.

Gli ambiti qui considerati, relativamente all’esposizione ai PFAS, concernono le analisi condotte sullo stato di salute così come quelle su equipaggiamenti di servizio e dispositivi di sicurezza. Si cercherà di dare conto delle misure che sono state approntate per mitigare l’esposizione a questa classe di contaminanti eterni: dai divieti di utilizzo all’impiego di materiali alternativi ed alla loro etichettatura; dai protocolli di sicurezza redatti a livello organizzativo ed operativo a quelli di screening sanitario. Infine, si evidenzieranno le criticità ed i gap informativi riscontrabili ad oggi nonché dei differenti approcci regolatori esistenti e sistemi di tutela occupazionale.

## 2. L’esposizione occupazionale dei Vigili del Fuoco secondo lo IARC.

Lo IARC, l’Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro, si è occupata dell’esposizione professionale dei pompieri cui è stata dedicata una specifica Monografia, la numero 132, pubblicata nel 2023<sup>10</sup>. L’esito non è rassicurante, come era facile a prevedersi vista la poliedricità delle sorgenti tossiche in cui i Vigili del Fuoco si imbattono in continuazione. Il giudizio è netto: il gruppo di scienziati chiamati a studiare e valutare lo stato delle evidenze presenti nella letteratura scientifica ha definito “cancerogena” l’esposizione occupazionale cui i Vigili del Fuoco sono sottoposti, innalzando il precedente livello di rischio risalente al 2010<sup>11</sup>. Per richiamare le parole dell’Agenzia dell’OMS (Organizzazione mondiale della Sanità) questa nuova classificazione di cancerogenicità poggia su prove sufficienti negli esseri umani, in particolare per il mesotelioma e il tumore alla vescica<sup>12</sup>. Sussiste invece limitata evidenza per quanto concerne altri tipi di tumori, quali al colon, alla prostata, ai testicoli, per il melanoma e per il linfoma non-Hodgkin. Parimenti è stata riscontrata una forte evidenza meccanicistica che tale esposizione occupazionale presenti caratteri chiave quali la genotossicità, induca alterazioni epigenetiche, stress ossidativo e infiammazioni croniche<sup>13</sup>. Questa valutazione di classe 1 si presume applicabile senza distinzione di genere ed indipendentemente dal tipo di inquadramento (volontario o altro).

Come anticipato, la classificazione non sorprende data la complessità degli agenti con cui i lavoratori vengono in contatto. Tuttavia, benché le situazioni di intervento siano diverse, i dispositivi di sicurezza o protezione individuale impiegati (DPI) varino da paese a paese, da contesto a contesto, il pericolo di cancerogenicità è assodato. In alcuni casi è provato il nesso causale, come per il mesotelioma e il cancro alla vescica, in altri casi ci sono robuste associazioni, per numerose patologie gli studi sono in divenire.

È difficile approntare protocolli e misure di sicurezza per far fronte all’esposizione a sostanze eterogenee come amianto, policiclici aromatici, radiazioni, ritardanti di fiamma e PFAS. Si tratta di composti chimici noti e meno noti nella comunità scientifica, con diverse caratteristiche tossicologiche e proprietà, reclamando di fatto modi di approccio differenti.

Lo IARC, pur sottolineando la complessità degli scenari espositivi, nella valutazione condotta evidenzia alcuni aspetti comuni ed indica alcune cautele immediatamente attivabili: migliorare i DPI ed aggiornarne le specifiche di protezione in un’ottica proattiva e, contestualmente, optare per una riduzione dell’esposizione per via orale, dermale o per ingestione, perseguendo una visione preventiva e precauzionale.

<sup>10</sup> *Occupational Exposure as a Firefighter*, IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans, Volume 132, 2023.

<sup>11</sup> *Painting, Firefighting, and Shiftwork*, IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 98, 2010.

<sup>12</sup> *Occupational Exposure as a Firefighter*, IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans, Volume 132, 2023 p. 535 ss.

<sup>13</sup> *Occupational Exposure as a Firefighter*, IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans, Volume 132, 2023 p. 538 ss.

Mentre veniva pubblicata la Monografia n. 132, sempre a Lione, un gruppo di scienziati esperti di PFAS stava concludendo i lavori per riclassificare il PFOA<sup>14</sup> e il PFOS<sup>15</sup>, i due composti chimici più noti della grande famiglia dei PFAS<sup>16</sup>. Ad inizio dello stesso anno, inoltre, cinque Stati europei hanno presentato all'ECHA, l'Agenzia europea per le sostanze chimiche, una dettagliata proposta di restrizione della produzione, utilizzo e vendita dei PFAS come gruppo di sostanze, in discussione e non ancora deliberata<sup>17</sup>.

A novembre 2023 dallo IARC il PFOA viene classificato come cancerogeno certo (classe 1A) e il PFOS è qualificato possibile cancerogeno (classe 2B), sui cui effetti si dilunga la Monografia 135<sup>18</sup>. Il quadro espositivo occupazionale dei Vigili del Fuoco, già delineato in precedenza in termini preoccupanti, si arricchisce pertanto di un ulteriore elemento di criticità: i PFAS sono infatti molecole chimiche, assieme ai ritardanti di fiamma (BFRs)<sup>19</sup> presenti negli equipaggiamenti protettivi in uso ai pompieri, che si vanno ad sommare all'esposizione della popolazione generale e i livelli sierici di base ormai universali<sup>20</sup>. Fortunatamente si sta iniziando, lentamente e progressivamente, ad emanare atti normativi e regolatori per circoscrivere queste sorgenti espositive e vietare l'impiego delle sostanze PFAS in alcuni prodotti e materiali<sup>21</sup>.

Risulta difficile negare come una sorta di tempesta perfetta si sia stagliata per anni sul capo di persone che lottano ogni giorno per salvare sconosciuti: sono stati e sono esposti in quanto cittadini perché i PFAS sono ubiquitari, persistenti e, in numerosi casi, nocivi e bioaccumulabili; i pompieri vengono a contatto, in ragione della loro professione, con molteplici molecole chimiche, alcune estremamente tossiche dai gravi effetti cronici o addirittura cancerogeni; ed, infine, sono esposti anche a causa dei dispositivi di sicurezza che li dovrebbero proteggere e negli stessi ambienti lavorativi<sup>22</sup>.

Ulteriore aggravante è l'amara constatazione che i primi segnali di allarme<sup>23</sup>, pur se provvisori e caratterizzati da limiti di rilevazione e metodologie, sono databili almeno ad un decennio prima. Negli Stati Uniti, precisamente nello Stato della California, veniva disposto uno studio di biomonitoraggio, pubblicato nel 2015<sup>24</sup>, nel quale si rilevava la presenza di livelli più alti nei pompieri analizzati di alcune specifiche molecole PFAS (PFDeA e PFHpA) e, per il secondo composto, si constatava la

<sup>14</sup> Acido perfluorooctanoico: [Perfluorooctanoic acid | C8HF15O2 | CID 9554 - PubChem](#)

<sup>15</sup> Acido perfluorooctansolfonico: [Perfluorooctanesulfonic acid | C8F17SO3H | CID 74483 - PubChem](#)

<sup>16</sup> OECD (2022), *Fact Cards of Major Groups of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFASs)*, OECD Series on Risk Management of Chemicals, OECD Publishing, Paris; sull'esigenza di considerare i PFAS come singolo gruppo o classe, si veda COUSINS I. T., DEWITT J. C., GLÜGE J., GOLDENMAN G., HERZKE D., LOHMANN R., MILLER M., NG C. A., SCHERINGER M., VIERKE L., WANG Z., *Strategies for grouping per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) to protect human and environmental health*, *Environ Sci. Process Impacts.*, 2020 Jul 1;22(7):1444-1460.

<sup>17</sup> [All news - ECHA](#)

<sup>18</sup> *Perfluorooctanoic Acid (PFOA) and Perfluorooctanesulfonic Acid (PFOS)*, IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans Volume 135, 2025.

<sup>19</sup> FENT KW. ET AL., *Flame retardants, dioxins, and furans in air and on firefighters' protective ensembles during controlled residential firefighting*, *Environ. Int.*, 2020 Jul;140:105756.

<sup>20</sup> KOELMEL J. P. ET AL., *Novel perfluoroalkyl substances (PFAS) discovered in whole blood using automated nontargeted analysis of dried blood spots*, *Science of The Total Environment*, Volume 883, 2023, 163579.

<sup>21</sup> Come rileva il Financial Times, uno fra i maggiori quotidiani di finanza a livello mondiale, cfr. [Manufacturers start to phase out production of 'forever chemicals'](#)

<sup>22</sup> WU Y., ZHANG M., LI R., SONG G., *Understanding and Mitigating Contaminant Exposure in Firefighting: Comprehensive Review of Firefighter PPE on Contamination, Health Risks, and Decontamination Methods*, *Occupational Health*, 2026; 1(1):12.

<sup>23</sup> Paradigmatico, sotto questo profilo, è il caso di Fiskville, nel distretto di Victoria occidentale dove venne individuato a partire dal 2011 un "Cancer Cluster" correlato all'esposizione a PFAS dei pompieri, cfr. MAZUMDER N.-U.-S., HOSSAIN M.T., JAHURA F.T., GIRASE A., HALL A.S., LU J., ORMOND R.B., *Firefighters' exposure to per-and polyfluoroalkyl substances (PFAS) as an occupational hazard: A review*, *Front. Mater.*, 2023, 10:1143411, cui si rimanda anche per la ricca bibliografia.

<sup>24</sup> DOBRACA D. ET AL., *Biomonitoring in California firefighters: metals and perfluorinated chemicals*, *Journal of Occupational Environmental Medicine*, Volume 57, Number 1, January 2015.

sussistenza di concentrazioni più elevate in coloro che utilizzavano le schiume di classe A. Le considerazioni finali dello studio sono assai significative: “... *Nevertheless, on the basis of finding an association between professional cleaning of turnout gear and levels of some PFCs, we recommend that turnout gear be professionally cleaned to reduce exposures. We also support recommendations made by other authors that firefighters use PPE (eg, turnout gear and SCBA) during all phases of firefighting, including overhaul ...*”.

Sempre nel 2015, ma in un altro continente, veniva pubblicata una ricerca<sup>25</sup>, da cui emergeva che i pompieri impiegati in un sito di addestramento, esposti negli anni alle schiume antincendio, palesavano livelli elevati di PFOS e PFHxS, maggiori rispetto la popolazione generale sia australiana che canadese. L’attenzione al tema era ormai generale. In sintesi, i Vigili del Fuoco risultavano essere una categoria maggiormente “vulnerabile” ed a rischio rispetto la pressione tossica di numerosi agenti chimici contaminanti.

A far data 2015 il PFOS era già stato classificato come sostanza chimica pericolosa e nello stesso anno l’Air Force USA già aveva a disposizione il *PHOS check*, una schiuma priva di PFOS e PFOA (o con quantità quasi nulle di quest’ultimo); composto che viene oggi impiegato come alternativa *PFAS-free* ad esempio in Italia, pur se dopo un decennio. Sempre nel 2015, in Europa il Comitato dell’ECHA SEAC palesava tutte le sue perplessità in merito al *replacement* degli storici C8 con i PFAS a catena più corta (C6)<sup>26</sup>. La lettura delle date e degli eventi correlati qui proposti dovrebbe indurci a riflettere sui tempi di reazione del regolatore.

### 3. Il modello di Skellefteå e la lezione culturale sottesa.

Il vigile del fuoco, per il tipo di attività che svolge e per i controlli che conseguono ai molteplici interventi in situazioni critiche, può a ragione essere considerato un esempio paradigmatico di lavoratore sano (in partenza), che, in epidemiologia statistica sovente rappresenta un utile e valido termine di paragone per misurare incidenze di patologie e situazioni di anomalia. Detto in altri termini, i pompieri usualmente conducono uno stile di vita sano pur se, nel corso della loro professione, sono continuamente esposti a rischi, talora acuti, talora prolungati, a volte noti, sovente non conosciuti né conoscibili.

Stefan Magnusson ha lavorato per molti anni come Vigile del Fuoco in Svezia e, nel 2006, ha dato avvio ad un progetto “*Healthy Firefighters*” finalizzato ad approntare alcune soluzioni, ad attivare cautele ed interventi a carattere eminentemente pratico-operativo per limitare al massimo le occasioni di esposizione per i pompieri. Ciò che rileva, per quanto qui di interesse, è il suo famoso modello di Skellefteå a piramide, al cui vertice si posizionano gli strumenti, al centro le *routine* e i flussi ed alla base alloggia la conoscenza e la comprensione. Lo scopo principale della sua proposta è aumentare la sicurezza delle condizioni ambientali in cui i pompieri operano, inducendo la caratterizzazione delle situazioni di rischio, analizzando fattori e cofattori che interagiscono con lo stato di salute in generale, approfondendo la medicina preventiva e le migliori pratiche, pur nella consapevolezza che non è possibile annullare il rischio date le contingenze<sup>27</sup>.

Magnusson scriveva nel 2006, quando il tema dei PFAS stava acquisendo visibilità negli Stati Uniti per il caso Tennant in Ohio<sup>28</sup> ma in Europa la questione era ancora sottotraccia. Tuttavia le sue suggestioni risultano di estrema attualità. Alcuni aspetti centrali si attagliano perfettamente alla

<sup>25</sup> ROTANDER A. ET AL., *Elevated levels of PFOS and PFHxS in firefighters exposed to aqueous film forming foam (AFFF)*, *Environ. Int.*, 2015 Sep;82:28-34.

<sup>26</sup> Cfr. le opinioni espresse da RAC e SEAC: 8 September 2015 ECHA/RAC/RES-O-0000006229-70-02/F e 4 December 2015 ECHA/SEAC/RES-O-0000006229-70-03/F.

<sup>27</sup> *Healthy Firefighters – the Skellefteå Model improves the work environment*, Swedish Civil Contingencies Agency, MSB, 2014.

<sup>28</sup> BILOTT R., *Exposure: Poisoned Water, Corporate Greed, and One Lawyer’s Twenty-Year Battle against DuPont*, Atria Books, 2019.

situazione espositiva in cui oggi operano i Vigili del Fuoco, tra contaminanti di diverso genere. È utile ed importante accennarli succintamente.

Un primo punto è la gestione dell'ignoto.

I PFAS, come molti altri composti chimici, non sono conosciuti interamente<sup>29</sup> nelle loro caratteristiche, proprietà, modi di azione ed effetti. Ci sono segnali allarmanti, come lo stesso RAC<sup>30</sup> ha recentemente affermato in modo lapidario, che non devono essere ignorati ma vanno affrontati in modo deciso<sup>31</sup>. Alla luce di tutto questo, un passaggio ineludibile è generare conoscenza attraverso biomonitoraggi per comprendere ad esempio l'esposizione individuale e, qualora possibile, intervenire per mitigarne gli effetti. È altresì necessario analizzare i composti, i residui, le sostanze presenti *indoor* oppure nei siti di lavoro per approntare interventi di decontaminazione soprattutto nelle caserme o sui mezzi. Del pari la conoscenza dello stato sanitario ed ambientale costituisce un prerequisito essenziale onde adottare misure di contrasto puntuali, efficaci e mirate, razionalizzando di conseguenza costi e scelte di priorità.

Davanti all'ignoto, considerando la tipologia di professione a rischio cancerogeno, il principio di precauzione<sup>32</sup> non costituisce una velleità ma sostanza un preciso obbligo giuridico, teso ad assicurare il massimo livello di protezione possibile, valutando anche i rischi cumulativi e combinati che miscele di composti sono in grado di innescare<sup>33</sup>.

Un secondo punto è l'esigenza di anticipare il decorso di effetti sanitari avversi.

La presa in carico dei singoli lavoratori, attraverso controlli mirati costanti e aggiornati alla migliore scienza, aiuta ad intercettare e diagnosticare patologie in fase precoce, incrementando la possibilità di intervento e di soluzione positiva. È un atteggiamento miope utilizzare l'assenza di certezza scientifica, ad esempio, sugli effetti avversi dei PFAS che sono in gran parte interferenti endocrini<sup>34</sup>, rispetto ad alcune patologie specifiche per giustificare la mancata attivazione della cosiddetta medicina preventiva. I PFAS sono sostanze intrinsecamente nocive<sup>35</sup>, di origine antropica ed "aliene" rispetto l'organismo umano e gli ecosistemi. Attendere i tempi della scienza significa postporre interventi di mitigazione rimandandoli a quando, lo testimonia con chiarezza il passato<sup>36</sup>, saranno inutili, tardivi e inadeguati. Un'inerzia ingiustificata nonostante sussistano pressochè univoci segnali di alert e la gran parte degli scienziati che si occupano di PFAS indichino la sussistenza di

<sup>29</sup> ACKERMAN GRUNFELD D. ET AL., *Underestimated burden of per- and polyfluoroalkyl substances in global surface waters and groundwaters*, *Nat. Geosci.*, 17, 340–346 (2024).

<sup>30</sup> [Restrizioni presentate che sono in fase di esame - ECHA](#)

<sup>31</sup> Cfr. p. 25: *Although RAC recognises that there is variability in the environmental and human health hazards of different PFAS, their very persistent properties combined with difficult and costly remediation, have a potential to generate an irreversible stock of pollution, which may result in the exceedance of (eco)toxicologically critical concentrations and environmental or human health risks. Such risks have been demonstrated for some PFAS arrowhead compounds but remain largely uncharacterised for the whole group due to the large number of PFAS included.*

<sup>32</sup> D. SALVATORE ET AL., *Presumptive Contamination: A New Approach to PFAS Contamination Based on Likely Sources*, *Environmental Science & Technology Letters*, 2022, 9, p. 983-990; S. BODEN, *Presumptive Innocence v. the Precautionary Principle: The Story of PFAS Regulation in the United States*, *Environs*, 2020, 44 p. 37-62; P. GRANDJEAN, *Paracelsus Revisited: The Dose Concept in a Complex World*, *Basic Clinical Pharmacological Toxicology*, 2016, 119(2), p. 126-132; D. STEEL, *Extrapolation, uncertainty factors, and the precautionary principle*, *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 2011, 42, p. 356-364; D. RESNIK, *Is the precautionary principle unscientific?*, *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 2003, Volume 34, p. 329-344.

<sup>33</sup> BIL W. E. ET AL., *Approaches to mixture risk assessment of PFASs in the European population based on human hazard and biomonitoring data*, *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, Volume 247, 2023, 114071.

<sup>34</sup> RAPON R.K. ET AL., *PFAS Exposure and Endocrine Disruption Among Women*, *JAMA Netw Open*, 8(12):e2539425; MOKRA K., *Endocrine Disruptor Potential of Short- and Long-Chain Perfluoroalkyl Substances (PFASs)—A Synthesis of Current Knowledge with Proposal of Molecular Mechanism*, *Int. J. Mol. Sci.*, 2021, 22, 2148.

<sup>35</sup> NARASIMHAPPA P. ET AL., *Environmental behavior and human health risks of PFAS: occurrence, toxicity, and the state-of-the-art removal approaches*, *RSC Advances*, Volume 15, Issue 52, 2025, Pages 44555-44583.

<sup>36</sup> GABER N., BERO L., WOODRUFF T.J., *The Devil they Knew: Chemical Documents Analysis of Industry Influence on PFAS Science*, *Ann. Glob. Health.*, 2023 Jun 1;89(1):37.

gravi rischi<sup>37</sup>.

Il terzo punto è approntare una filiera organizzativa e di routine in grado di mitigare le occasioni di contaminazione incrociata o secondaria.

Negli Stati Uniti, ad esempio, è già consolidato il Protocollo di sicurezza per la gestione dei PFAS mediante delle *routine* legate: alla decontaminazione dei mezzi e degli equipaggiamento post intervento; all'utilizzo di DPI contenenti molecole pericolose solo per il lasso di tempo strettamente necessario; alla predisposizione di percorsi puliti e sporchi; a pratiche igieniche e sanitarie accurate; alla sostituzione con alternative più sane<sup>38</sup>.

Da ultimo l'effettiva presa in carico sanitaria del personale dei pompieri.

Biomonitoraggi e studi epidemiologici per essere credibili necessitano di rigorosi disegni dello studio, di accurati questionari in grado di circoscrivere bias, cofattori rilevanti, catalogando analiticamente molteplici sottogruppi in base a elementi specifici e differenziati<sup>39</sup>. La presa in carico non è qualificabile come un aggravio di spesa pubblica, dal momento che sono noti i costi sanitari dell'inazione per la contaminazione da PFAS<sup>40</sup>. Allo stesso tempo, controlli sistematici ed approfonditi aiutano a generare fiducia e consapevolezza, riducendo quelle forme di ignoranza che generano ansia e preoccupazione oltremisura, e, soprattutto, la presa in carico ad opera del servizio pubblico sanitario risponde a esigenze di rispetto e tutela dei diritti fondamentali ed umani<sup>41</sup> che costituiscono una barriera insormontabile per il potere pubblico.

#### 4. Una panoramica trasversale sull'attuale situazione regolatoria dei Vigili del Fuoco.

Illustrare lo stato dell'arte della letteratura scientifica sui pompieri è compito improbo per una serie di ragioni. *In primis* l'analisi risulta penalizzata dalla mancanza di dati e dalla penuria di studi, alcuni molto eterogenei e di difficile raffronto.

In letteratura gli scienziati hanno preso in esame fonti espositive occupazionali quali gli indumenti

<sup>37</sup> Centinaia di scienziati ed esperti hanno sottoscritto quattro manifesti al fine di sottolineare il problema PFAS e di premere affinché vengano approntate misure di contrasto efficaci a questa contaminazione: Helsingør Statement in 2014 (M. SCHERINGER, X. TRIER, I. T. COUSINS, P. DE VOOGT, T. FLETCHER, Z. WANG, T. F. WEBSTER, *Helsingør Statement on poly- and perfluorinated alkyl substances (PFASs)*, Chemosphere, Volume 114, 2014, Pages 337-339); Madrid Statement in 2015 (BLUM A., BALAN S.A., SCHERINGER M., TRIER X., GOLDENMAN G., COUSINS I.T., DIAMOND M., FLETCHER T., HIGGINS C., LINDEMAN A.E., PEASLEE G., DE VOOGT P., WANG Z., WEBER R., *The Madrid Statement on Poly- and Perfluoroalkyl Substances (PFASs)*, *Environ. Health Perspect.*, 2015 May;123(5):A107-111); Zurich Statement on Future Actions in 2018 (RITSCHER A., WANG Z., SCHERINGER M., BOUCHER J.M., AHRENS L., BERGER U., BINTEIN S., BOPP S.K., BORG D., BUSER A.M., COUSINS I., DEWITT J., FLETCHER T., GREEN C., HERZKE D., HIGGINS C., HUANG J., HUNG H., KNEPPER T., LAU C.S., LEINALA E., LINDSTROM A.B., LIU J., MILLER M., OHNO K., PERKOLA N., SHI Y., SMÅSTUEN HAUG L., TRIER X., VALSECCHI S., VAN DER JAGT K., VIERKE L., *Zürich Statement on Future Actions on Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFASs)*, *Environ. Health Perspect.*, 2018 Aug;126(8):84502) and Zurich II Statement in 2024 (J. C. DEWITT ET AL., *Zürich II Statement on Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFASs): Scientific and Regulatory Needs*, *Environmental Science & Technology Letters*, 2024, 11, pages 786-797).

<sup>38</sup> [Freedom to Choose: PFAS-Free PPE](#)

<sup>39</sup> Si rimanda alle argomentazioni svolte nel paragrafo 5.

<sup>40</sup> European Commission: Directorate-General for Environment, WSP, Ricardo and Trinomics, *The cost of PFAS pollution for our society – Final report*, Publications Office of the European Union, 2026; Nordic Council of Ministers, *The cost of inaction. A socioeconomic analysis of environmental and health impacts linked to exposure to PFAS*, GOLDENMANN G. ET AL., 2019.

<sup>41</sup> [OHCHR | Call for Input - Forever Chemicals \(PFAS\) & Human Rights](#)

di lavoro<sup>42</sup>, le schiume antincendio<sup>43</sup>, la polvere e l'aria<sup>44</sup>. Del pari l'analisi scientifica ha vagliato il tema del rischio occupazionale dei Vigili del Fuoco in generale<sup>45</sup>, la presenza di PFAS nel sangue dei pompieri<sup>46</sup>, i ritardanti di fiamma e le relative implicazioni<sup>47</sup>, la *moisture barrier*<sup>48</sup>.

Infine, autorevoli studiosi focalizzano i profili di preoccupazione per la salute di questa particolare categoria di lavoratori esposti, anche a fronte degli esiti di alcune indagini condotte sul siero dei pompieri che denotano la presenza di PFAS di vario tipo e consistenza<sup>49</sup>. Sono state rilevate concentrazioni nel sangue che in svariati casi superano i livelli di attenzione sanitaria elaborati, ad esempio, da NASEM<sup>50</sup>, EFSA<sup>51</sup> e HBM<sup>52</sup>.

È bene ricordare che la prima ha definito tre soglie sieriche: un primo gruppo nel quale il livello della presenza dei PFAS varia tra 0-2 ng/ml, *range* entro il quale non sono attesi effetti avversi per la salute; un secondo ambito intermedio fra i valori di 2 e 20 ng/ml entro cui la situazione presenta profili potenziali di rischio di effetti sanitari avversi, in particolare per i gruppi di popolazione più sensibili e vulnerabili; infine, il range di valori che supera la soglia dei 20 ng/ml di presenza sierica di PFAS per la quale si attesta un rischio aumentato di sviluppare patologie ed effetti sanitari avversi. In questi casi è raccomandato un *follow-up* medico più attento. EFSA invece, nel 2020, riducendo prepotentemente e progressivamente i limiti di sicurezza esistenti per l'assunzione dei PFAS con la dieta (4,4 ng/kg di peso corporeo a settimana per la somma di PFOA, PFNA, PFHxS e PFOS), ha indicato una concentrazione di circa 6,9 ng/mL nel sangue materno come il livello associato a possibili effetti immunologici nel figlio (a cui i PFAS sono stati trasferiti durante la gravidanza e l'allattamento). Nelle strategie di interpretazione dei dati, NASEM precisa che si deve tenere presente che confrontare le concentrazioni dei singoli PFAS con valori di riferimento o di rischio può portare a sottostimare il rischio associato all'esposizione complessiva ad una miscela di PFAS.

In aggiunta, senza voler sminuire l'importanza dei tentativi di classificare il rischio come quelli proposti da NASEM o da HBM, è importante ricordare che queste classificazioni, pur rappresentando

<sup>42</sup> REWERTZ J. N. ET AL., *In-vial extraction large volume gas chromatography mass spectrometry for analysis of volatile PFASs on papers and textiles*, *Environ. Sci. Technol.*, 52 (18), 10609–10616, 2018; PEASLEE G.F. ET AL., *Another pathway for firefighter exposure to per-and polyfluoroalkyl substances: Firefighter textiles*, *Environ. Sci. Technol.*, Lett 7 (8), 2020, 594–599; MUENSTERMAN D.J. ET AL., *Disposition of fluorine on new firefighter turnout gear*, *Environ. Sci. Technol.*, 2022 Jan 18;56(2):974-983; VAN DER VEEN I. ET AL., *Fate of Per- and Polyfluoroalkyl Substances from Durable Water-Repellent Clothing during Use*, *Environ. Sci. Technol.*, 2022 May 3;56(9):5886-5897.

<sup>43</sup> GONZALEZ D. ET AL., *Assessment of PFAS fate, transport, and treatment inhibition associated with a simulated AFFF release within a WASTEWATER treatment plant*, *Chemosphere*, 262, 127900, 2021; ROTANDER A. ET AL., *Elevated levels of PFOS and PFHxS in firefighters exposed to aqueous film forming foam (AFFF)*, *Environ. Int.*, 82, 28–34, 2015.

<sup>44</sup> HENRY B.J. ET AL., *A critical review of the application of polymer of low concern and regulatory criteria to fluoropolymers*, *Integr. Environ. Assess. Manag.*, 14 (3), 316–334, 2018; BANKS A.P.W. ET AL., *The occurrence of PAHs and flame-retardants in air and dust from Australian fire stations*, *J. Occup. Environ. Hyg.*, 2020 Feb-Mar;17(2-3):73-84.

<sup>45</sup> MAZUMDER N.-U.-S. ET AL., *Firefighters' exposure to per-and polyfluoroalkyl substances (PFAS) as an occupational hazard: A review*, *Front. Mater*, 2023, 10:1143411.

<sup>46</sup> SOTERIADES E.S. ET AL., *Cancer incidence and mortality in firefighters: A state-of-the-art review and meta-analysis*, *Asian Pac. J. Cancer Prev.*, APJCP 20 (11), 3221–3231, 2019.

<sup>47</sup> MAZUMDER N.-U.-S., ISLAM M.T., *Flame retardant finish for textile fibers., Innovative and emerging technologies for textile dyeing and finishing*, 2021, 373–405. New York, USA: John Wiley & Sons, Ltd.

<sup>48</sup> HOLMQUIST H. ET AL., *Properties, performance and associated hazards of state-of-the-art durable water repellent (DWR) chemistry for textile finishing*, *Environ. Int.*, 2016, 91, 251–264.

<sup>49</sup> ROSENFELD P.E. ET AL., *Perfluoroalkyl substances exposure in firefighters: Sources and implications*, *Environ. Res.*, 2023 Mar 1:220:115164.

<sup>50</sup> National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2022. *Guidance on PFAS Exposure, Testing, and Clinical Follow-Up*. Washington, DC: The National, Chapter V. PFAS Testing and Concentrations to Inform Clinical Care of Exposed Patients. Academies Press.

<sup>51</sup> EFSA CONTAM Panel (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain) 2020. *Scientific Opinion on the risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food*. EFSA Journal 2020;18(9):6223, 391.

<sup>52</sup> [ONLINE LIBRARY – HBM4EU – science and policy for a healthy future](#)

un passo avanti nel riconoscimento del rischio legato all'esposizione ai PFAS, devono essere considerate strumenti di orientamento e non veri e propri livelli di sicurezza. Va anche tenuto presente che i PFAS sono sostanze di sintesi e che i legami carbonio-fluoro sono estremamente rari nei sistemi biologici naturali, risultando quindi in gran parte estranei ai normali processi biologici degli organismi viventi. Di conseguenza, l'organismo umano non dispone di meccanismi efficaci per la loro degradazione, il che contribuisce alla loro persistenza e all'aumento del carico corporeo nel tempo. In questo senso, il rischio per il singolo individuo non può essere considerato completamente assente neppure a concentrazioni molto basse.

Inoltre, questi sistemi di classificazione si basano spesso su un approccio tossicologico che considera le singole classi di sostanze separatamente, mentre nella realtà l'esposizione avviene a miscele complesse di svariate sostanze chimiche<sup>53</sup>. Questo aspetto può portare a sottostimare il carico complessivo e gli effetti combinati, si tratta di una criticità che assume particolare rilevanza nel caso dei Vigili del Fuoco, i quali, nel corso della loro attività, possono essere esposti contemporaneamente a numerosi contaminanti chimici, in condizioni operative caratterizzate da alte temperature e stress fisico, fattori che possono influenzare sia l'esposizione sia l'assorbimento delle sostanze<sup>54</sup>.

Come in precedenza sottolineato, i biomonitoraggi riportati in letteratura non sono numerosi, rendendo così estremamente arduo giungere a conclusioni univoche anche a causa della varietà delle esposizioni, dei profili personali, delle sostanze considerate, dei diversi background geografici ed operazionali. Tale affermazione non implica comunque l'impossibilità di evidenziare profili di preoccupazione oggettivi, ancorandoli alla presenza di queste sostanze nel sangue, alla concentrazione rilevata e agli effetti avversi sanitari che stanno acquisendo nel tempo sempre maggiore consistenza, con ciò imponendo una serie di misure precauzionali<sup>55</sup>.

Esempio ne sono i risultati presentati di recente di un biomonitoraggio condotto dall'Università di Bologna su personale italiano dei Vigili del Fuoco<sup>56</sup>, dai quali risulta che solamente il 5.6% dei pompieri delle stazioni dell'Emilia Romagna e di Arezzo campionati (ossia 21 soggetti su un totale di 387) rientrano nel range privo di rischi, mentre il 92% degli addetti si colloca nella fascia intermedia di rischi potenziali a maggior ragione per coloro che presentino situazioni individuali di vulnerabilità; per sette individui (pari al 1.9%) i valori sono da considerarsi come incremento di rischio. I livelli presentati al pubblico della ricerca evidenziano inoltre come vi siano svariati soggetti le cui concentrazioni superino i livelli EFSA. Dati che impongono questioni per l'individuazione delle fonti espositive, sulle misure di mitigazione da adottare e la sorveglianza sanitaria da adottare. Esiti che seguono ricerche indipendenti condotte da ONG sulla scia delle situazioni di contaminazione da PFAS che nell'ultimo decennio stanno interessando l'Italia e sollevano giustificati interrogativi<sup>57</sup>.

Il NASEM sopra richiamato, per l'appunto, non si limita a individuare range di rischio, ma propone anche una serie di misure da adottarsi per le tre diverse fasce: dall'usuale standard of care nella fascia 0-2 ng/ml; ad alcuni esami proposti per coloro che si collocano nel livello intermedio 2-20 ng/ml, (screening periodico per dispilidemia, accentuata attenzione per le donne gravide e i disordini dell'ipercolesterolemia, esame mammografico oltre ai normali controlli di routine); mentre

<sup>53</sup> LEE D.H., *Evidence of the Possible Harm of Endocrine-Disrupting Chemicals in Humans: Ongoing Debates and Key Issues*, *Endocrinol. Metab. (Seoul)*, 2018 Mar; 33(1), 44-52; KORTENKAMP A., *Ten years of mixing cocktails: a review of combination effects of endocrine-disrupting chemicals*, *Environ. Health Perspect.*, 2007 Dec, 115 Suppl 1(Suppl 1), 98-105.

<sup>54</sup> JIN L., CAO M.L., YU W. ET AL., *New Approaches to Evaluate the Performance of Firefighter Protective Clothing Materials*, *Fire Technol.*, 54, 1283-1307 (2018).

<sup>55</sup> [PFASandtheFireService-1-2.pdf](#)

<sup>56</sup> *Convegno PFAS ricerca ed evidenze scientifiche al servizio della salute nel CNVVF*, 23 aprile 2026, ISA, Roma.

<sup>57</sup> [I PFAS anche nella polvere delle caserme dei pompieri. Uno studio americano mette in allarme anche i vigili del fuoco italiani - IL POMPIERE.IT](#); [The Forever Pollution Project - Tracking PFAS across Europe](#); [Pfas nelle tute dei pompieri, l'impatto dell'inchiesta IrpiMedia accelera dopo anni di silenzio - IrpiMedia](#)

per coloro la cui concentrazione supera i 20 ng/ml è indicata l'analisi funzionale della tiroide, lo screening sui sintomi di colite ulcerosa ed una valutazione sul rischio del tumore al rene e ai testicoli.

Da ultimo va rammentato come le tre rotte espositive ai PFAS privilegiate nei pompieri siano ingestione, inalazione e contatto dermico. Mentre la prima costituisce la via principale di assunzione, in letteratura s'è riscontrato come il rischio di assunzione respiratoria e dermale si presenti caratteristico e più elevato nella categoria professionale dei pompieri<sup>58</sup>.

Tutto ciò premesso, ora risulta opportuno verificare quali sono state le soluzioni regolatorie adottate nei diversi contesti espositivi da parte delle autorità pubbliche nei vari Stati non prima tuttavia di aprire una parentesi sulle questioni di metodo per una ricerca scientifica solida.

## 5. È una questione di metodo...

Il biomonitoraggio umano consiste nella misurazione di sostanze chimiche o dei loro metaboliti nei tessuti umani (ad esempio sangue, urine, capelli) con l'obiettivo di valutarne il livello di esposizione. Non è uno strumento pensato per individuare effetti diretti sulla salute, anche se può essere affiancato a valutazioni cliniche nell'ambito di uno studio sanitario.

Molte delle principali istituzioni nazionali e internazionali considerano i dati di biomonitoraggio umano (HBM) uno strumento diretto e più preciso per descrivere la distribuzione dell'esposizione nella popolazione. Studi come l'americano NHANES<sup>59</sup>, il tedesco GerES<sup>60</sup>, il *Flemish Human Biomonitoring Program* (cicli I, II e III)<sup>61</sup> e l'iniziativa europea HBM4EU, avviata nel dicembre 2016 come sforzo congiunto di 26 Paesi e della Commissione europea, hanno dimostrato come sia possibile sviluppare programmi di indagine su larga scala per descrivere l'esposizione nella popolazione generale e in sottogruppi specifici (ad esempio bambini piccoli, vigili del fuoco, ecc.). I dati provenienti da questi studi possono essere utilizzati per programmare interventi mirati alla riduzione delle fonti di esposizione e dei rischi per la salute<sup>62</sup>, attraverso politiche ambientali e azioni di prevenzione specifica<sup>63</sup>. Nella loro interpretazione è tuttavia necessario tenere conto della variabilità individuale, delle diverse vie di esposizione e di numerosi altri fattori che possono influenzare i risultati<sup>64</sup>. Nel caso dei PFAS, il sangue rappresenta in genere la matrice biologica di riferimento, poiché molte di queste sostanze tendono ad accumularsi nel tempo nel siero. Per alcuni PFAS ben studiati, tra cui PFOA, PFOS e PFHxS, sono stati definiti tempi di permanenza nell'organismo (emivita biologica) di diversi anni; ciò consente loro di persistere nel sangue ed essere rilevati anche molto tempo dopo la cessazione dell'esposizione<sup>65</sup>.

<sup>58</sup> DEMERS P.A. ET AL., *Carcinogenicity of occupational exposure as a firefighter*, *Lancet Oncol.*, 2022 Aug;23(8):985-986; *Occupational Exposure as a Firefighter*, IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans, Volume 132, 2023.

<sup>59</sup> Centers for Disease Control and Prevention. 2005. Third national report on human exposure to environmental chemicals. Atlanta, GA: Centers for Disease Control and Prevention.

<sup>60</sup> BECKER K., SCHULZ C., KAUS S., SEIWERT M., SEIFERT B., *German Environmental Survey 1998 (GerES III): environmental pollutants in the urine of the German population*, *Int. J. Hyg. Environ. Health*, 2003 Jan;206(1):15-24.

<sup>61</sup> [Steunpunt III \(2011-2015\)](#)

<sup>62</sup> SMOLDERS R. ET AL., *A review on the practical application of human biomonitoring in integrated environmental health impact assessment*, *J. Toxicol Environ. Health B. Crit. Rev.*, 2009, 12(2):107-23.

<sup>63</sup> FAURE S., NOISEL N., WERRY K. ET AL., *Evaluation of human biomonitoring data in a health risk based context: An updated analysis of population level data from the Canadian Health Measures Survey*, *Int. J. Hyg. Environ. Health*, 2020 Jan;223(1):267-280; [BIOMONITORING IN PUBLIC HEALTH: Epidemiologic Guidance for State, Local, and Tribal Public Health Agencies](#)

<sup>64</sup> COLLES A. ET AL., *Human biomonitoring as a tool for exposure assessment in industrially contaminated sites (ICSs). Lessons learned within the ICS and Health European Network*, *Epidemiol. Prev.*, 2019 Jul-Aug;43(4):249-259; ALIMONTI A., BOCCA B., MATTEI D., PINO A., *Biomonitoraggio della popolazione italiana per l'esposizione ai metalli: valori di riferimento 1990-2009*, Rapporti ISTISAN 10/22.

<sup>65</sup> National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (NASEM). Committee on the Guidance on PFAS Testing and Health Outcomes. *Guidance on PFAS Exposure, Testing, and Clinical Follow-Up*. Washington (DC): National

Per i PFAS di nuova generazione, i tempi di permanenza nell'organismo non sono ancora ben definiti e la loro presenza nel sangue potrebbe essere rilevabile per periodi più brevi. Questo non esclude però una possibile distribuzione e accumulo in altri tessuti o organi. Infatti, uno studio *postmortem* condotto a Tarragona (Spagna) ha rilevato la presenza di PFAS in tutti i tessuti umani analizzati (cervello, fegato, polmoni, ossa e reni), con le concentrazioni più elevate nei polmoni. I PFAS a catena corta hanno mostrato un alto potenziale di accumulo, con il PFBA (acido perfluorobutanoico, C4) che ha raggiunto le concentrazioni più alte nei reni (263 ng/g) e nei polmoni (807 ng/g). Per il fegato e il cervello, il PFHxA (acido perfluoroesanoico, C6) era il più abbondante (68,3 ng/g e 141 ng/g, rispettivamente), mentre PFOS e PFOA erano prevalenti nel fegato e nelle ossa<sup>66</sup>.

In pratica, le misurazioni dei PFAS nel sangue possono riflettere una combinazione di esposizioni sia recenti sia passate, a seconda dei composti considerati; tuttavia, tali misurazioni di per sé non consentono di distinguere il momento in cui l'esposizione è avvenuta, di identificare le fonti di esposizione e di prevedere gli effetti futuri sulla salute. I dati forniscono soltanto una stima del carico presente nell'organismo al momento del prelievo. Ad esempio, una persona con livelli bassi oggi potrebbe aver avuto concentrazioni più elevate in passato.

Come già detto, i Vigili del Fuoco sono esposti per motivi professionali a PFAS attraverso diverse fonti e in misura maggiore rispetto alla popolazione generale. Tra le più rilevanti vi sono l'uso, passato ed in parte ancora attuale, delle schiume antincendio (AFFF), l'impiego quotidiano di dispositivi di protezione individuale trattati con PFAS, la polvere e l'aria nelle caserme, i fumi e i residui degli incendi, le attrezzature contaminate e le tracce lasciate da utilizzi precedenti di schiume. Queste esposizioni devono essere strettamente monitorate perché si ripetono nel tempo e a seconda della mansione svolta possono prolungarsi per tutta la durata della carriera. Inoltre, avvengono spesso in condizioni operative caratterizzate da alte temperature e forte stress, che possono favorire il rilascio delle sostanze e il loro assorbimento da parte dell'organismo<sup>67</sup>.

È proprio la presenza di queste molteplici fonti, che spesso si sovrappongono tra loro, che rende difficile individuare il contributo che le singole esposizioni apportano al carico complessivo di PFAS nell'organismo e che rafforza la necessità di eseguire studi di biomonitoraggio specificamente mirati ai Vigili del Fuoco<sup>68</sup>. Affinché i dati ottenuti dal biomonitoraggio possano essere utilizzati in modo affidabile per identificare le principali fonti di esposizione e orientare interventi di prevenzione, è necessario che il protocollo dello studio sia costruito secondo criteri di buona pratica, basati su evidenze consolidate relative al disegno dello studio, alla raccolta dei dati, ai metodi analitici, alle strategie di valutazione dell'esposizione e alle modalità di analisi dei risultati. Nilsson sostiene che una delle chiavi della buona realizzazione e partecipazione al loro studio è stato che il gruppo di lavoro comprendeva rappresentanti dei datori di lavoro, rappresentanti dei lavoratori impiegati in diverse mansioni e rappresentanti sindacali dei Vigili del Fuoco<sup>69</sup>.

Perché un programma di biomonitoraggio possa fornire risultati utili alla valutazione dell'esposizione e al supporto delle decisioni di sanità pubblica, è fondamentale che sia progettato secondo criteri metodologici ben definiti. Le evidenze disponibili in letteratura indicano che la qualità dei dati dipende in larga misura dal disegno dello studio, dalla selezione del campione e dalla capacità di integrare in modo coerente le informazioni biologiche con quelle relative all'esposizione.

Secondo Jetti<sup>70</sup> la selezione del campione è un elemento centrale, e questo deve essere costruito in

Academies Press (US); 2022 Jul 28; [5. PFAS Testing and Concentrations to Inform Clinical Care of Exposed Patients](#).

<sup>66</sup> PÉREZ F., NADAL M., NAVARRO-ORTEGA A., FÀBREGA F., DOMINGO J.L., BARCELÓ D., FARRÉ M., *Accumulation of perfluoroalkyl substances in human tissues*, *Environ. Int.*, 2013 Sep;59:354-62.

<sup>67</sup> NIST Technical Note NIST TN 2260. 2024.

<sup>68</sup> [Best-Practices for Per- and Polyfluoroalkyl Substances \(PFAS\) Biomonitoring in Firefighters. 2025](#).

<sup>69</sup> NILSSON S. ET AL., *Biomonitoring of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) exposure in firefighters: Study design and lessons learned from stakeholder and participant engagement*, *Int. J. Hyg. Environ. Health*, 2022 May;113966.

<sup>70</sup> ZARE JEDDI M., GALEA K.S., ASHLEY-MARTIN J. ET AL., *Guidance on minimum information requirements (MIR) from*

modo da rappresentare adeguatamente la popolazione di interesse e, quando possibile, deve includere sottogruppi con diversi livelli attesi di esposizione, in particolare se si indaga in ambito di esposizione professionale. Questo approccio consente non solo di descrivere la distribuzione dei contaminanti, ma anche di individuare eventuali differenze legate a specifiche condizioni ambientali, occupazionali o comportamentali. Per questo è importante poter suddividere i partecipanti in gruppi, ad esempio in base al tipo di lavoro svolto, agli anni di attività o all'ambiente in cui operano, così da poter meglio interpretare i dati. È preferibile che la valutazione dell'esposizione sia basata su un campionamento casuale progettato in modo scientifico, anche se si può prevedere, in via complementare, l'inclusione di partecipanti volontari<sup>71</sup>. Se si crea un campione cosiddetto "di convenienza", cioè se partecipano allo studio solo persone che si rendono disponibili, e non un campione scelto in modo casuale per rappresentare tutta la popolazione, questo può rendere il campione diverso dalla popolazione reale e può influenzare i risultati e limitarne la rappresentatività. Quando non è possibile definire un campione completo e rappresentativo della popolazione, è importante esplicitare in modo chiaro i limiti del campione utilizzato, le ragioni della sua scelta e le possibili conseguenze sull'interpretazione dei risultati.

Un secondo aspetto fondamentale è rappresentato dalla raccolta delle informazioni sulle possibili fonti di esposizione. Il biomonitoraggio, infatti, fornisce una misura del carico interno, ma non consente da solo di risalire alle fonti o alle modalità di esposizione. Per questo motivo è necessario utilizzare un sistema strutturato di raccolta dati, in grado di documentare in modo sufficientemente dettagliato le abitudini, le attività lavorative, le condizioni ambientali e gli eventuali comportamenti rilevanti. La qualità e il livello di dettaglio di queste informazioni sono determinanti per poter interpretare i risultati e individuare possibili determinanti dell'esposizione.

Particolare attenzione deve essere posta anche alla identificazione e gestione dei fattori confondenti, cioè di quelle variabili (condizioni o abitudini) come ad esempio età, alimentazione o stili di vita, che possono influenzare i valori dei livelli delle sostanze nel sangue indipendentemente dall'esposizione che si vuole studiare. Oltre ai fattori generali, come età, sesso o indice di massa corporea, è importante considerare anche elementi specifici legati alla sostanza o al contesto in esame, come le abitudini alimentari, le fonti ambientali di esposizione o le caratteristiche dell'attività lavorativa. I fattori da considerare non dovrebbero essere scelti in modo generico, ma sulla base di ciò che è noto sulle possibili vie di esposizione. Per esempio, nel caso dei Vigili del Fuoco includere partecipanti con diverse mansioni lavorative consentirebbe di valutare esposizioni specifiche legate al ruolo<sup>72</sup>. È inoltre fondamentale che le variabili siano definite e raccolte in modo oggettivo e misurabile, così da ridurre l'ambiguità nell'interpretazione dei dati e permettere confronti affidabili tra soggetti, nel tempo e tra studi diversi.

Un ulteriore elemento chiave è la necessità di integrare i dati provenienti da diverse fonti. I risultati del biomonitoraggio, da soli, non sono sufficienti: acquistano significato solo se messi in relazione con le informazioni sul contesto ambientale e lavorativo (ad esempio luogo di lavoro, tipo di attività svolta, abitudini personali) e con le caratteristiche dei partecipanti. Per questo motivo, i dati non dovrebbero essere analizzati solo nel loro insieme, ma anche adeguatamente stratificati, cioè suddivisi in gruppi (ad esempio per mansione, anni di servizio o livello di esposizione), così da individuare eventuali differenze e comprendere meglio da dove derivano i livelli osservati.

Infine, è importante che ci sia coerenza tra gli obiettivi dello studio e gli strumenti utilizzati per realizzarlo. In pratica, i metodi di laboratorio e le modalità di raccolta dei dati devono essere adeguati a ciò che si vuole realmente indagare. Nel caso di contaminanti complessi e in continua evoluzione, come i PFAS, è fondamentale che le analisi siano in grado di rilevare un numero sufficientemente ampio di sostanze e che il disegno dello studio tenga conto delle diverse possibili fonti e modalità di

---

*designing to reporting human biomonitoring (HBM), Environ. Int., 2025 Aug;202:109601.*

<sup>71</sup> [PFAS Exposure Assessment Technical Toolkit \(PEATT\) Environmental Assessment, 2020.](#)

<sup>72</sup> NILSSON S. ET AL., *Biomonitoring ...*, op. cit.

esposizione. In caso contrario, si rischia di ottenere una rappresentazione solo parziale del fenomeno e di interpretare i risultati in modo incompleto.

Nel complesso, queste indicazioni evidenziano come il biomonitoraggio non sia soltanto un'attività di misurazione, ma un processo integrato che richiede una progettazione attenta e multidimensionale. Solo in presenza di un approccio metodologico solido è possibile ottenere dati affidabili, confrontabili, generalizzabili e realmente utili per comprendere i rischi e orientare interventi di prevenzione.

Alla luce di questo inquadramento generale, può essere utile considerare un caso concreto di biomonitoraggio in ambito occupazionale. Viene qui preso in esame uno studio condotto su Vigili del Fuoco operanti in due aree (Emilia-Romagna e provincia di Arezzo). I dati sono stati ottenuti tramite richiesta di accesso agli atti e sono stati forniti sotto forma di presentazione utilizzata dai ricercatori per presentare i dati in forma aggregata in un convegno<sup>73</sup>. Il questionario utilizzato nello studio, presentato in una delle diapositive, è stato ottenuto anche in versione originale da partecipanti allo studio. Il materiale reso disponibile è stato analizzato dal punto di vista metodologico con quanto riportato nelle *Best Practices for PFAS Biomonitoring in Firefighters*, negli studi di Jetty e di Nilsson già citati, nei materiali disponibili nella *online library* del *Europe HBM4EU project*<sup>74</sup> e in altri studi di biomonitoraggio eseguiti in Italia, i cui dati sono ancora in via di elaborazione e pubblicazione.

Il primo aspetto su cui è opportuno soffermarsi riguarda la selezione del campione. Dalla presentazione dei dati non emergono informazioni che permettano di capire se il campione sia stato definito attraverso una selezione casuale oppure tramite modalità di convenienza, cioè su base volontaria. Una partecipazione esclusivamente su base volontaria può portare a includere più facilmente persone già sensibili al tema o preoccupate per la propria esposizione, mentre altri soggetti restano esclusi. Questo può rendere il campione meno rappresentativo e influenzare i risultati. In ogni caso, i partecipanti provengono da una sola regione d'Italia e da una singola provincia di un'altra regione. In queste condizioni, i risultati descrivono il campione analizzato, ma non sono direttamente trasferibili all'intera popolazione dei Vigili del Fuoco a livello nazionale. Sarebbe stato importante che nella presentazione dei dati fossero state esplicitate chiaramente le modalità di definizione del campione esplicitando gli eventuali limiti dei metodi di arruolamento dei partecipanti, le ragioni delle scelte fatte e le possibili conseguenze sull'interpretazione dei risultati.

La sezione lavorativa è utile ma insufficiente per una coorte di Vigili del Fuoco. Vengono chiesti tipo di servizio, anni di servizio, sede attuale e trasferimento, ma non si indaga ciò che conta davvero per i PFAS: numero e tipo di interventi (quanti interventi con schiume antincendio, quanti addestramenti, la partecipazione a quanti incendi industriali), possibilità di effettuare doccia e cambio indumenti nell'immediato post-intervento, anni di utilizzo e manutenzione dei DPI, lavaggio degli indumenti contaminati, ruolo operativo o amministrativo, contatto con fumi, polveri e materiali trattati. Così come è strutturato il questionario descrive l'appartenenza professionale, ma non misura in maniera oggettiva e concreta l'intensità dell'esposizione professionale.

Un altro aspetto rilevante è che pur raccogliendo alcune informazioni generali (età, sesso, peso, altezza, contesto abitativo, consumo di alcuni alimenti, fumo, *Gore-Tex*, patologie croniche) il questionario non indaga in modo strutturato le vere vie di esposizione rilevanti per PFAS.

Una criticità importante è l'assenza completa della sezione su acqua potabile: non viene chiesto se il partecipante beva acqua di rubinetto, di pozzo, imbottigliata, filtrata, né da quanto tempo. Questo è un limite rilevante perché, nei modelli PEATT, l'acqua è una delle prime variabili da chiarire quando si vuole distinguere esposizione professionale da esposizione ambientale di fondo.

Anche la parte alimentare è molto generica. Chiedere se si consumano "cibi biologici", "quarta gamma", "pesce e mitili" con le sole risposte "mai / qualche volta / spesso" non consente una vera valutazione dell'esposizione. Tra l'altro, l'utilizzo di categorie generiche come "mai", "qualche

<sup>73</sup> [One Health, One Brain, One City. Nuove prospettive sui gliomi e sui loro determinanti biologici, ambientali e sociali](#)

<sup>74</sup> [HBM4EU Science and Policy for a Healthy Future - Online Library](#)

volta” o “spesso”, pur semplificando la compilazione del questionario, non consente una valutazione realmente oggettiva dell’esposizione. Queste espressioni, infatti, possono essere interpretate in modo diverso da ciascun partecipante e non permettono un confronto preciso né tra i dati dei diversi sottogruppi, né con quelli di altri studi, nei quali vengono utilizzate misure molto più definite e confrontabili. Per quanto riguarda il pesce o i vegetali sarebbe stato più utile conoscere l’origine del pesce, il consumo di pesce locale, vegetali prodotti da orto familiare, alimenti provenienti da aree contaminate, frequenza più precisa e durata dell’abitudine. E la quantificazione avrebbe dovuto essere più oggettiva: ad es. il numero medio di pasti a base di pesce/vegetali a settimana, o almeno una scala di valori con mai/1 volta/2–3 volte/4 o più volte.

La domanda sull’uso di abbigliamento in *Gore-Tex*<sup>®</sup> non lavorativo è metodologicamente fragile. Da sola non permette di stimare un’esposizione significativa: non chiarisce frequenza, durata, tipo di capo, contatto, usura, trattamento del tessuto. Inoltre, rischia di dare un peso eccessivo a una possibile esposizione secondaria, mentre mancano informazioni molto più importanti.

Mancano inoltre variabili biologiche importanti per interpretare i livelli sierici, come donazione di sangue regolare, funzione renale, eventuali terapie o condizioni che possono modificare l’eliminazione e la distribuzione dei PFAS (es. gravidanza e allattamento per le donne). La domanda sulla presenza di patologie croniche (sì/no) risulta poco informativa perché in assenza di una specificazione del tipo di patologia, il dato raccolto non consente alcuna interpretazione utile. Non tutte le patologie croniche hanno lo stesso peso: per i PFAS, la funzione renale rappresenta il principale determinante della loro eliminazione. Una domanda generica sulle patologie croniche non consente quindi di intercettare i fattori realmente rilevanti.

In sintesi, il questionario può fornire una descrizione minima dei partecipanti, ma non è sufficientemente strutturato per escludere fattori confondenti né per distinguere in modo affidabile l’esposizione professionale, ambientale e comportamentale.

Il rischio è che venga usato per sostenere conclusioni più forti di quanto i dati raccolti consentano. E questo in realtà è già accaduto nel corso di un recente convegno in cui è stato affermato che, alla luce dei risultati ottenuti e dell’esclusione dei principali fattori confondenti tramite il questionario, si potrebbe escludere con certezza un impatto dei PFAS sulla salute dei Vigili del Fuoco in generale. In primo luogo, come già evidenziato, il questionario utilizzato non consente di escludere in modo completo e oggettivo i fattori confondenti, in quanto non indaga in modo approfondito le principali vie di esposizione, né permette una quantificazione precisa dei comportamenti rilevanti. Questo riduce la possibilità di attribuire con sicurezza i livelli osservati esclusivamente a specifiche fonti o, al contrario, di escluderne il ruolo.

Inoltre, i livelli sierici osservati per alcuni PFAS, in particolare PFOS e PFOA, non risultano trascurabili e, se confrontati con i dati di biomonitoraggio della popolazione generale e con i livelli di attenzione clinica proposti in letteratura, si collocano frequentemente al di sopra delle soglie considerate di riferimento. Questo elemento, pur non costituendo di per sé una prova di danno alla salute, indica una esposizione significativa che non può essere interpretata come neutra.

Nel complesso, i dati disponibili non permettono di trarre conclusioni definitive sull’assenza di rischio, ma richiedono un’interpretazione prudente e una valutazione nel tempo, anche alla luce della natura persistente e bioaccumulabile dei PFAS.

Tutti coloro che hanno valori >2 vanno monitorati con marker biochimici secondo le indicazioni di NASEM.

Una lettura più attenta dei dati e dei limiti metodologici dello studio suggerisce maggiore prudenza, anche perché trattandosi di un campione selezionato proveniente da due sole regioni d’Italia, i risultati non possono essere trasferiti alla popolazione generale dei Vigili del Fuoco.

## 6. Conclusioni provvisorie per un *framework* normativo ed operativo più adeguato.

Nell'introduzione si è testualmente affermato che finalità di questo articolo era “*dare conto delle misure che sono state approntate per mitigare l'esposizione a questa classe di contaminati eterni: dai divieti di utilizzo all'impiego di materiali alternativi ed alla loro etichettatura; dai protocolli di sicurezza redatti a livello organizzativo ed operativo a quelli di screening sanitario. Infine, si evidenzieranno le criticità ed i gap informativi riscontrabili ad oggi nonché dei differenti approcci regolatori esistenti e sistemi di tutela occupazionale*”. Nelle conclusioni saranno elencate una serie di situazioni sulle quali risulta opportuno soffermarsi e lavorare, frutto di esperienza e di *best practices* adottate in alcuni Stati, passibili di essere replicate in Italia.

I punti presi in esame sono i seguenti: a) mappatura dei siti e delle attrezzature; b) biomonitoraggio sanitario esteso a tutto il personale, compresi personale a riposo e volontari; c) eliminazione progressiva dei PFAS da divise, DPI (dispositivi di protezione individuale) e schiumogeni, sostituendoli con alternative “PFAS-free”; d) corretto smaltimento dei DPI usati e degli schiumogeni; e) inserimento del rischio PFAS nei documenti di valutazione dei rischi lavorativi; f) riconoscimento pieno della tutela INAIL per la categoria e superamento dell'esclusione dei Vigili del Fuoco dall'archivio delle malattie professionali.

Si tratta di ambiti attinenti rispettivamente: la consapevolezza delle condizioni di esercizio e la conoscenza della situazione di rischio esistente (*a, b*); la definizione di misure di mitigazione del rischio riducendo le occasioni espositive (*c, d*); infine, la tutela giuridica e legale di una specifica categoria professionale la quale, come si è cercato di dimostrare, presenta profili specifici di rischio che non possono essere ignorati (*e, f*). Ambiti la cui analisi non può che essere accompagnata trasversalmente da alcuni cenni al Regolamento UE della Commissione n. 2025/1988<sup>75</sup> che detta tempi e modi per la restrizione dei PFAS nelle schiume antincendio e alle correlate Linee guida fornite dalla stessa Commissione e da ECHA del 2026<sup>76</sup>, tanto quanto la vigente normativa sulla sicurezza sui luoghi ed ambienti di lavoro<sup>77</sup>.

### ***I) Consapevolezza delle condizioni di esercizio e conoscenza della situazione di rischio esistente***

#### *a) mappatura dei siti e delle attrezzature*

#### *b) biomonitoraggio sanitario esteso a tutto il personale, compresi pensionati e volontari*

Sia per garantire l'adozione di condotte e misure in grado di ridurre il rischio di esposizione a sostanze pericolose e nocive, sia per aver contezza della situazione in essere, risulta imprescindibile una valutazione dello *status quo*, quanto ai soggetti professionalmente esposti e ad attrezzature, impianti e agenti chimici. Si tratta, in estrema sintesi, di definire una *baseline* di partenza che attesti eventuali criticità esistenti e consenta di misurare i progressi valutando l'efficacia degli interventi di contenimento intrapresi. Ciò comporta l'identificazione precisa dei composti delle schiume antincendio a disposizione e stoccate e le rispettive concentrazioni (eventualmente con test indipendenti per verificare l'attendibilità delle dichiarazioni dei fornitori). In tal senso un importante ausilio è dato dall'aggiornamento delle schede di sicurezza (SDS). Inoltre, è necessario provvedere ad analizzare e a decontaminare attrezzature ed impianti da residui e composti utilizzati nel passato. Per quanto concerne il personale, al fine di garantire la conoscenza della situazione di rischio esistente ed approntare, se necessari, monitoraggi e la presa in carico del servizio sanitario, è fondamentale procedere alle analisi di laboratorio dei valori sierici dei PFAS e delle sostanze contaminanti di maggior rilievo nei pompieri in servizio, nei volontari e nel personale a riposo, dati i tempi lunghi di emivita e il fattore bioaccumulo che caratterizzano alcuni composti chimici. Questa operazione

<sup>75</sup> REGOLAMENTO(UE) 2025/1988 DELLA COMMISSIONE del 2 ottobre 2025 che modifica l'allegato XVII del regolamento (CE) n. 1907/2006 del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda le sostanze per- e polifluoroalchiliche nelle schiume antincendio

<sup>76</sup> [EU guidance for transitioning to fluorine-free firefighting foams en.pdf](#)

<sup>77</sup> D.lgs. 9 aprile 2008, n. 81, e successive modificazioni, cui vanno aggiunte le prescrizioni derivanti dalle modifiche recenti alle Direttive europee CAD e CMRD, da recepirsi entro la data del 8 aprile 2026, di cui alla Direttiva (UE) 2024/869.

risponderà a molteplici finalità e comporterà anche un contenimento e razionalizzazione dei costi di intervento: da una parte i soggetti esposti avranno diritto a controlli e cure laddove necessarie; dall'altra sarà possibile individuare focolai di esposizione e fonti prioritarie dove intervenire tempestivamente. La mappatura dei siti delle caserme, degli aeroporti civili e militari come dei luoghi di addestramento è condizione ineludibile per portare a termine questa fase di *assessment*. Non va dimenticato che già da tempo alcuni Stati ed autorità pubbliche si sono mosse in tale direzione e che lo stesso Regolamento della Commissione europea n. 1988 del 2025 già richiamato appare chiaro sulla direzione intrapresa.

### **II) Definizione di misure di mitigazione del rischio riducendo le occasioni espositive**

c) *eliminazione progressiva dei PFAS da divise, DPI (dispositivi di protezione individuale) e schiumogeni, sostituendoli con alternative "PFAS-free"*

d) *corretto smaltimento dei DPI usati e degli schiumogeni*

Una volta provveduto a definire una *baseline* – come già esperienze in altri paesi insegnano – urge passare alla fase di eliminazione, riduzione e mitigazione del rischio. Le attività correlate spaziano dall'eliminazione delle sostanze più pericolose in schiume e dispositivi di protezione all'adozione di alternative più sicure<sup>78</sup>; dall'attivazione di procedure di sicurezza e di decontaminazione alla gestione rigorosa di rifiuti, residui e scarichi<sup>79</sup>; dall'adozione di Protocolli di sicurezza e buone pratiche alla predisposizione di test e di monitoraggi continui per valutare efficacia e situazioni di pericolo emergenti. La mitigazione del rischio e, di concerto, la riduzione delle condizioni espositive implica una accurata informazione e formazione di tutto il personale<sup>79</sup>. I Dipartimenti competenti dovranno assicurarsi che le misure siano appropriate rispetto il contesto specifico e gli scenari di rischio prevedibili onde garantire la tutela della salute del personale impiegato<sup>80</sup>. Il fatto che non tutte le condizioni di rischio siano prevedibili *ex ante* e che l'esposizione professionale dei pompieri sia multifattoriale non si deve tradurre in inazione bensì imporre una valutazione rigorosa<sup>80</sup> dei fattori di pressione e l'impatto conseguente. Quest'ultimo profilo si collega alla necessità di mappare siti pericolosi o presunti tali<sup>81</sup>, così come reclama la necessità di imporre alle imprese e alle società produttrici una maggiore *disclosure* di dati, prodotti e sistemi di produzione nonché delle emissioni alle autorità pubbliche competenti, proprio al fine di contenere, laddove possibile, eventuali *fattori di rischio-sorpresa*. Naturalmente un ambito di intervento necessario è l'equipaggiamento di servizio, in primis quelle divise che – richiamando quanto avvenuto nella città di East Providence<sup>82</sup> – possono e devono essere PFAS-free.

### **III) Tutela giuridica e legale di una specifica categoria professionale**

e) *inserimento del rischio PFAS nei documenti di valutazione dei rischi lavorativi*

f) *riconoscimento pieno della tutela INAIL per la categoria e superamento dell'esclusione dei Vigili del Fuoco dall'archivio delle malattie professionali*

I Vigili del Fuoco, come è noto, godono di una peculiare posizione come categoria professionale. Un inquadramento giuridico caratterizzato da alcune criticità in termini di tutela legale per la salute. Date le esposizioni professionali multiple di cui sono destinatari i pompieri a ragione del servizio prestato, misure di maggiore cautela sono doverose. Già si è accennato alla base scientifica di tali

<sup>78</sup> L'impiego di alternative F3 (*Free Fluorine Foams*) concerne sia l'utilizzo delle Classi B in incendi municipali ed industriali. Già dal 2018 lo Stato di Washington ha provveduto a vietare l'utilizzo di FAS nelle schiume antincendio, esempio ora seguito da almeno 15 Stati USA e da regolamentazioni analoghe adottate in altri continenti.

<sup>79</sup> Destano preoccupazione i costi per la gestione delle scorte da distruggere se si pensa che il New Jersey, nel 2026 ha stimato di accantonare 16.6 milioni di dollari di fondi statali al fine di eliminare le schiume antincendio non conformi. <sup>79</sup> Cfr [PFAS Safety Advisory - IAFF](#)

<sup>80</sup> ZAHARI H.M. ET AL., *Developing risk profiling for firefighters: Enhancing safety and performance, MethodsX*, 2024 Apr 25;12:102733.

<sup>81</sup> SALVATORE D. ET AL., *Presumptive Contamination: A New Approach to PFAS Contamination Based on Likely Sources, Environmental Science & Technology Letters*, 2022, 9(11), 983-990.

<sup>82</sup> I pompieri di questa città a giugno 2025 sono divenuti ufficialmente il primo corpo ad esser dotato di divise *PFAS-free* in tutti i tre strati della divisa, grazie anche al contributo municipale di 658.000 dollari, a tal fine stanziato.

considerazioni fornita dalle due monografie dello IARC, la n. 132 e la n. 135. È qui opportuno ricordare inoltre che i vincoli ai datori di lavoro di proteggere la salute dei lavoratori da esposizioni ad agenti pericolosi rientrano nella disciplina più ampia della sicurezza dei lavoratori, che si può retrodatare già al 1956<sup>83</sup>, normativa in seguito oggetto di adeguamenti normativi ed integrazioni da leggere in congiunzione con la disciplina europea CAD e CMRD già richiamata in nota.

Alla luce dell'articolato *framework* normativo qui solamente accennato, appare del tutto irragionevole non considerare il valore aggiunto della possibile esposizione alle sostanze PFAS all'interno dei documenti di valutazione dei rischi lavorativi. Allo stesso tempo, un approccio sistemico in chiave di tutela della categoria dei Vigili del Fuoco risulta di difficile comprensione senza un intervento legislativo nazionale che riconosca la piena tutela INAIL ai lavoratori del settore ed includa la categoria nell'archivio delle malattie professionali, così portando a compimento l'adeguamento agli obblighi di legge esistenti ed incrementando l'efficacia della tutela sanitaria e della stessa prevenzione dei rischi professionali, soprattutto cancerogeni. Ciò comporterebbe la riduzione delle liti e le responsabilità civili, amministrative ed, eventualmente, penali conseguenti – esplose in ordinamenti quali quello statunitense<sup>84</sup> ed australiano<sup>85</sup> ed *in itinere* anche in Europa<sup>86</sup> – allineando l'Italia al *trend* in essere a livello europeo ed internazionale.

---

<sup>83</sup> Il d.P.R. 19 marzo 1956, n. 303, recante “Norme generali per l’igiene del lavoro” (successivamente abrogato per effetto dell’entrata in vigore del d.lgs. 9 aprile 2008, n. 81), all’art. 4, rubricato “Obblighi dei datori di lavoro, dei dirigenti e dei preposti”, testualmente prevedeva: “... *Obblighi dei datori di lavoro, dei dirigenti, dei preposti e dei lavoratori 4. Obblighi dei datori di lavoro, dei dirigenti e dei preposti. I datori di lavoro, i dirigenti e i preposti che esercitano, dirigono o sovrintendono alle attività indicate all’art. 1, devono, nell’ambito delle rispettive attribuzioni e competenze: a) attuare le misure di igiene previste nel presente decreto; b) rendere edotti i lavoratori dei rischi specifici cui sono esposti e portare a loro conoscenza i modi di prevenire i danni derivanti dai rischi predetti; c) fornire ai lavoratori i necessari mezzi di protezione; d) disporre ed esigere che i singoli lavoratori osservino le norme di igiene ed usino i mezzi di protezione messi a loro disposizione ...*”.

<sup>84</sup> [PFAS Firefighter Lawsuit \[2026 Update\] | Turnout Gear Contaminated By Forever Chemicals](#)

<sup>85</sup> [PFAS | Fire Rescue Victoria](#)

<sup>86</sup> [PFAS litigation and regulation in the US, Canada, UK and EU | ICLG](#)