

Nota Tecnica - Technical Note

not peer reviewed

Future regulation for the reduction of PFAS pollution in aquifers and for the improvement of drinking water quality

La futura regolamentazione per la riduzione dell'inquinamento da PFAS negli acquiferi e per il miglioramento della qualità delle acque destinate al consumo umano

Angelo Merlin^a, Andrea Sottani^b ✉

^a Scuola di Ateneo dell'Università Cà Foscari di Venezia - email: angelo.merlin@unive.it

^b Sinergeo, IAH, Cà Foscari Challenge School - ✉ email: asottani@sinergeo.it

Riassunto

La presente Nota Tecnica trae spunto da contributi scientifici recenti per focalizzare l'attenzione sulle relazioni funzionali esistenti tra la diffusione delle sostanze per- e polifluoroalchiliche ed il comparto ambientale delle acque potabili. L'analisi prende preliminarmente in considerazione dati internazionali pubblicati ed evidenzia l'ubiquità delle PFAS nei serbatoi idrogeologici pregiati di varie nazioni. Si fa anche cenno ad alcune implicazioni di tipo sanitario conseguenti alla esposizione di individui al rischio PFAS, a seguito di ingestione di acque contaminate. I presupposti tecnici di inquadramento vengono a seguire confrontati con lo stato dell'arte del quadro regolatorio, indicando motivazioni oggettive, proponendo iniziative convegnistiche collaterali e raccomandando i criteri precauzionali che devono orientare una urgente quanto efficace rimodulazione della norma.

Abstract

This Technical Note, inspired by some recent international scientific contributions, focuses attention on the relationships existing between the diffusion of per- and polyfluoroalkyl substances and the drinking water environmental sector. Firstly, the analysis takes into consideration published data to highlight the ubiquity of PFAS in the aquifers of various nations. There are also some health implications resulting from the exposure of individuals to PFAS following the ingestion of contaminated water. The technical background is then compared with the current state of the regulatory framework, indicating the reasons, collateral initiatives and precautionary criteria that must guide an urgent and effective remodeling of the law.

Keywords: PFAS, regulation, aquifer, drinkable water.

Parole chiave: composti per- e polifluoroalchilici, legislazione, falde acquifere, acqua potabile.

Introduzione

Le sostanze per- e polifluoroalchiliche (PFAS) sono contaminanti "emergenti" ubiquitari: a causa della loro persistenza, le PFAS possono percorrere lunghe distanze al punto da essere state trovate anche in regioni remote come l'alto Himalaya e l'Artico, dove non esistono sorgenti emmissive (Goldenman et al. 2019). Si tratta di un gruppo diversificato di composti antropogenici, comprendenti oltre 6000 molecole di sintesi (Concawe 2016), che sono state adoperate già a partire dal 1950 in molteplici applicazioni tecnologiche industriali e domestiche.

La maggior parte delle PFAS sono incolori e inodori: inizialmente sono state sintetizzate senza considerare i potenziali impatti ambientali e sanitari conseguenti alla loro lavorazione ed utilizzo (Goldenman et al. 2019).

Le principali peculiarità, che vanno dalla repellenza all'olio ed all'acqua fino alla resistenza al calore così come alle reazioni chimiche, sono intimamente dovute al loro assetto strutturale, laddove si rinvengono una catena più o meno lunga di carbonio totalmente fluorurata, sia idrofobica che oleofobica, ed un gruppo funzionale caricato idrofilo come l'acido carbossilico o solfonico (Post et al. 2012). Le PFAS sono peraltro sostanze stabili ed estremamente durevoli; non sono alterate dai processi di degradazione ambientale (e.g. biodegradazione, ossidazione, fotolisi e idrolisi) a causa dei legami carbonio-fluoro, uno dei più forti in tutta la chimica organica. Le caratteristiche chimiche di queste sostanze, definite appunto "forever chemicals", sono alla base delle consistenti difficoltà tecnologiche che occorre superare per bonificare le matrici impattate (Leung et al. 2022; Newell et al. 2020). Alla data attuale i contaminanti in parola si trovano dispersi in tutti i comparti ambientali del pianeta, dalle acque superficiali a quelle sotterranee (Fig. 1), fino agli effluenti di scarico dei depuratori; nell'aria, entro fanghi e percolati di discarica, nei suoli, sedimenti e polveri, entro il biota ed anche nelle calotte polari (ATSDR 2021; AAAS 2022). Riferendosi ad esempio al PFOA (acido perfluorooctanoico), che risulta uno dei composti più conosciuti (Post et al. 2011), si rileva che le sue proprietà differiscono da quelle di altri POPs (*Persistent Organic Pollutants*) bioaccumulabili, quali le diossine ed i furani policlorurati, i PCB ed i pesticidi, come clordano e DDT.

Copyright: © 2022 by the authors.

License Associazione Acque Sotterranee.

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

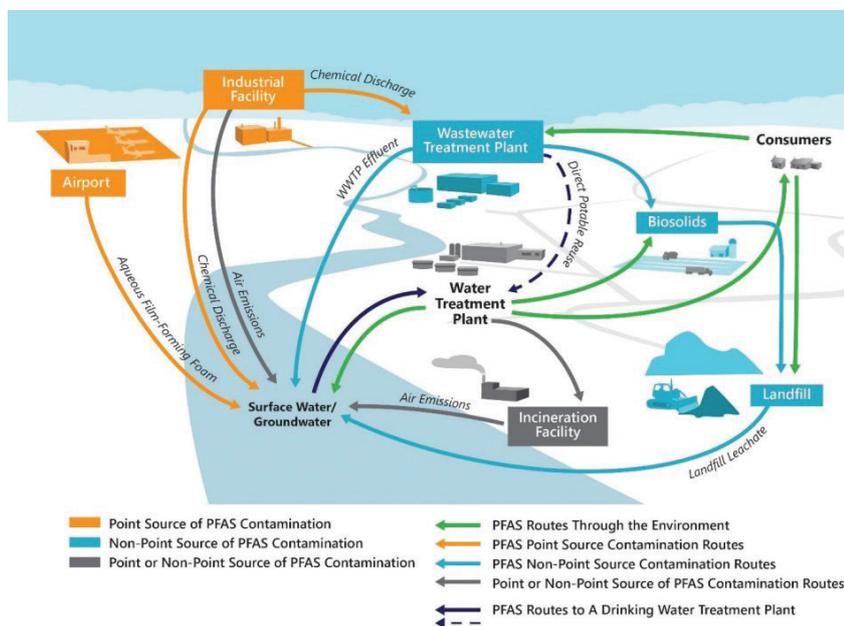


Fig. 1 - Mobilità dei composti per- e polifluorurati nel ciclo dell'acqua (AAAS 2022).

Fig. 1 - PFAS mobility in the Water Cycle (AAAS 2022).

Quest'ultimi, infatti, non sono generalmente contaminanti significativi dell'acqua potabile, perché hanno elevati coefficienti di ripartizione ottanolo / acqua (K_{ow}) e quindi esprimono un'alta affinità per i sedimenti unitamente ad una solubilità in acqua del tutto modesta. Al contrario, il PFOA, così come altri termini della famiglia dei fluorurati, è ben noto per essere un agente inquinante dell'acqua e si distingue anche in quanto a elevate persistenza e bio-accumulabilità.

Cenni sulla distribuzione e sugli effetti di PFAS nelle acque potabili

I composti per- e polifluorurati sono stati rilevati nelle riserve idropotabili alla scala globale, raggiungendo non di rado concentrazioni allarmanti nelle acque sotterranee destinate all'uso umano, impattate da sorgenti puntuali di contaminazione.

Anche se in epoca recente la produzione e l'impiego di molti di questi prodotti chimici sono stati limitati o addirittura interdetti in vari paesi, si rileva che gli acquiferi sono diventati il serbatoio principale per l'accumulo dei contaminanti in discussione ed uno dei principali mezzi in grado di favorirne il trasporto.

Negli Stati Uniti il gruppo di ricerca (EWG), che monitora sistematicamente la situazione nazionale, alla volta di giugno 2022 ha censito oltre 2850 siti inquinati da PFAS in 50 stati: questi fenomeni hanno interessato i sistemi di produzione di acqua potabile che servono quasi 20 milioni di persone (www.ewg.org). Dati di concentrazione riferiti alle forniture idriche pubbliche (Fig. 2) mettono in evidenza concentrazioni fino a 349 ng/L di PFOA e di 1800 ng/L per PFOS (Hu et al. 2016). Inoltre, dal momento in cui oltre 45 milioni di persone sono servite da pozzi privati, presso i quali ad oggi non sussiste alcun esame idrochimico periodico, le informazioni sulla reale esposizione a PFAS nell'acqua potabile sono da ritenersi carenti per quasi un terzo della popolazione americana.

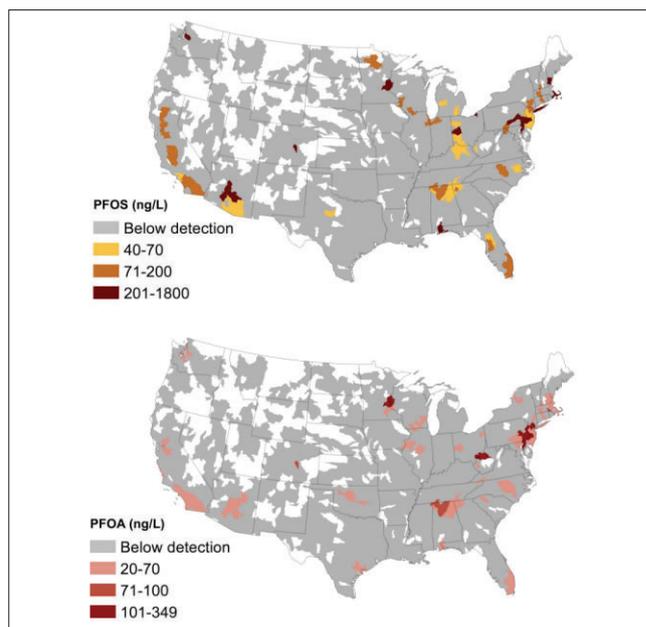


Fig. 2 - Distribuzione di PFOS e PFOA nelle unità idrogeologiche interessate da prese potabili: le aree bianche rappresentano regioni prive di dati (Hu et al. 2016).

Fig. 2 - Distribution of PFOS and PFOA in hydrogeological units where drinking water wells are located: the white areas represent regions without data (Hu et al. 2016).

Nell'ambito dei noti casi accaduti in West Virginia e Ohio, i pozzi di acqua potabile sono stati impattati a seguito di rilasci da una installazione industriale, che ha prodotto un plume in grado di inquinare le acque sotterranee per oltre 20 miglia di distanza dalla sorgente iniziale. Nelle opere di presa pubbliche di questa zona sono stati misurati livelli di PFAS superiori a 4000 ng/L; in corrispondenza a captazioni private sono stati superati tenori di 13.000 ng/L (Post et al. 2012). Elevatissime concentrazioni di PFAS (PFOS=105, PFOA=110, PFHxS=120 ppb) nelle acque sotterranee sono

state riscontrate in corrispondenza a numerosi siti oggetto di pratiche antincendio, a causa del massiccio impiego degli schiumogeni (AFFF: *aqueous film forming foams*) adibiti alla estinzione delle fiamme (ATSDR 2021).

Uno studio cinese condotto nel 2017 ha testato le prese idropotabili in 79 città (Li et al. 2019) ed ha parimenti evidenziato che le PFAS sono presenti nel sottosuolo di tutto il paese. La sommatoria di 17 composti fluorurati in analisi ha messo in luce concentrazioni nelle acque variabili tra 5 e 175 ng/L con un tenore medio di 35 ng/L (Fig. 3).

Sulla scorta delle risultanze conseguite nel corso di un'altra recente ricerca, svolta in Germania (Neuwald et al. 2022) presso 13 differenti siti di produzione acquedottistica, si è concluso che la vera sfida futura riguarda le PFAS a catena ultracorta. Questi composti, caratterizzati da un numero di atomi di perfluorocarburo variabile da 2 a 3, paiono essere onnipresenti nei serbatoi sotterranei di acqua destinata all'uso umano e con concentrazioni molto elevate, pari al 98% della somma delle PFAS tradizionali come PFOA, PFOS e PFBA. In 39 dei 46 campioni analizzati la somma dei termini a catena ultracorta supera i valori della soglia comunitaria per PFAS totali pari a 0,5 ppb. Quanto sopra dimostra che qualsiasi approccio futuro, sia esso analitico o di regolamentazione, deve essere esteso anche a questi nuovi termini, più mobili e di fatto poco conosciuti, per non perdere una frazione sostanziale del carico inquinante complessivo in grado di pregiudicare la qualità della risorsa.

La situazione italiana viene sommariamente descritta, riferendosi ad alcune esperienze rispettivamente ubicate in Lombardia ed in Veneto.

Per quanto concerne le acque potabili di Milano, ad esempio, Castiglioni e altri Autori (2015) caratterizzano le falde sotterranee destinate alla produzione acquedottistica entro il bacino del Lambro, in un settore di territorio fortemente antropizzato e con elevato grado di industrializzazione. I tenori sperimentali più elevati (47 ng/L per PFOA e 137 ng/L per PFAS totali) competono a porzioni di acquiferi idraulicamente connessi al reticolo idrografico superficiale (ove sono collettati gli scarichi dei depuratori industriali e civili) ovvero a distretti produttivi storici con attività ancora in essere. Di contro, i processi di trattamento con carboni attivi di acque di falda grezze, che precedono la fornitura agli utenti, non consentono di pervenire ad un'efficienza depurativa parimenti adeguata per tutti i composti, risultando maggiormente critica la situazione per le PFAS a catena corta (Fig. 4). L'asta del Fiume Lambro si riprova essere una delle principali fonti di pressione da PFAS per la contaminazione del F. Po, di cui è tributario.

In Veneto le vicende ambientali ascrivibili alle sostanze in discussione hanno preso avvio da una indagine del CNR-IRISA nel 2013, a seguito della quale sono state intraprese misure emergenziali presso gli acquedotti ed imponenti piani di monitoraggio degli acquiferi, oltre a campagne epidemiologiche su ampia scala per il controllo della salute della popolazione (Ingelido et al. 2018, Russo F. 2013).

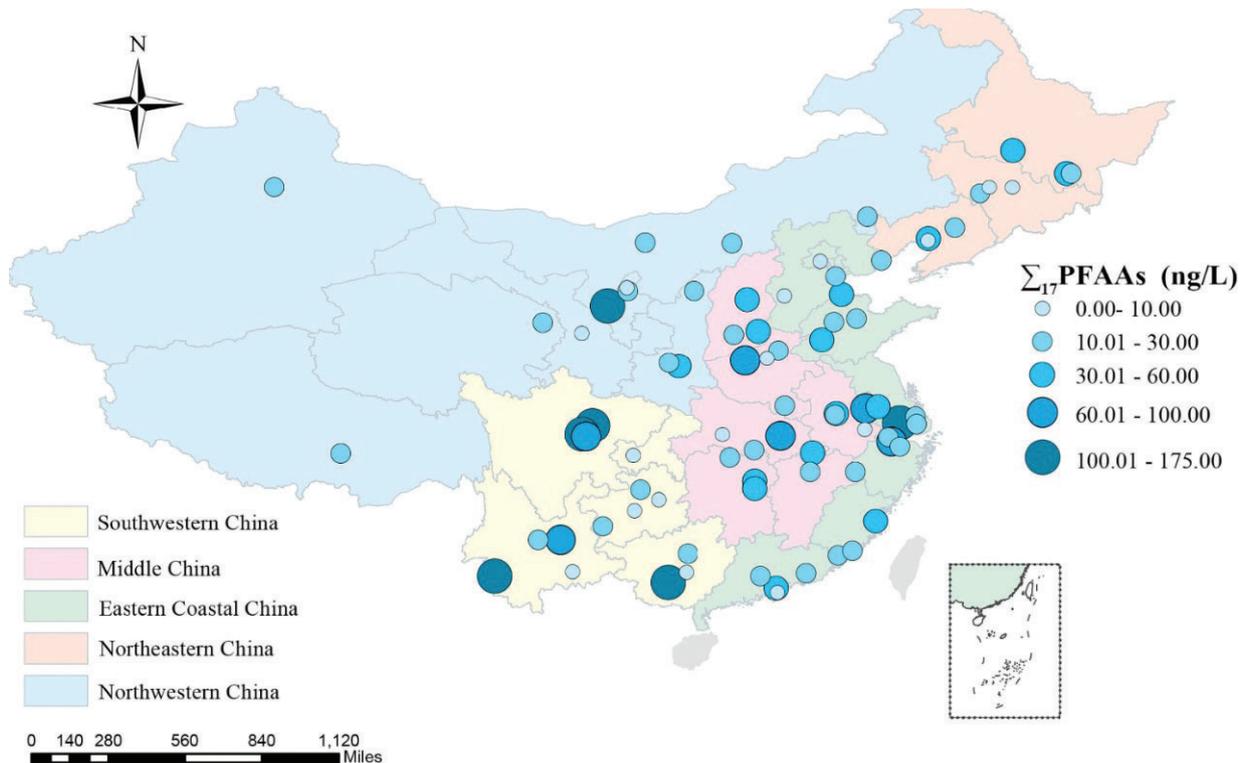


Fig. 3 - Distribuzione geografica della sommatoria di 17 composti PFAS nell'acqua potabile della Cina (Li et al. 2019).

Fig. 3 - Geographical distribution of the sum of 17 PFAS compounds in China's drinking water (Li et al. 2019).

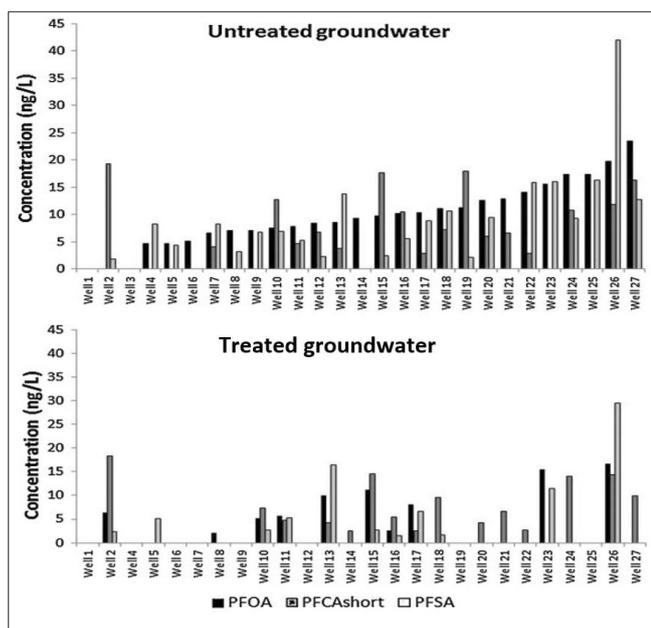


Fig. 4 - Concentrazioni di PFAS in acque sotterranee non trattate e trattate a Milano (Castiglioni et al. 2015 mod.).

Fig. 4 - PFAS concentrations in untreated and treated groundwater in Milan (Castiglioni et al. 2015 mod.).

Con ogni probabilità (l'origine della contaminazione è oggetto di accertamento giudiziale in un procedimento penale che si sta svolgendo avanti alla Corte di Assise a Vicenza) il plume di contaminazione verificato nelle strutture sotterranee è stato generato da una sorgente emissiva puntuale, che è stata identificata in un'azienda chimica attiva a partire dalla fine degli anni '60 (ARPAV 2014; Goldenman 2019) fino al 2018. L'inquinamento, sostenuto da flussi di massa di PFAS significativi e misurabili e protratti per decenni, ha interessato il sistema degli acquiferi veneti, migrando dalla zona indifferenziata di alta pianura alluvionale fino al comparto confinato profondo; il fenomeno si sviluppa su un territorio di oltre 200 chilometri quadrati, ove hanno sedi centrali di produzione acquedottistiche di rilevanza pubblica a livello regionale; il danno ambientale cagionato dagli agenti tossici deteriora la qualità di circolazioni idrogeologiche di pregio fino a profondità dal piano di campagna superiori ai 100-150 metri (Sottani 2021).

Nell'ottobre 2013 la Regione del Veneto ha pubblicato dati che certificano tenori medi di PFAS totali entro la rete acquedottistica alimentata da acque sotterranee della "zona rossa" pari 662 ng/L: i valori minimi di concentrazione nelle acque distribuite si assestano intorno a 60 ng/L mentre quelli massimi raggiungono i 2907 ng/L (Russo F 2013). Occorre riconoscere che tali evidenze di contaminazione nella risorsa destinata al soddisfacimento del fabbisogno civile si siano mantenute tali per molto tempo. Dopo gli interventi emergenziali introdotti dai Gestori del Servizio Idrico Integrato le concentrazioni di PFOA e PFOS sono state ridotte rispettivamente da 1475 a 386 ng/L e da 117 a 36 ng/L, al di sotto delle soglie stabilite dalla autorità sanitaria competente (WHO 2016).

Le stime sulla consistenza della popolazione interessata per decenni dalla problematica di inquinamento delle acque vanno da 120.000 e 350.000 persone (Goldenman et al 2019).

In aggiunta, nel contesto dei recenti avvenimenti pandemici, è emerso un interesse a valutare se le esposizioni alle sostanze per- e polifluoroalchiliche sono da associare ad un aumento del rischio di contrarre l'infezione da COVID-19 oppure alla gravità dei suoi effetti, data l'evidenza dell'immunosoppressione da parte di alcune PFAS (Catelan et al 2021). Le prime risultanze di questa investigazione individuano un rischio di mortalità più elevato da COVID-19 in seno ad una comunità fortemente esposta a PFAS, probabilmente motivato da deficienza immunitaria ascrivibile proprio ai composti fluorurati, dal loro bioaccumulo oppure da una patologia preesistente, ancora però da correlare a questi specifici inquinanti.

La preoccupazione per gli effetti ambientali e sanitari connessi all'uso di PFAS è iniziata alla fine degli anni '90, quando la scienza ha avuto modo di accertare che, per la loro intrinseca resistenza ad ogni processo di degradazione, l'acido perfluorooottansulfonico (PFOS) e il perfluorooottanoico (PFOA) non solo erano onnipresenti in varie matrici biologiche ed ambientali ma anche potevano biomagnificare. Il grado di biomagnificazione è risultato proporzionale alla lunghezza della catena, cosicché la regolamentazione per limitare produzioni ed usi si è inizialmente concentrata sui composti contenenti più di 6 atomi di carbonio fluorurati. Allo stesso tempo, alcuni studi hanno iniziato a sostenere che potessero avere effetti nocivi sulla salute dell'uomo oltre che sull'ambiente (Concawe 2016).

Molecole fluorurate alternative, come il GenX, sono state quindi sviluppate dai produttori, con conseguente rilascio di nuovi PFAS, che sono stati infine rilevati nelle risorse idriche sotterranee, mostrando di essere recalcitranti ai trattamenti convenzionali in uso sulle acque potabili (Dauchy 2019).

A tutt'oggi la necessità di definire velocemente valori guida adeguati per la salvaguardia della salute e dell'ambiente deve pertanto trarre da miscele complesse ed eterogenee di PFAS, potendo di fatto contare su dati e campionature solo parzialmente significativi e, soprattutto, con poche prove tossicologiche ed epidemiologiche conclusive e validate.

Gli esseri umani sono esposti a PFAS principalmente per ingestione di cibo, compresa l'acqua (Hu et al 2016, Dauchy 2019): sono noti diversi casi di esposizione ad alto livello a causa della contaminazione dell'acqua ingerita in tutto il mondo (EFSA 2020). Gli studi portati avanti nella Regione Veneto, ad esempio, hanno confermato che la contaminazione degli acquiferi ha comportato un'esposizione significativa e prolungata della popolazione residente, atteso che l'acqua del rubinetto è risultata altamente contaminata per decenni. Inoltre, la geografia dei soggetti maggiormente esposti, valutati in termini di più alte concentrazioni sieriche di PFAS, suggerisce una correlazione con l'assetto infrastrutturale del sistema di approvvigionamento idrico pubblico (Ingelido et al 2018). È stato altresì dimostrato che l'esposizione umana cronica all'acqua contaminata aumenta la concentrazione

sierica di PFOA, in media, di circa 100 volte rispetto alla concentrazione presente nella stessa acqua, con un incremento maggiore dei livelli sierici nei bambini (Post et al 2012).

È importante citare il recentissimo parere del comitato scientifico che fornisce opinioni accreditate alla Commissione Europea proprio su questioni relative alla salute, all'ambiente ed ai rischi emergenti. Lo SCHEER ha infatti pubblicato il 18 agosto 2022 il rapporto sul "Progetto di standard di qualità ambientale per le sostanze prioritarie ai sensi della direttiva quadro sulle acque" - PFAS. Dal report emerge che le attenzioni per la salute umana connesse con le PFAS non dovrebbero concentrarsi solo sul biota e sull'acqua potabile, ma anche sul consumo di frutta e verdura. Gli autorevoli scienziati evidenziano peraltro rilevanti lacune della conoscenza sui dati di ecotossicità, raccomandando l'esigenza di rigorosi protocolli di aggiornamento per gli Standard di Qualità Ambientale (SQA), da supportare per tramite di un sistematico monitoraggio della letteratura di settore (SHEER 2022).

Riscontri scientifici: tendenze in atto

Il panorama che si delinea circa la diffusione e la rilevanza ambientale o socioeconomica delle PFAS nei comparti sanitario ed ambientale delle acque potabili suggerisce l'adozione di strategie urgenti, politiche efficaci ed azioni di controllo sistematiche, basate sull'impiego delle migliori tecnologie disponibili.

Lo scenario che si prospetta pare peraltro destinato a sviluppi ragguardevoli in quanto a magnitudo delle fenomenologie di compromissione qualitativa delle acque destinate all'uso umano: le tendenze si giustificano evidentemente con gli andamenti attualizzati della produzione chimica e del mercato (Fig. 5), riferiti alla continua formulazione di nuove molecole fluorurate, la cui identità è spesso protetta dai vincoli di brevetto (Goldenman 2019). Si consideri anche che a fronte di migliaia di principi a base di fluoro presenti sul mercato il metodo di laboratorio approvato dall'EPA più comunemente adottato (537.1) può misurare solamente 24 composti (AAAS 2022).

Va anche tenuto in debito conto che i rischi ambientali e sanitari nonché i costi socioeconomici di lungo termine correlati con le PFAS già presenti nei prodotti o rilasciate nell'ambiente sono solo parzialmente conosciuti e censiti. D'altro canto, i composti fluorurati dispersi durante la sintesi industriale ovvero nel corso del ciclo di vita di un manufatto che li contiene rimarranno negli ambienti naturali (i.e. l'acquifero) e nei contesti artificiali (i.e. la discarica per rifiuti) per un tempo pressoché indefinito. Nelle acque sotterranee le PFAS si comportano dunque come traccianti ideali, composti conservativi quanto infidi: un nemico quanto mai difficile da vincere. I sistemi per contrastarne la presenza e la diffusione nel mondo superficiale ed ipogeo, in direzione del risanamento dei serbatoi naturali, sono ancora in pieno sviluppo, cosicché fino a ieri la riparazione più frequente comportava semplicemente l'interruzione o l'abbandono della fonte d'acqua irreversibilmente inquinata e la ricerca di approvvigionamenti alternativi (Dauchy 2019).

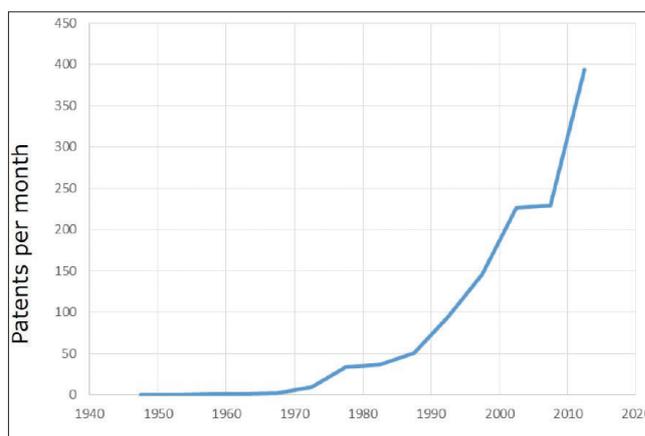


Fig. 5 - Utilizzi conosciuti delle PFAS derivabili dal numero di brevetti approvati negli Stati Uniti con "perfluor" nel testo (Goldenman et al. 2019) .

Fig. 5 - Known uses of PFAS derived from the number of patents approved in the United States with "perfluor" in the text (Goldenman et al. 2019).

È stato infine verificato che la contaminazione ambientale da sostanze per- e polifluoroalchiliche ha oltrepassato una sorta di confine planetario, come alcuni dati chimici sull'acqua piovana, di gran lunga superiori rispetto a svariati criteri tabellari di sicurezza, certificano.

La propagazione di questi composti nell'atmosfera e la diffusione nell'idrosfera sono globalizzate: allo stato delle conoscenze la presenza di PFAS nelle acque di pioggia costituisce una circostanza seria ma anche una fenomenologia per certi versi irreversibile (Cousins et al. 2022). L'occorrenza di PFAS si palesa in tutti i continenti indipendentemente dal livello di sviluppo industriale e nonostante molti di essi siano stati gradualmente eliminati. Le risposte normative per gestire e mitigare i rischi negativi per la salute umana risultano in grande fermento evolutivo (Kurwadkar et al. 2022).

Di contro, anche gli indicatori che fortunatamente riferiscono sull'interesse e sui progressi del sapere sono in costante e confortante aumento, a testimonianza di una attenzione sempre più estesa, condivisa ed approfondita sulla questione (Fig. 6).

Al netto delle doverose limitazioni insite in questo confronto, da contestualizzare rispetto allo sviluppo cronologico delle risorse informative nel web, l'andamento della funzione bibliometrica contenente la chiave "TCE" (tricloroetilene) nella letteratura idrogeologica specialistica mostra tipicamente le fasi di crescita, maturazione ed invecchiamento, quest'ultima contraddistinta dal ramo di decrescita dopo il 2015. Per la curva delle PFAS il tracciato della fase embrionale progredisce secondo un modello di crescita esponenziale, che ben rappresenta le direzioni e l'agitazione della scienza moderna, indotti anche dalle preoccupazioni politiche, dalle ansie sociali e dalle passività economiche che corrispondono alle scoperte degli ultimi anni (Newell 2020).

A questo punto, ogni indirizzo di regolamentazione legislativa, basato sul principio di precauzione e consapevolezza delle proprietà chimiche di persistenza e mobilità, costituisce l'unico modo per ridurre l'uso e contenere i rilasci di tali sostanze chimiche. È quanto mai probabile che nuovi

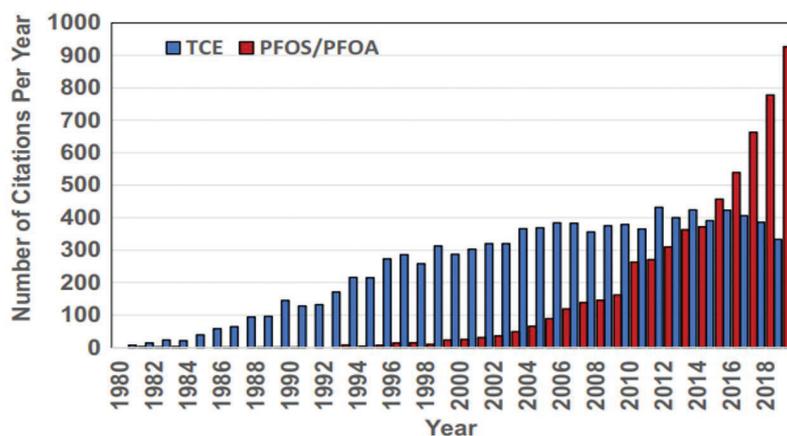


Fig. 6 - Numero di citazioni (Google Scholar) relative a due chiavi di ricerca: "Acque Sotterranee + TCE" e "Acque Sotterranee + PFOA o PFOS" nel periodo dal 1985 al 2019 (Newell et al. 2020).

Fig. 6 - Number of Google scholar "bits" on two search terms to represent "Groundwater + TCE" and "Groundwater PFOA or PFOS" from 1985 to 2019 (search conducted December 26, 2019), (Newell et al. 2020).

composti afferenti alla grande famiglia delle PFAS verranno scoperti e rilevati nei prossimi anni.

Buona parte del patrimonio di inquinamento che stiamo riscontrando oggi nell'ambiente, infatti, va ricondotto a PFAS scaricati dagli anni '60 agli anni '90, periodo nel quale era assente una legislazione specifica.

I valori limite proposti per la salvaguardia dell'acqua potabile sono in progressiva calibrazione, a seguito di un percorso concertato a livello internazionale. Queste soglie potranno essere rimodulate in considerazione di informazioni crescenti sui rischi per la salute e sull'ambiente, al fine di bilanciare le esigenze preventive di protezione con i costi operativi di gestione ex-post, come gli interventi correttivi di bonifica.

Occorre esprimere un impegno forte, sollecito ed interdisciplinare, di modo che le conoscenze scientifiche e le conseguenti disposizioni normative possano progredire allo stesso ritmo dell'industria produttrice e del mercato che essa sottende (Dauchy 2019).

Un'ulteriore inerzia decisionale ed applicativa porterà solamente a ritrovare in avanti più fonti di contaminazione irrisolte, parecchie persone esposte a rischi per la salute e maggiori costi tecnici, economici e sociali, connessi alle esigenze di risanamento ambientale del territorio (Goldenman 2019).

L'attuale situazione normativa europea ed italiana e le prospettive di implementazione

Come precedentemente accennato, le più gravi contaminazioni delle acque sotterranee sono storicamente causate da attività industriali, e, in particolare, da scarichi provenienti da stabilimenti che trattano e/o producono sostanze chimiche, oppure da percolamenti nelle falde acquifere dovuti a veri e propri depositi di rifiuti, spesso abusivi, anche interrati.

A questo paradigma non sfuggono nemmeno le contaminazioni delle acque sotterranee provocate dalle sostanze per- e polifluoroalchiliche.

A seguito dell'emersione di tali vicende, ed in forza di una maggiore comprensione dei rischi, dell'esposizione ambientale

e delle tossicodinamiche legate a questi composti, si è assistito (a partire dal primo decennio degli anni 2000) ad una loro progressiva restrizione e regolamentazione.

La Commissione Europea sta da tempo lavorando ad una normazione dedicata alle sostanze perfluoroalchiliche e, per alcune di esse, sono già state emanate specifiche prescrizioni relative alla limitazione della loro produzione e utilizzo (per esempio: è vietata la produzione e l'immissione sul mercato di PFOS e di PFOA dal Regolamento POP 2019/1021/UE e il PFBS con 4 atomi di carbonio è stato inserito in Candidate List ai sensi del Regolamento Reach).

Nel 2020 l'Autorità europea per la sicurezza alimentare (EFSA 2020), considerato che l'uomo può essere esposto a quattro tipi PFAS (PFOA, PFOS, PFNA e PFHxS) in vari modi, tra cui i cibi nei quali queste sostanze sono presenti più frequentemente (tramite, ad esempio, l'acqua potabile) ha stabilito la dose settimanale tollerabile di gruppo (DST) pari a 4.4 nanogrammi per chilogrammo di peso corporeo.

La legislazione italiana, anche a seguito dello studio del CNR-IRSA (2013) che evidenziava la situazione di contaminazione da sostanze perfluoroalchiliche nei corpi idrici superficiali e nelle acque sotterranee potabili della provincia di Vicenza, ha iniziato ad occuparsi di questi inquinanti, emanando il decreto del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare del 6 luglio 2016 (in G.U. del 16.7.2016 Serie generale n. 165). Questa normativa ha modificato, all'art.1, la parte A dell'allegato 1 della parte terza del d.lgs. 152/06, definendo i valori soglia per alcuni composti perfluorati (PFPeA, PFHxA, PFBS, PFOA, PFOS) da considerarsi nella valutazione dello stato chimico delle acque sotterranee.

Il superamento di questi valori soglia è però finalizzato esclusivamente ad indicare il rischio che non siano soddisfatte una o più condizioni concernenti il buono stato chimico delle acque sotterranee di cui all'art.4, comma 2, lettera c), punti 1, 2 e 3 del d.lgs. 30/2009.

A livello comunitario è stata emanata, in data 16 dicembre 2020, la Direttiva (UE) 2020/2184 del Parlamento Europeo e del Consiglio (in G.U.C.E. del 23.12.2020 L435/1), che ha come obiettivo quello di disciplinare la qualità delle acque destinate al consumo umano.

La direttiva mira a introdurre norme intese a proteggere la salute umana dagli effetti negativi derivanti dalla contaminazione delle risorse idropotabili, garantendone “la salubrità e la pulizia” (art. 1 comma 2°).

La direttiva, entrata in vigore il 12 gennaio 2021, dovrà essere recepita dagli Stati membri entro il 12 gennaio 2023 (art.24 comma 1°).

L'atto normativo si occupa delle sostanze poli e perfluoroalchiliche per definire:

- i. i parametri chimici che devono essere rispettati nelle acque destinate al consumo umano (Allegato I Parte B, ove sono indicati i valori di parametro sia per la totalità delle sostanze per- e polifluoro alchiliche, c.d. “PFAS totale”, che per la somma di tutte le sostanze per- e polifluoro alchiliche ritenute preoccupanti per quanto riguarda le acque destinate al consumo umano, c.d. “somma di PFAS”);
- ii. il termine (12 gennaio 2026) entro il quale gli Stati membri dovranno adottare le misure necessarie a garantire che le acque destinate al consumo umano soddisfino i valori di parametro per quanto riguarda “PFAS totale” e “somma di PFAS” (art. 25).
- iii. l'incertezza di misura per la quantificazione dei succitati parametri (Allegato III Parte B);
- iv. il termine (12 gennaio 2024) entro il quale la Commissione dovrà stabilire linee guida tecniche sui metodi analitici per quanto riguarda il monitoraggio delle sostanze per- e polifluoroalchiliche comprese nei parametri “PFAS totale” e “somma di PFAS”, compresi i limiti di rilevazione, i valori di parametro e la frequenza di campionamento (art. 13 comma 7°).

Sulla Gazzetta Ufficiale del 26 agosto 2022 è stata pubblicata la legge 4 agosto 2022, n. 127 (c.d. legge di delegazione europea 2021), che contiene principi e criteri direttivi generali e specifici di delega per il recepimento nel nostro ordinamento della Direttiva 2020/2184.

Il Parlamento, quindi, ha conferito al Governo una delega volta all'attuazione della Direttiva 2020/2184 fornendo a quest'ultimo principi e criteri direttivi (anche specifici) contenuti nell'art. 21.

Nessuna regolamentazione di queste sostanze è, invece ad oggi, prevista né per la disciplina sugli scarichi di acque reflue industriali (Parte Terza del d.lgs. 152/06) e tantomeno né per quanto riguarda la disciplina dei siti contaminanti (cioè il valore delle CSC per i terreni e le acque di falda).

La competenza a legiferare in queste materie è esclusivamente dello Stato che può inserire limiti agli scarichi (ai sensi del combinato disposto degli artt. 75 e 101 del d.lgs. 152/06) contenenti PFAS modificando le tabelle 3 e 4 dell'Allegato 5 alla parte terza del d.lgs. 152/06 e definire i valori di CSC per i composti PFAS nelle tabelle 1 e 2 dell'Allegato 5 al titolo V della parte quarta del d.lgs. 152/06.

Nel settembre del 2021 è stato presentato un disegno di legge (n. 2392 del 21.9.2021), che mira a ridurre l'immissione nell'ambiente attraverso gli scarichi di sostanze poli- e perfluoroalchiliche.

Il disegno di legge, che considerato il termine anticipato della XVII legislatura non verrà certamente esaminato dal Parlamento attualmente in carica, prevederebbe nell'Allegato 5 della parte terza del d.lgs. 152/06 l'inserimento di una tabella “5-bis” partendo dai limiti fissati dalla direttiva (UE) 2020/2184 per i “PFAS totale” e “somma di PFAS” e, moltiplicandoli per 10.

Determinazione effettuata sulla base (come espressamente richiamato nella presentazione della proposta di legge) delle Linee guida dell'Agenzia europea per le sostanze chimiche (ECHA) e in particolare la guida “*Chapter R.16: Environmental Exposure Assessment*”.

Senza entrare nel merito di tale proposta (considerata l'attuale situazione politico-legislativa) possiamo comunque, brevemente, effettuare alcune osservazioni di carattere generale a valere per le future ipotesi di regolamentazione che verranno certamente avanzate nel corso della prossima legislatura.

L'utilizzo dei c.d. “valori limite di accettabilità” costituisce uno degli strumenti privilegiati dal nostro legislatore (fin dalla prima legge in materia di scarichi industriali, L. 319/1976 c.d. “legge Merli”) per ridurre il rischio di causare danni ambientali entro margini tollerati.

La fissazione del quantum di soglia esprime una volontà di bilanciamento fra beni potenzialmente in conflitto: la tutela dell'ambiente e l'iniziativa economica, i livelli occupazionali e gli ulteriori benefici che le attività industriali, pur pericolose per l'ambiente e magari per la salute umana, sono suscettibili di produrre.

Il ricorso a questo meccanismo eminentemente “regolatorio” dovrebbe, però, fondarsi:

- a. sull'attendibilità, ossia la completezza, la correttezza, l'attualità e l'obiettività dei dati scientifici e tecnici presi a riferimento. In ogni caso è bene ricordare che la determinazione dei limiti-soglia, è sempre espressione di una valutazione del rischio, vale a dire di un giudizio frutto di numerose scelte e preferenze (anche di tipo politico), tutt'altro che neutrale dal punto di vista dei valori. Ciascuna delle tre fasi attraverso le quali si articola il procedimento di valutazione (identificazione, stima e valutazione del rischio stretto) è permeata da una componente di soggettività che finisce con il condizionarne anche l'individuazione e la stima. Nel caso del disegno di legge succitato, ad esempio, l'utilizzo della Linea guida R.16 (con la conseguente applicazione di un generico fattore di diluizione allo scarico pari a 10) sembra poggiare su una scelta di tipo “politico” piuttosto che su un criterio scientifico condiviso. Infatti, la Linea guida non è stata redatta con lo scopo di fornire elementi su come determinare i limiti per le acque di scarico ma con quello di fornire un indirizzo su come eseguire la valutazione dell'esposizione ambientale nell'ambito delle valutazioni richieste dal Regolamento REACH;
- b. sull'evidenza delle scelte “politico-discrezionali” operate dal legislatore al fine di garantirne la scientificità e trasparenza e, questo, anche in relazione ai meccanismi

di aggiornamento dei limiti di accettabilità in base allo sviluppo delle scienze specialistiche. Quest'ultimo aspetto (cioè l'aggiornamento dei limiti all'evolversi del progresso tecnico-scientifico) è stato affrontato nel disegno di legge succitato prevedendo un meccanismo di relazione tra gli uffici del Ministero della transizione ecologica e l'ISPRA secondo una linea di netta distinzione dei compiti e degli apporti istituzionali spettanti all'uno (l'ISPRA propone le modifiche dei valori limite in relazione agli sviluppi delle metodologie di analisi e delle migliori tecniche disponibili per la riduzione e la rimozione delle sostanze poli e perfluoroalchiliche) e l'altro (spetta al Ministero sulla base dell'istruttoria tecnico scientifica condotta da ISPRA modificare i valori limite applicabili anche in relazione alla tipologia di scarichi coinvolti).

In buona sostanza, la questione centrale che si pone con riferimento alla tecnica legislativa dei valori limite è quella relativa alle scelte politiche sottese alla loro individuazione.

Da questo punto di vista è evidente come la determinazione dei livelli quantitativi di rischio legati all'utilizzo e all'esposizione alle sostanze perfluoroalchiliche non può che essere affrontata in una prospettiva globale e condivisa (promuovendo, ad esempio, l'elaborazione a livello europeo delle "migliori tecniche disponibili" per l'abbattimento delle stesse negli scarichi), nella misura in cui è in gioco il problema della accettabilità e con esso la questione sostanziale di come vogliamo raggiungere l'obiettivo comunitario di "un elevato livello di protezione dell'ambiente" nel quadro del più generale obiettivo dello "sviluppo sostenibile".

Necessità di implementare le relazioni tra scienza e politica

In attesa che la nuova legislatura affronti nuovamente il tema delle immissioni nell'ambiente attraverso gli scarichi di sostanze poli- e perfluoroalchiliche è importante che politica e scienza tornino ad intessere quelle relazioni che sono il presupposto indispensabile per la creazione di una efficace "normazione tecnica" in materia di tutela dell'ambiente e degli ecosistemi.

Relazioni che, come spesso accade, non possono essere abbandonate a dinamiche casuali, oppure a logiche contingenti per la risoluzione di problemi che hanno grande riscontro mediatico e/o emotivo o, peggio, ai rapporti forza/debolezza che, di volta in volta, possono determinarsi tanto all'interno del mondo della scienza quanto all'interno della politica.

È necessario altresì implementare, nelle fasi che precedono e preparano quelle dedicate all'assunzione della decisione politica, anche il coinvolgimento e la partecipazione del pubblico e dei soggetti direttamente interessati e rappresentati dalle Associazioni di categoria maggiormente rappresentative dei settori coinvolti. In quest'ultima accezione lo sviluppo e l'efficacia del quadro regolatorio non può disgiungersi dalla condivisione internazionale del dibattito scientifico.

Per questo segnaliamo il Convegno "Sostanze poli e perfluoroalchiliche (PFAS): tutela delle acque e della salute umana. Normativa statale in itinere ed esperienze

internazionali ed europee", che si terrà a Ferrara il giorno 22 settembre 2022, nell'ambito della manifestazione fieristica REMTECH EXPO 2022 e nel quale parteciperanno relatori appartenenti ad Enti istituzionali e rappresentanti dei diversi saperi tecnico-scientifici coinvolti nella materia.

Gli atti dell'evento verranno successivamente pubblicati da questa Rivista ed implementati da ulteriori contributi, volti anche ad apportare esperienze comparate e dati sperimentali acquisiti in altri contesti territoriali e prospettive di analisi.

Da eventi come quello evidenziato nascono (molto spesso) confronti e prospettive "costruttive" di sostenibilità per l'uomo e per il mondo dell'impresa; è quello di cui abbiamo bisogno per uscire a "riveder le stelle" in un cielo ancora troppo nuvoloso, che però lascia intravedere segnali di speranza per il nostro presente e, si auspica, per il futuro delle generazioni che verranno.

BIBLIOGRAFIA

- AAAS - American Association for the Advancement of Science Center for Scientific Evidence in Public Issues (2022) Addressing Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) in Drinking Water: Guides for Local and State Leaders. Washington, D.C., [aaas.org/programs/epi-center/pfas-guides](https://www.aaas.org/programs/epi-center/pfas-guides)
- ARPAV – Agenzia Regionale di Protezione Ambientale del Veneto (2014) Contaminazione diffusa da Sostanze Perfluoroalchiliche (PFAS) nel Veneto “*Widespread contamination by Perfluoroalkyl Substances (PFAS) in the Veneto region*”. Azioni di controllo integrato. XII Conferenza del Sistema Nazionale per la protezione dell’Ambiente, SNPA.
- ATSDR – Agency for Toxic Substances and Human Services (2021) Toxicological Profile for Perfluoroalkyls, U.S. Department of Health and Human Services, pp.993.
- Castiglioni S, Valsecchi S, Polesello S, Rusconi M, Melis M, Palmiotto M, Manenti A, Davoli E, Zuccato E. (2015) Sources and fate of perfluorinated compounds in the aqueous environment and in drinking water of a highly urbanized and industrialized area in Italy. *J Hazard Mater.* 2015 Jan 23; 282:51-60. doi: 10.1016/j.jhazmat.2014.06.007.
- Catelan D, Biggeri A, Russo F, Gregori D, Pitter G, Da Re F, Fletcher T, Canova C. (2021) Exposure to Perfluoroalkyl Substances and Mortality for COVID-19: A Spatial Ecological Analysis in the Veneto Region (Italy). *Int J Environ Res Public Health.* 2021 Mar 8;18(5):2734. doi: 10.3390/ijerph18052734.
- CONCAWE (2016) Environmental fate and effects of poly and perfluoroalkyl substances (PFAS). Report 8/16, https://www.concawe.eu/wp-content/uploads/2016/06/Rpt_16-8.pdf
- CNR - IRSA Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerca sulle Acque (2013) Rischio associato alla presenza di sostanze perfluoro-alchiliche (PFAS) nelle acque potabili e nei corpi idrici recettori di aree industriali nella Provincia di Vicenza e aree limitrofe “*Risk associated with the presence of perfluoroalkyl substances (PFAS) in drinking water and in water bodies receptors of industrial zones the Province of Vicenza and surrounding areas*”, pp. 1-351, 2013, Roma-Brugherio, Convenzione tra MATTM e CNR, Relazione finale.
- Cousins IT, Johansson JH, Salter MR, Sha B, Scheringer M (2022) Outside the Safe Operating Space of a New Planetary Boundary for Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) *Environmental Science & Technology* 2022 56 (16), 11172-11179. DOI: 10.1021/acs.est.2c02765
- Dauchy X (2019) Per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in drinking water: Current state of the science. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, Vol 7, pp 8-12, ISSN 2468-5844, <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.07.004>.
- EFSA – European Food Safety Authority (2020) Risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. European Food Safety Authority, Scientific Opinion. doi: 10.2903/j.efs.2020.6223
- Goldenman G, Fernandes M, Holland M, Tugran T, Nordin A, Schoumacher C, McNeill A (2019) The cost of inaction. A socioeconomic analysis of environmental and health impacts linked to exposure to PFAS. Nordic Council of Ministers. <https://doi.org/10.6027/TN2019-516>
- Ingelido AM, Abballe A, Gemma S, Dellatte E, Iacovella N, De Angelis G, Zampaglioni F, Marra V, Miniero R, Valentini S, Russo F, Vazzoler M, Testai E, De Felip E (2018) Biomonitoring of perfluorinated compounds in adults exposed to contaminated drinking water in the Veneto Region, Italy, *Environment International*, Vol 110, pp. 149-159, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.10.026>.
- Kurwadkar S, Dane J, Kanel SR, Nadagouda MN, Cawdrey RW, Ambade B, Struckhoff GC, Wilkin R (2022) Per- and polyfluoroalkyl substances in water and wastewater: A critical review of their global occurrence and distribution, *Science of The Total Environment*, Vol 809, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151003>.
- Leung SCE, Shukla P, Chen D, Eftekhari E, An H, Zare F, Ghasemi N, Zhang D, Nguyen NT, Li Q (2022) Emerging technologies for PFOS/PFOA degradation and removal: A review. *Science of The Total Environment*, Vol 827, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153669>.
- Li Y, Li J, Zhang L, Huang Z, Liu Y, Wu N, He J, Zhang Z, Zhang Y, Niu Z (2019) Perfluoroalkyl acids in drinking water of China in 2017: Distribution characteristics, influencing factors and potential risks, *Environment International*, Vol 123, pp. 87-95, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.11.036>.
- Hu XC, Andrews DQ, Lindstrom AB, Bruton TA, Schaidler LA, Grandjean P, Lohmann R, Carignan CC, Blum A, Balan SA, et al. (2016) Detection of poly- and perfluoroalkyl substances (PFASs) in U.S. Drinking water linked to industrial sites, military fire training areas, and wastewater treatment plants. *Environ Sci Technol Lett*, 3:344–350.
- Neuwald IJ, Hübner D, Wiegand HL, Valkov V, Borchers U, Nödler K, Scheurer M, Hale SE, Arp HPH, Zahn D (2022) Ultra-Short-Chain PFASs in the Sources of German Drinking Water: Prevalent, Overlooked, Difficult to Remove, and Unregulated, *Environmental Science & Technology* 2022 56 (10), 6380-6390, DOI: 10.1021/acs.est.1c07949
- Newell CJ, Adamson DT, Kulkarni PR, Nzeribe BN, Stroo H (2020) Comparing PFAS to other groundwater contaminants: Implications for remediation. *Remediation.* 2020; 30:7–26. <https://doi.org/10.1002/rem.21645>
- Post GB, Cohn PD, Cooper KR (2012) Perfluorooctanoic acid (PFOA), an emerging drinking water contaminant: A critical review of recent literature, *Environmental Research*, Vol. 116, pp. 93-117, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2012.03.007>.
- Russo F (2013) PFAS Caso Studio del Bacino del Brenta - Servizio di Prevenzione e Sviluppo Igiene e Sanità Pubblica “*Brenta Basin Case Study - Service of Prevention and Development Hygiene and Public Health*”. Milano, 22 ottobre 2013, http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/reach/Russo_PFAS.pdf
- SCHEER - Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks (2022) Final Opinion on Draft Environmental Quality Standards for Priority Substances under the Water Framework Directive - PFAS, 18 August 2022.
- Sottani A (2021) I caratteri strutturali del sottosuolo nella diffusione dell’inquinamento “*The structural characters of the subsurface in the spread of PFAs pollution*”, Odeò Olimpico XXXII, Memorie dell’Accademia Olimpica di Vicenza, pp. 81-100. L’acqua potabile come bene comune: PFAS (sostanze perfluoroalchiliche). Tornata accademica della Classe di Scienze e tecnica.
- WHO - World Health Organization (2016) Keeping our water clean: the case of water contamination in the Veneto Region, Italy.



Assoreca

ASSOCIAZIONE AMBIENTE, ENERGIA
SICUREZZA . RESPONSABILITÀ SOCIALE



REMTECH EXPO
FERRARA EXPO

REMTECH
EXPO 2022
FERRARA
Via della Fiera 11

22/09
2022

ore 14:30

Sala SEA ROOM

“ Sostanze poli e perfluoroalchiliche (PFAS): tutela delle acque e della salute umana. Normativa statale in itinere ed esperienze internazionali ed europee ”