

TFA, IL PFAS PIÙ PRESENTE SUL PIANETA

L'acido trifluoroacetico (TFA) è una molecola a catena ultracorta (due atomi di carbonio) che appartiene all'ampio gruppo di sostanze per- e poli-fluoroalchiliche (PFAS)¹, conosciute anche come “inquinanti eterni” perché in grado di contaminare l'ambiente per lunghi periodi di tempo. Si tratta di una molecola già in uso da decenni e ben nota alla comunità scientifica internazionale. Sebbene i primi studi scientifici risalgano alla metà degli anni Novanta², solo recentemente il TFA ha goduto di maggiori attenzioni. Negli ultimi anni infatti è emerso come questa sostanza sia, di gran lunga, il PFAS presente in maggiori quantità pressoché ovunque venga misurato: nelle acque minerali e potabili, nella polvere domestica, perfino nel sangue umano. Di seguito vengono esposte alcune evidenze che sottolineano l'urgenza di limitare al più presto la dispersione di questa molecola nell'ambiente.

- 1) **Il TFA è di gran lunga il PFAS più abbondante nelle acque del pianeta.** Indagini recenti di PAN (Pesticide Action Network)³ hanno dimostrato come il TFA è il PFAS più abbondante nelle acque superficiali e di falda prelevate in dieci nazioni europee (più del 98% dei PFAS totali rilevati), con concentrazioni comprese tra 370 e 3.300 nanogrammi per litro. Recenti ricerche sulle acque potabili ne hanno evidenziato l'ampia diffusione nelle acque potabili tedesche⁴. Analisi condotte in undici nazioni europee hanno dimostrato che il TFA rappresentava più del 90% del totale dei PFAS monitorati (46 molecole) ed era presente in 34 dei 36 campioni analizzati⁵. Data l'elevata solubilità in acqua non sorprende che questa molecola sia tra i PFAS presenti in maggiore quantità anche nei mari, nei campioni di ghiaccio, nelle piogge e nell'aria.
- 2) **Nemmeno le acque minerali sfuggono a questa contaminazione.** Un'indagine condotta da Bund⁶ su alcune acque minerali tedesche ha rilevato la presenza di TFA in alcuni marchi e, laddove rilevato, le concentrazioni di questa molecola erano comprese tra 53 e 200 nanogrammi per litro. Di recente l'organizzazione PAN⁷ ha diffuso i dati sulla presenza di questa sostanza in numerosi marchi di acqua minerale e di sorgente venduti in Europa (provenienti da Germania, Belgio, Francia, Paesi Bassi, Lussemburgo, Ungheria, Austria). Dieci dei 19 marchi analizzati contenevano TFA in quantità comprese tra 52 e 3.400 nanogrammi per litro. Nove campioni invece erano esenti da residui quantificabili di TFA.

¹ Wang, Z., Buser, A. M., Cousins, I. T., Demattio, S., Drost, W., Johansson, O., Ohno, K., Patlewicz, G., Richard, A. M., Walker, G. W., White, G. S., Leinala, E. A New OECD Definition for Per- and Polyfluoroalkyl Substances. *Environ. Sci. Technol.* 2021, 55 (23), 15575–15578.

² Si vedano ad esempio:

Jordan, A., Frank, H. Trifluoroacetate in the Environment. Evidence for Sources Other than HFC/HCFs. *Environ. Sci. Technol.* 1999, 33 (4), 522–527
Boutonnet, J. C., Bingham, P., Calamari, D., Rooij, C. de, Franklin, J., Kawano, T., Libre, J.-M., McCulloch, A., Malinverno, G., Odom, J. M., Rusch, G. M., Smythe, K., Sobolev, I., Thompson, R., Tiedje, J. M. Environmental Risk Assessment of Trifluoroacetic Acid. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal* 1999, 5 (1), 59–124.

³ <https://www.pan-europe.info/resources/reports/2024/05/tfa-water-dirty-pfas-legacy-under-radar>

⁴ Neuwald, I. J., Hübner, D., Wiegand, H. L., Valkov, V., Borchers, U., N. dler, K., Scheurer, M., Hale, S. E., Arp, H. P. H., Zahn, D. Ultra-Short-Chain PFASs in the Sources of German Drinking Water: Prevalent, Overlooked, Difficult to Remove, and Unregulated. *Environ. Sci. Technol.* 2022, 56, 6380.

⁵ <https://www.pan-europe.info/resources/reports/2024/07/tfa-forever-chemical-water-we-drink>

⁶ <https://www.bund.net/service/publikationen/detail/publication/deutschlandweite-toxflox-trinkwassertest-zu-pfas/#~:text=Ewigkeitschemikalien%20sind%20%C3%BCberall%3A%20BUND%20findet.zu%20sauberem%20und%20bezahlbarem%20Wasser.>

⁷ <https://www.pan-europe.info/resources/briefings/2024/12/tfa-%E2%80%98forever-chemical%E2%80%99-european-mineral-waters>

- 3) **Un problema non solo per le acque.** Il TFA è stato trovato anche nei succhi di frutta e in puree di frutta e verdura⁸, ma anche nella birra e nel tè⁹, in numerose specie vegetali tra cui il mais¹⁰ e nella polvere domestica.
- 4) **Gli esseri umani non sono immuni alla contaminazione.** Sebbene il TFA non sia considerato bioaccumulabile secondo gli attuali criteri normativi, ricerche scientifiche condotte negli Stati Uniti ne hanno rilevato la presenza nel sangue umano, con concentrazioni medie paragonabili a quelle dei PFAS a catena lunga più studiati e noti per essere bioaccumulabili¹¹. Questa sostanza è stata inoltre ritrovata anche in campioni di urina.
- 5) **Indistruttibile e persistente: una contaminazione irreversibile.** Come i PFAS più noti, anche il TFA risulta persistente e non biodegradabile. In base ai dati attualmente disponibili questa molecola non viene assorbita dai terreni, di conseguenza finisce nelle acque ed è già parte del ciclo dell'acqua del pianeta. L'unico processo potenzialmente rilevante per la sua degradazione nell'ambiente è la fotodissociazione nella troposfera e la conversione di TFA in trifluorometano (CF₃H): secondo gli scienziati si tratta però di un processo trascurabile in termini di perdita di massa del TFA. Risulta quindi impossibile da rimuovere e, stanti gli attuali livelli di emissione in natura - che crescono di ora in ora - la sua concentrazione planetaria è destinata ad aumentare.
- 6) **Resiste anche ai più comuni trattamenti per eliminare i PFAS dalle acque degli acquedotti.** La filtrazione con carboni attivi, i processi di degradazione termica e di fotodegradazione sono inefficaci nel ridurre la concentrazione di TFA. Al contrario, alcune tecniche di potabilizzazione abituali (ozono e cloro) possono addirittura farne aumentare la concentrazione in presenza di precursori (sostanze che degradando danno origine proprio al TFA). L'unico trattamento che ad oggi si è dimostrato efficace nel rimuovere questa molecola dalle acque è l'osmosi inversa: si tratta però di un metodo di purificazione energivoro ed estremamente costoso che è di fatto inapplicabile non solo per le reti acquedottistiche ma anche per il trattamento delle acque reflue.
- 7) **Proviene da svariate fonti.** Il TFA può essere prodotto tal quale e utilizzato in numerosi processi industriali (industrie farmaceutiche, biotecnologie) ma anche nelle sintesi di composti fluorurati come i PFAS. Non sorprende che l'attuale record di contaminazione globale nelle acque sia stato registrato negli scarichi di un complesso industriale in cui confluiscono anche le acque reflue della multinazionale Solvay, a Salindres nel sud della Francia¹² (circa 235 milioni di nanogrammi per litro). Può derivare dalla degradazione di oltre duemila molecole che appartengono al gruppo dei PFAS come alcuni gas refrigeranti fluorurati (ad esempio HFCs e HFOs), polimeri fluorurati, pesticidi, farmaci e schiume antincendio.
- 8) **TFA in Italia.** Nel nostro Paese non esistono dati pubblici circa la presenza di questa molecola in acque superficiali, di falda, potabili, minerali oltre ad alimenti e campioni di sangue. A oggi è improbabile ipotizzare che, a differenza di gran parte delle nazioni europee, il nostro Paese sia

⁸ van Hees, P., Karlsson, P., Bucuricova, L., Olzman, H., Yeung, L.. Trifluoroacetic Acid (TFA) and Trifluoromethane Sulphonic Acid (TFMS) in Juice and Fruit/Vegetable Purees, 2024, pp 1–8. https://cdnmedia.eurofins.com/european-east/media/uxcnaa2c/eurofins_tfa_tfms_juice_24_final.pdf

⁹ Scheurer, M., N. dler, K. Ultrashort-Chain Perfluoroalkyl Substance Trifluoroacetate (TFA) in Beer and Tea – An Unintended Aqueous Extraction. *Food Chem.* 2021, 351, No. 129304.

¹⁰ Lan, Z., Yao, Y., Xu, J. Y., Chen, H., Ren, C., Fang, X., Zhang, K., Jin, L., Hua, X., Alder, A. C., Wu, F., Sun, H. Novel and Legacy Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFASs) in a Farmland Environment: Soil Distribution and Biomonitoring with Plant Leaves and Locusts. *Environ. Pollut.* 2020, 263, No. 114487.

¹¹ Zheng, G., Eick, S. M., Salamova, A. Elevated Levels of Ultrashort- and Short-Chain Perfluoroalkyl Acids in US Homes and People. *Environ. Sci. Technol.* 2023, 57 (42), 15782–15793.

¹² Futures, G. PFAS - Contamination des eaux par des "polluants éternels" à Salindres, France, 2024.

immune a questa contaminazione. Gli unici dati disponibili¹³ sono quelli ufficiali di ARPA Veneto e diffusi dal collettivo PFAS.Land riguardo i monitoraggi di TFA e altri PFAS ultracorti nelle falde sottostanti l'industria farmaceutica FIS di Montecchio Maggiore (VI). In alcuni casi sono state registrate concentrazioni superiori ai 100 mila nanogrammi per litro.

- 9) **Effetti sulla salute.** A oggi non esiste un quadro esaustivo circa gli effetti sanitari. Potremmo essere all'inizio di una storia già vista: anche alcuni decenni fa per i PFAS oggi noti per essere cancerogeni non avevamo informazioni esaustive. Sappiamo però che il TFA sfida alcuni paradigmi: non si accumula nel nostro corpo a lungo, almeno in base ai dati attuali, ma è sicuramente una molecola a cui siamo continuamente esposti (e quasi sicuramente lo saremo ogni giorno per l'intera nostra esistenza). Pertanto, vista la continua esposizione anche a quantità elevate, viene spesso rilevato nelle analisi sul sangue umano. Inoltre alcune evidenze recenti indicano come possa essere tossico per lo sviluppo embrionale¹⁴. In base a queste prove, su richiesta della Germania l'Agenzia europea per le sostanze chimiche (ECHA) sta verificando se sussistono le condizioni per classificarlo nella categoria 1B (tossico per la riproduzione umana)¹⁵.
- 10) **Quali limiti nelle acque potabili.** Nel 2020, la Germania ha stabilito un valore guida per la salute umana circa la presenza di TFA nell'acqua potabile pari a 60 mila nanogrammi per litro. Nel 2023, i Paesi Bassi hanno stabilito un valore pari a 2200 nanogrammi per litro. Valori destinati a subire una drastica riduzione se questa molecola sarà classificata come tossica per la riproduzione. Inoltre, in accordo con quanto riportato nella direttiva europea 2020/2184 e nelle recenti linee guida¹⁶, il TFA è incluso nel parametro "PFAS totale" (il cui limite è pari a 500 nanogrammi per litro), mentre non è incluso nel parametro "somma di PFAS" (il cui limite è pari a 100 nanogrammi per litro). Tuttavia il parametro "PFAS totale" non è obbligatorio ed è facoltà degli Stati membri implementarlo o meno. Per quanto riguarda l'Italia, nel decreto 18/2023 - che ha recepito la suddetta direttiva comunitaria e sarà vigente dal gennaio 2026 - è specificato che il parametro "PFAS totale" non è applicato. Viste le recenti linee guida europee è quindi lecito attendersi nei prossimi mesi indicazioni ministeriali più precise che chiariscano se e come applicare il parametro "PFAS totale" e come considerare il TFA.

Se il TFA non è tossico e, almeno per le analisi effettuate in vari Paesi europei, la concentrazione spesso non supera gli attuali valori di riferimento vigenti nelle acque potabili in Germania e nei Paesi Bassi, è lecito chiedersi se ci sia o meno motivo per preoccuparsi. In realtà ci sono già prove che indicano come il TFA possa essere una sostanza pericolosa per ambiente e salute. Sarebbe quindi opportuno avere un approccio precauzionale considerando che, già oggi, risulta il PFAS più abbondante (praticamente ovunque) e che la sua contaminazione è irreversibile. Oltre ai dati sulla tossicità per lo sviluppo embrionale dei mammiferi, esistono prove che indicano come il TFA possa causare danni al fegato, essere trasmesso facilmente dalla madre al feto attraverso la placenta, rallentare il tasso di decomposizione della materia organica nel suolo e, infine, essere incorporato in molecole biologiche come le proteine negli organismi acquatici¹⁷. Inoltre gli studi tradizionali non sono idonei a misurare la tossicità, visto che vengono realizzati su scale temporali ridotte e non abbastanza lunghe come quelle di un'intera vita umana.

¹³ https://pfas.land/wp-content/uploads/2023/11/8_bonifica_tfa_tffa_montecchio_m_20.09.23.pdf

¹⁴ <https://echa.europa.eu/fr/registration-dossier/-/registered-dossier/5203/7/9/3/?documentUUID=bbe1c0df-91db-4cef-a965-89ded98a88c8>

¹⁵ <https://echa.europa.eu/de/registry-of-clh-intentions-until-outcome/-/dislist/details/0b0236e188e8d4b8>

¹⁶ "Linee guida tecniche sui metodi d'analisi per il monitoraggio delle sostanze per- e polifluoro alchiliche (PFAS) nelle acque destinate al consumo umano" <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/ALL/?uri=CELEX%3A52024XC04910>

¹⁷ Standley, L. J., Bott, T. L. Trifluoroacetate, an Atmospheric Breakdown Product of Hydrofluorocarbon Refrigerants: Biomolecular Fate in Aquatic Organisms. *Environ. Sci. Technol.* 1998, 32 (4), 469– 475.

Come sostengono alcuni scienziati, il TFA ha già superato il limite planetario e fa parte di quelle molecole persistenti che si accumulano e che potrebbero incidere sugli equilibri del pianeta¹⁸. Diventa quindi prioritario che le emissioni di TFA, e di conseguenza dei suoi numerosi precursori (tutti quei PFAS come gas refrigeranti, polimeri fluorurati, pesticidi, farmaci e schiume antincendio) vengano drasticamente ridotte: un'azione che non può prescindere dalla messa al bando dell'uso e della produzione dei PFAS. È quindi necessario intervenire subito prima che gli impatti sugli esseri umani e sull'ambiente diventino ancora più evidenti e irreversibili.

¹⁸ Arp H.P.H, Gredelj, A., Glug, J., Scheringer, M. Cousins I.T. The global threat from the irreversible accumulation of trifluoroacetic acid (TFA). *Environ. Sci. Technol.* 2024,58(45), 19925-19935