PuntoSicuro

ARTICOLO DI PUNTOSICURO

Anno 27 - numero 5861 di Martedì 03 giugno 2025

Quali sono gli impatti dei polimeri PFAS sulla nostra salute e sull'ambiente?

L'uso diffuso di polimeri PFAS può portare alla contaminazione di acqua, aria, suolo, cibo e persone. Una valutazione dell'AEA afferma che queste sostanze chimiche possono anche contribuire al riscaldamento globale e alla riduzione dell'ozono.

Le sostanze perfluoroalchiliche e polifluoroalchiliche (PFAS) sono al centro dell'attenzione da oltre un decennio a causa del loro potenziale impatto sulla salute umana e sull'ambiente. Questo vale in particolare per alcuni composti come PFOS e PFOA, mentre gli impatti associati alla forma chimica dei PFAS, noti come " **polimeri PFAS** ", che in parole povere sono costituiti da molecole più grandi, sono stati considerati inferiori.

Tuttavia, ora le prove suggeriscono anche che i polimeri PFAS possono avere diversi tipi di impatto durante il loro ciclo di vita, secondo il briefing dell'EEA " **Polimeri PFAS in primo piano: sostenere le ambizioni dell'Europa per un'economia circolare, a basso inquinamento e a basse emissioni di carbonio "** . L'analisi fornisce le conoscenze più recenti sui potenziali impatti sulla salute, sull'ambiente e sul clima e fornisce un contesto di riferimento per le proposte dell'UE volte a chiarire l'uso dei PFAS in Europa.

I polimeri PFAS rappresentano attualmente una parte significativa, pari al 24-40%, del volume totale di PFAS immessi sul mercato dell'UE e sono ampiamente utilizzati in un'ampia gamma di prodotti e tecnologie. Il briefing dell'AEA sottolinea l'importanza di **adottare una prospettiva di vita completa** dei polimeri PFAS quando si valutano i loro impatti e si decide il loro utilizzo futuro.

Preoccupazioni identificate

È generalmente noto che i polimeri PFAS siano meno tossici dei PFAS non polimerici. Ciò è dovuto alle **maggiori dimensioni molecolari** dei polimeri , che ne limitano l'assorbimento nelle cellule viventi (e quindi la potenziale tossicità). Tuttavia, sono state sollevate preoccupazioni in relazione a una serie di potenziali impatti durante il ciclo di vita dei polimeri PFAS, come si legge nel briefing dell'EEA. Queste preoccupazioni includono:

- **-Le sostanze chimiche utilizzate nella produzione di polimeri PFAS e i diversi sottoprodotti generati durante la loro produzione possono causare effetti tossici sui lavoratori, sull'ambiente e sulle comunità** circostanti gli stabilimenti. Inoltre, la degradazione nel tempo di alcuni polimeri PFAS in composti più piccoli e persistenti, che possono avere una tossicità maggiore rispetto ai composti originari, desta preoccupazioni per l'ambiente e la salute umana.
- -Durante la produzione di polimeri PFAS può verificarsi **il rilascio di potenti gas serra** (ad esempio trifluorometano ? HFC-23) e di sostanze che possono degradare lo **strato di ozono (ad esempio diclorofluorometano ? HCFC-22).**
- -La presenza diffusa di polimeri PFAS nei prodotti e nei materiali può potenzialmente rappresentare una **futura barriera al riciclaggio** , poiché è difficile tracciare e separare questi materiali nella fase di rifiuto.

Azione dell'UE

Una recente proposta di restrizione universale per i PFAS ai sensi del regolamento REACH dell'UE , presentata da Danimarca, Germania, Paesi Bassi, Norvegia e Svezia, mira a vietare tutti i PFAS (inclusi i polimeri PFAS), ad eccezione di alcuni usi per i quali sono previste deroghe temporanee. In una recente comunicazione dell'Agenzia europea per le sostanze chimiche (ECHA)

e dei soggetti che hanno presentato i dossier, si affermava che per alcuni usi si stavano prendendo in considerazione anche opzioni di restrizione diverse dal divieto.

Pubblicità

Il Briefing - Polimeri PFAS in primo piano: sostenere le ambizioni dell'Europa per un'economia circolare, a basso inquinamento e a basse emissioni di carbonio

Questo briefing esplora gli impatti dei polimeri PFAS e mette in luce le più recenti conoscenze sui loro potenziali effetti sulla salute, sull'ambiente e sul clima. Fornisce inoltre un contesto di riferimento per le proposte in corso volte a chiarire l'uso dei PFAS in Europa.

Il briefing si basa su un precedente rapporto congiunto dei centri tematici europei dell'AEA sui rifiuti e i materiali in un'economia verde (ETC WMGE) e sulla mitigazione dei cambiamenti climatici e l'energia (ETC CME) (ETC/WMGE e ETC/CME, 2021), integrato con informazioni provenienti dalla letteratura più recente.

Introduzione

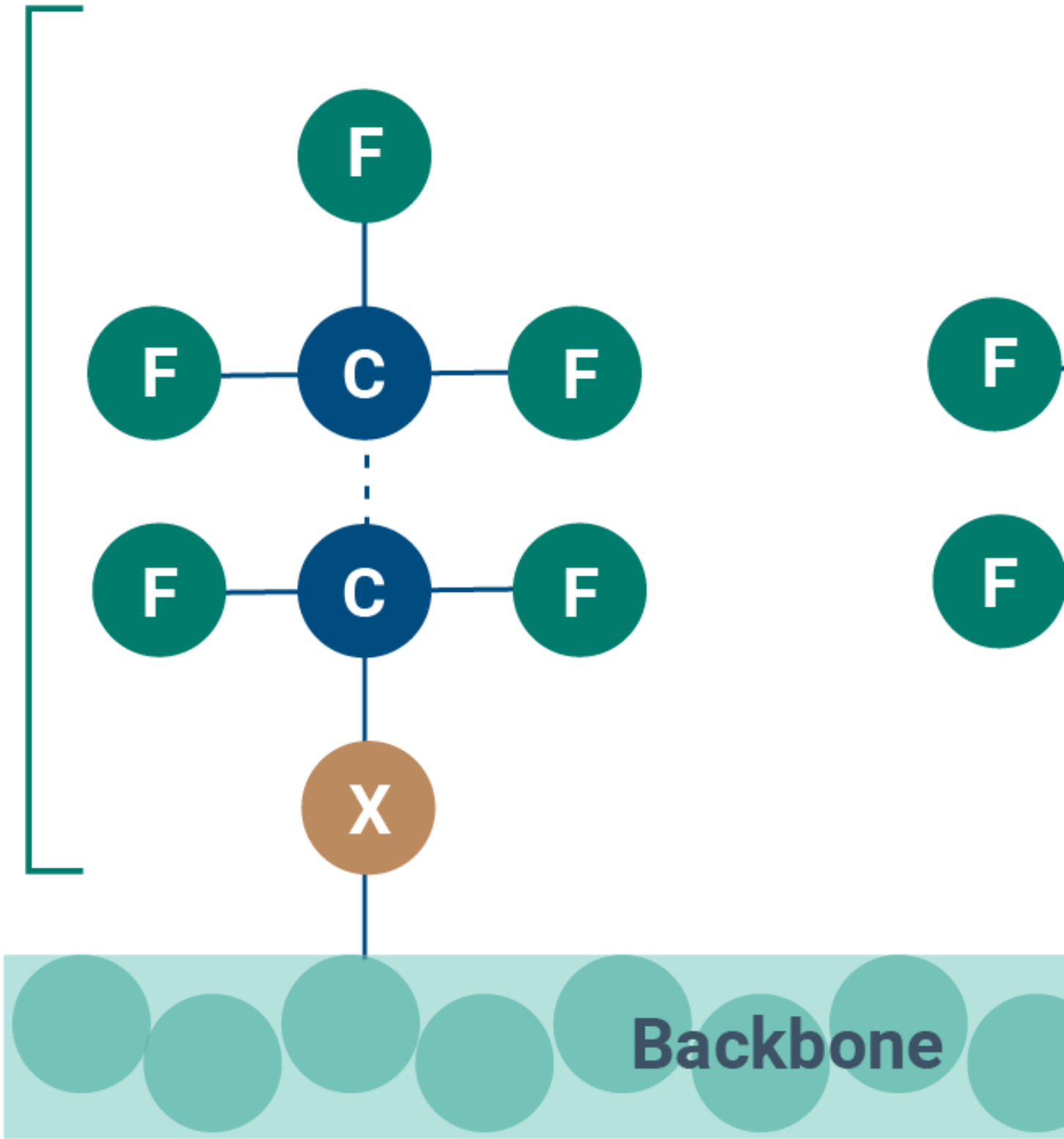
Le sostanze perfluoroalchiliche e polifluoroalchiliche (PFAS), note anche come **sostanze chimiche "eterni** ", hanno ricevuto crescente attenzione negli ultimi due decenni. Ciò è dovuto alla crescente consapevolezza degli impatti negativi che queste sostanze hanno sulla salute umana e sull'ambiente. Gli sforzi in corso nell'Unione Europea (UE) per limitare i PFAS come gruppo sono stati giustificati dalla loro elevata persistenza e da altre proprietà preoccupanti presenti in alcuni sottogruppi di PFAS. Tra queste, il bioaccumulo nell'uomo e nella fauna selvatica, l'elevata mobilità (possono spostarsi nell'ambiente e inquinare le fonti di acqua potabile), il potenziale di trasporto a lungo raggio (possono inquinare aree lontane dalle fonti di emissione) e il loro accumulo nelle piante (possono inquinare le fonti alimentari), nonché gli effetti (eco)tossicologici che possono avere un impatto sull'uomo e sull'ambiente (BAuA et al., 2023).

Questo ampio ed eterogeneo gruppo di sostanze chimiche è costituito da oltre 10.000 singole sostanze, che possono essere suddivise in forme polimeriche e non polimeriche. I polimeri PFAS costituiscono una parte significativa dell'uso totale di PFAS nell'UE. Si stima che rappresentino tra il 24 e il 40% del volume totale di PFAS sul mercato dell'UE (BAuA et al., 2023). Sono ampiamente utilizzati in prodotti di consumo come tessuti, padelle antiaderenti, dispositivi elettronici e mobili. Trovano impiego anche nella produzione industriale, ad esempio in macchinari, filtri, lubrificanti, guarnizioni e membrane. Sono sempre più utilizzati anche nelle tecnologie verdi che promettono soluzioni per un'economia a basse emissioni di carbonio. Tuttavia, nonostante il loro uso diffuso, la maggior parte delle nostre conoscenze sui loro effetti dannosi riguarda le forme non polimeriche. Ciò lascia significative lacune nella conoscenza degli impatti dei polimeri PFAS, fatta eccezione per il fatto, ormai consolidato, che sono molto persistenti.

Riquadro 1. Cosa sono i polimeri PFAS e a cosa servono?

I polimeri sono molecole di grandi dimensioni composte da unità ripetitive legate tra loro da forti legami chimici (covalenti). Le unità ripetitive, che costituiscono i mattoni dei polimeri, sono chiamate monomeri. Esiste un'ampia varietà di polimeri PFAS. I tre tipi principali sono i polimeri fluorurati a catena laterale, i fluoropolimeri e i perfluoropolieteri.

Side-chain fluorinated poly



Sono disponibili informazioni limitate sulle identità e sui volumi dei polimeri PFAS attualmente utilizzati in Europa. Questo perché, ai sensi del regolamento REACH (UE, 2006), i polimeri in generale sono esenti dagli obblighi di registrazione. Inoltre, i polimeri PFAS non sono regolamentati per la maggior parte degli usi e dei prodotti. L'eccezione riguarda i tre PFAS (PFOS, PFOA e PFHxS) vietati dal regolamento POP (UE, 2019) e due vietati dalle restrizioni REACH (PFHxA e PFCA C9-C14). Questo include anche i precursori (sostanze che possono scomporsi in uno dei PFAS coperti dal regolamento/restrizione), ad esempio alcuni polimeri fluorurati a catena laterale.

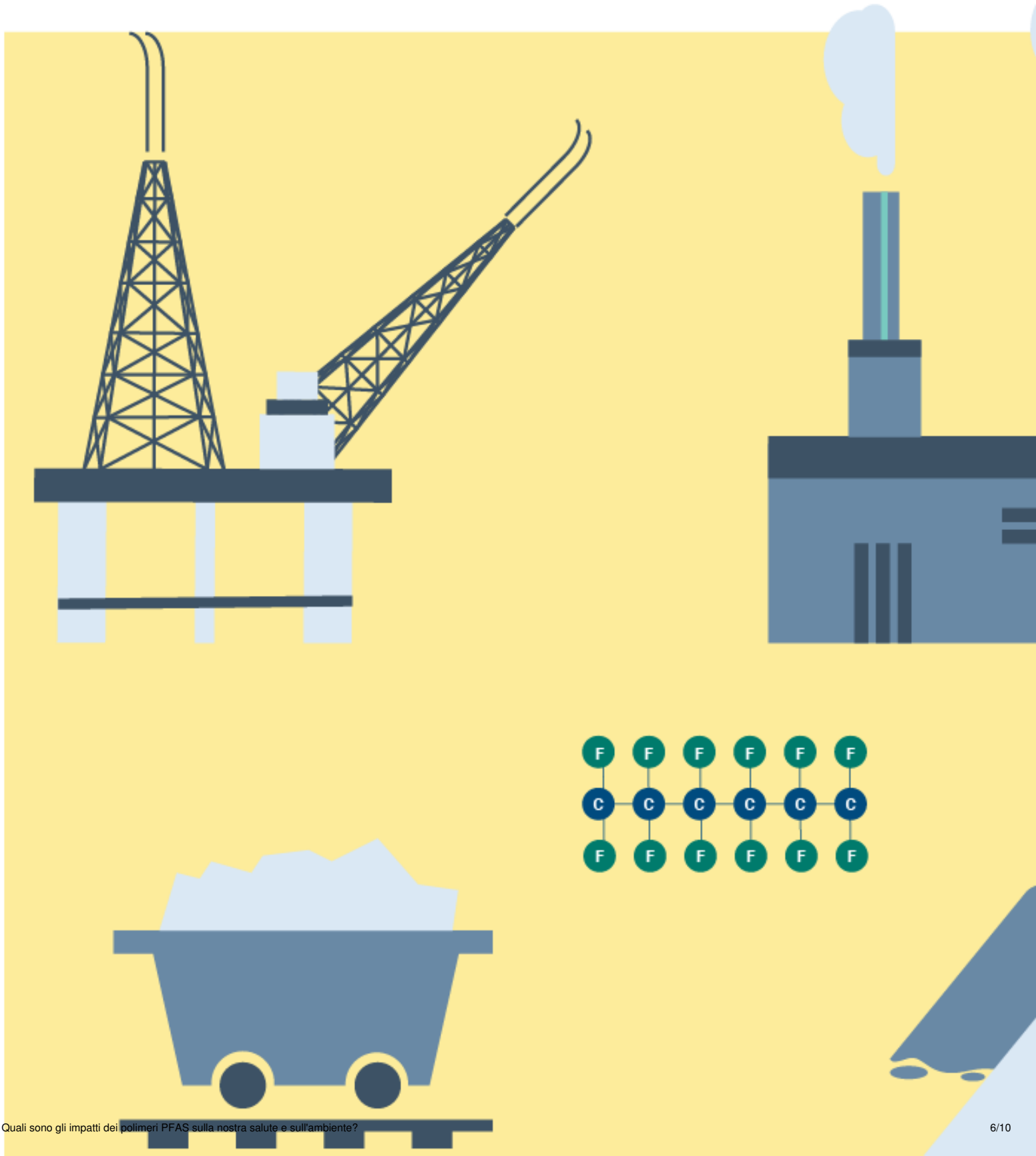
I polimeri sono generalmente considerati relativamente meno problematici dei monomeri (elementi costitutivi) da cui sono composti. Ciò è dovuto alle maggiori dimensioni molecolari dei polimeri, che ne limitano l'assorbimento nelle cellule viventi (e quindi la potenziale tossicità). Tuttavia, i polimeri PFAS possono avere diversi impatti sull'ambiente e sulla salute umana in diverse fasi del loro ciclo di vita. Sono state sollevate preoccupazioni in merito alle sostanze chimiche utilizzate per la loro produzione (materie prime e monomeri PFAS) e ai diversi sottoprodotti generati durante la loro sintesi chimica. Vi sono ulteriori preoccupazioni per l'ambiente e la salute umana derivanti dalla degradazione nel tempo di alcuni polimeri PFAS in composti più piccoli, persistenti e biodisponibili. I diversi tipi di impatti sono ulteriormente descritti nelle diverse fasi del ciclo di vita descritte di seguito.

Gli inquinanti vengono emessi lungo i cicli di vita dei polimeri PFAS

Le sostanze chimiche utilizzate per realizzare i polimeri PFAS e quelle emesse durante i cicli di vita dei polimeri PFAS (vedere Figura 1) hanno causato impatti significativi e inquinamento.

Figura 2. Il ciclo di vita dei polimeri PFAS, dalla produzione allo smaltimento

Production of PFAS polym



Produzione di polimeri PFAS

La **fase di produzione** del polimero PFAS avviene tipicamente in "sistemi chiusi". Ciononostante, si verificano ripetuti casi di lavoratori, così come dell'ambiente e delle comunità circostanti le fabbriche, gravemente inquinati dai PFAS in uscita da questi sistemi chiusi. "Febbre da influenza del Teflon" è un termine che i lavoratori usano per descrivere i sintomi manifestati dopo un'elevata esposizione ai fumi del polimero PFAS politetrafluoroetilene (PTFE). In Europa e negli Stati Uniti, si verificano casi in cui coadiuvanti della polimerizzazione, come PFOA e GenX, e una varietà di sottoprodotti di sintesi, hanno contaminato il suolo, l'acqua potabile, gli alimenti e le persone che vivono in prossimità delle fabbriche (ETC/WMGE e ETC/CME, 2021).

Un problema meno studiato è il rilascio di sostanze fluorurate volatili. Si tratta di potenti gas serra o sostanze che possono degradare lo strato di ozono. Vengono utilizzate come materie prime chimiche per produrre alcuni fluoropolimeri o possono essere formate come sottoprodotti di sintesi. Ad esempio, il gas serra trifluorometano (HFC-23) e la sostanza lesiva dello strato di ozono diclorofluorometano (HCFC-22) si formano come sottoprodotti nella produzione di PTFE. L'HFC-23 ha un potenziale di riscaldamento globale 12.400 volte superiore a quello della CO? . Le stime suggeriscono che nel 2018 siano state emesse 1.800 tonnellate di HFC-23 come sottoprodotto, una cifra derivante dalla sola produzione di PTFE (ETC/WMGE e ETC/CME, 2021). Ad oggi, esistono pochi studi di monitoraggio sulle emissioni di tali gas serra, sostanze lesive dello strato di ozono e altri gas fluorurati provenienti dagli impianti di produzione di PFAS.

Fabbricazione di prodotti con polimeri PFAS

Durante la **fase di produzione dei prodotti,** i polimeri PFAS vengono trasformati in prodotti o applicati come film su altri prodotti o miscelati in essi. In questa fase, i polimeri o gli additivi PFAS, le impurità, i sottoprodotti di sintesi o i prodotti di degradazione possono essere rilasciati. Possono verificarsi emissioni durante l'applicazione dei polimeri PFAS, ad esempio come rivestimenti superficiali, che possono esporre i lavoratori o, in alternativa, essere trasportate dall'aria, o attraverso acque reflue non sufficientemente pulite o fuoriuscite.

Utilizzo di prodotti contenenti polimeri PFAS

Nella **fase di utilizzo,** i polimeri fluorurati possono offrire chiari vantaggi in termini di prestazioni; ciò riguarda la durevolezza, la repellenza, la riduzione dell'attrito, la resistenza al calore e anche la loro capacità di stabilizzare le emulsioni, ad esempio di olio e acqua. Questi vantaggi hanno portato all'ampio utilizzo dei polimeri fluorurati in un'ampia gamma di prodotti. Di conseguenza, ciò ha portato a una dipendenza da alcune tipologie di prodotti che svolgono ruoli critici nella nostra società. Inoltre, i polimeri PFAS sono utilizzati in prodotti considerati importanti nella lotta al cambiamento climatico, tra cui celle a combustibile, batterie agli ioni di litio, pannelli solari e semiconduttori. Molte affermazioni sulla necessità di utilizzare polimeri fluorurati in applicazioni che supportano la transizione verso un'economia digitale e a basse emissioni di carbonio. Identificare questi usi può essere difficile, per i quali non sono disponibili alternative adeguate. Allo stesso tempo, i polimeri PFAS sono contenuti in molti prodotti di uso quotidiano che possono causare inquinamento e per i quali sono disponibili alternative adeguate. Ad esempio, i polimeri PFAS possono entrare nell'ambiente attraverso le acque reflue, ad esempio durante il lavaggio di tessuti contenenti PFAS. I PFAS possono essere rilasciati dagli impianti di trattamento delle acque reflue, sia nell'ambiente acquatico attraverso le acque di scarico, sia depositati nei fanghi di depurazione, che a volte vengono sparsi sui terreni (agricoli) (EEA, 2024).

Rifiuti e riciclaggio

Durante la **fase di fine vita** , i polimeri PFAS possono essere nuovamente degradati in sostanze potenzialmente dannose per la salute umana e degli ecosistemi, per lo strato di ozono e/o per l'emissione di gas serra. Ciò può avvenire tramite lo smaltimento dei rifiuti in discarica o tramite incenerimento. La presenza di PFAS polimerici nell'ambiente può quindi rappresentare una fonte significativa a lungo termine di PFAS non polimerici (EEA, 2024). L'uso diffuso di polimeri PFAS in una vasta gamma di prodotti, e in quantità piuttosto ridotte per ciascun prodotto, rende difficile e costoso istituire sistemi di raccolta e smaltimento separati per tutti questi prodotti. Il monitoraggio o l'identificazione del contenuto di PFAS nei prodotti nella fase di smaltimento è attualmente possibile solo per alcune tipologie di prodotti con sistemi di raccolta differenziata. Ciò significa che i prodotti contenenti PFAS vengono spesso mescolati ad altri flussi di rifiuti.

Il riciclo di materiali contenenti PFAS può comportare un'esposizione prolungata. Nel caso del riciclo di tessuti, ad esempio, i PFAS potrebbero essere introdotti in nuove tipologie di prodotti per i quali non erano previsti. I prodotti contenenti PFAS giunti

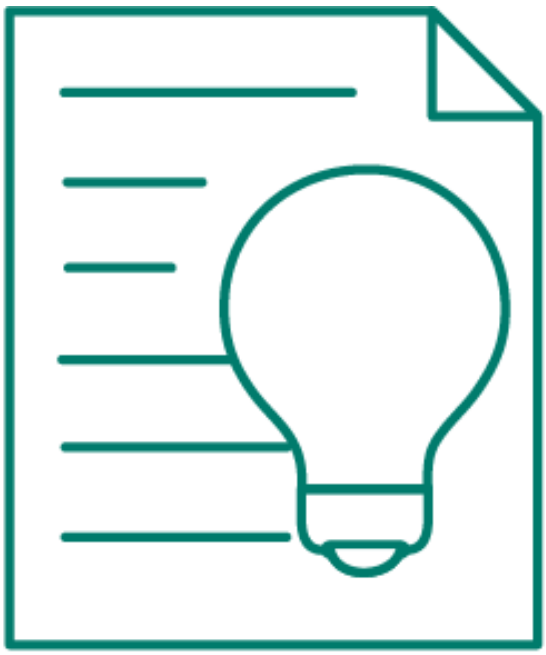
a fine vita possono quindi comportare un'esposizione incontrollata per l'uomo e rilasci nell'ambiente a seguito del riciclo. In alternativa, possono fungere da barriera al riciclo, allontanando i materiali dal ciclo circolare e indirizzandoli verso la discarica o l'incenerimento.

Lo smaltimento in discarica di prodotti realizzati con polimeri PFAS può portare alla contaminazione dei percolati. Tutti i polimeri PFAS sono estremamente persistenti nell'ambiente. Ad oggi, la loro potenziale degradazione nel tempo in molecole più piccole non è ben compresa. Tuttavia, si prevede che uno dei principali tipi di polimeri PFAS ? i polimeri fluorurati a catena laterale ? possa degradarsi e formare PFAS non polimerici nell'ambiente (OCSE, 2021). Anche i fluoropolimeri altamente resistenti saranno frammentati in molecole più piccole a causa dell'esposizione agli agenti atmosferici e dello stress fisico nel tempo, il che potrebbe aumentare l'assorbimento di PFAS negli organismi viventi (Lohmann et al., 2020).

Pochissimi studi hanno indagato quali sostanze si formano e in quali quantità durante **la combustione di rifiuti contenenti PFAS negli impianti di incenerimento** o durante la combustione incontrollata di rifiuti. Studi di laboratorio e test sulle prestazioni dei materiali mostrano chiaramente che una varietà di gas fluorurati e acidi come l'acido trifluoroacetico (TFA) si formano a temperature inferiori a circa 1000 °C (ETC/WMGE e ETC/CME, 2021). Oltre circa 1050-1400 °C, si verifica la completa degradazione in acido fluoridrico (HF), il che significa che non rimane alcun PFAS. Tuttavia, la Direttiva UE sull'incenerimento dei rifiuti (UE, 2000) richiede solo una temperatura di 850 °C per i rifiuti non pericolosi; ciò suggerisce che i polimeri PFAS potrebbero non essere completamente degradati negli impianti di incenerimento dei rifiuti. Uno studio riporta che l'incenerimento di specifici fluoropolimeri potrebbe rappresentare fino al 14% del carico di TFA nell'acqua piovana (Cui et al. 2019). Tuttavia, un altro studio ha rilevato un grado molto elevato di mineralizzazione (decomposizione completa) dei polimeri PFAS durante l'incenerimento in condizioni ottimali a due temperature di 860 °C e 1095 °C (Gehrmann et al., 2024). I TFA sono ormai ampiamente presenti nell'acqua piovana e nell'acqua potabile in tutto il mondo (Arp et al., 2024). Tuttavia, sulla base delle nostre conoscenze limitate e dei risultati contrastanti, al momento non è noto se l'incenerimento dei rifiuti di prodotti contenenti PFAS contribuisca in modo significativo a questo inquinamento.

La Tabella 1 di seguito contiene un riepilogo dei potenziali benefici e rischi derivanti dall'uso di polimeri PFAS in relazione alle politiche ambientali e sanitarie.

Tabella 1. Potenziali benefici e rischi derivanti dall'uso di polimeri PFAS in relazione a varie politiche ambientali e sanitarie



Strategy/policy

Circular economy

Conclusione e prossimi passi

Sebbene la sintesi dei polimeri PFAS avvenga in sistemi chiusi, le prove dimostrano che le emissioni di PFAS non polimerici possono verificarsi lungo tutto il ciclo di vita. Possono essere emesse in tutte le fasi, dalla produzione degli ingredienti alla produzione del polimero; dalla sua trasformazione in un prodotto al suo utilizzo, dal suo riciclo o riutilizzo allo smaltimento in discarica o incenerimento. L'inquinamento risultante si è diffuso ampiamente e si è accumulato in acqua, aria, suolo, persone, biota e alimenti. Sebbene molte risorse siano destinate allo sviluppo di metodi di bonifica e nonostante i progressi siano indubbiamente in atto, attualmente è praticamente ed economicamente impossibile bonificare l'inquinamento con le tecniche attualmente disponibili.

La strategia dell'UE per la sostenibilità delle sostanze chimiche (CSS) (CE, 2020) ha incluso diverse azioni mirate ai polimeri PFAS, tra cui un approccio previsto per affrontare i PFAS come gruppo di sostanze chimiche. Altre azioni includono l'attenzione all'inquinamento lungo il ciclo di vita di sostanze chimiche e prodotti e l'inclusione degli inquinanti persistenti e mobili (PMT/vPvM) come categoria di pericolo ai sensi del regolamento CLP (classificazione, etichettatura e imballaggio).

I polimeri PFAS trovano attualmente importanti impieghi in un'ampia gamma di sistemi e settori specifici, tra cui tecnologie verdi, dispositivi medici, difesa e aerospaziale. In generale, contribuiscono ad aumentare la durabilità e le prestazioni dei prodotti, con conseguenti benefici per la società. Tuttavia, come illustrato in questo briefing, il ciclo di vita dei PFAS può anche avere un impatto potenziale sull'ambiente e sulla salute umana, con alcuni effetti collegati anche ai cambiamenti climatici. Questi effetti mettono in discussione i loro benefici complessivi. Questo briefing sottolinea inoltre la necessità di affrontare i diversi tipi di impatto causati nelle diverse fasi del ciclo di vita dei polimeri PFAS: produzione, utilizzo e fine vita, in modo da non trascurare gli impatti importanti.

Una restrizione universale per i PFAS recentemente proposta ai sensi del REACH, presentata da Danimarca, Germania, Paesi Bassi, Norvegia e Svezia, mira a vietare tutti i PFAS (inclusi i polimeri PFAS), ad eccezione di alcuni usi per i quali sono previste deroghe temporanee (BAuA et al., 2021). In una recente comunicazione dell'ECHA e dei soggetti che hanno presentato i dossier, si affermava che per alcuni usi si stavano prendendo in considerazione anche opzioni di restrizione diverse dal divieto (ECHA et al., 2024).

La valutazione del futuro utilizzo dei polimeri PFAS, attualmente in corso nel contesto della restrizione REACH proposta, valuta le possibilità di sostituzione e include anche la possibilità di tenere conto dell'importanza di specifici usi per la società. La proposta è attualmente in fase di discussione da parte dei comitati scientifici dell'ECHA, dopodiché sarà sottoposta alla Commissione Europea per la decisione.

In tale contesto, la Commissione ha espresso il proprio impegno a fare chiarezza sui PFAS nell'ambito del pacchetto sull'industria chimica previsto per la fine del 2025.

Rapporto ETC/CME e ETC/WMGE 9/2021: Polimeri fluorurati in un'economia circolare, a basse emissioni di carbonio e priva di sostanze tossiche (pdf, 3,83 MB)

Fonte: EEA

Licenza Creative Commons