

ilmedicopediatra 2023;32(4):10-17;
doi: 10.36179/2611-5212-2023-18

Le sostanze chimiche di sintesi: conseguenze ambientali di prodotti strategici per la vita moderna

Vitalia Murgia

Pediatra, Associazione medici per l'Ambiente ISDE Italia

Introduzione

Parlando di contaminazione da sostanze chimiche, a molti vengono in mente le ciminiere delle industrie chimiche, o lo spargimento di pesticidi nei campi o l'inquinamento dell'aria da particolato (PM). In realtà, siamo esposti a un cocktail di sostanze chimiche, perché molti prodotti con cui entriamo in contatto quotidianamente, come i tessuti che rivestono le nostre poltrone, i prodotti per la pulizia della casa e per l'igiene, i giocattoli per bambini, il cibo che mangiamo e l'acqua che beviamo contengono composti chimici pericolosi in caso di esposizione cronica.

Ogni anno vengono prodotti milioni di tonnellate di sostanze chimiche, e la maggior parte di esse è pericolosa. La produzione chimica globale è quasi raddoppiata negli ultimi 20 anni: tra il 2000 e il 2017, la capacità produttiva dell'industria chimica globale è passata da 1,2 a 2,3 miliardi di tonnellate. L'Europa è il secondo produttore di prodotti chimici al mondo¹. Il 73% di tutte le sostanze chimiche prodotte annualmente in Europa è pericoloso per la salute umana e/o per l'ambiente², e questa percentuale rappresenta 220 milioni di tonnellate di sostanze chimiche³. Man mano che l'industria e i suoi mercati sono cresciuti, è aumentato anche il commercio internazionale di sostanze chimiche di sintesi, ad esempio, il valore delle esportazioni di prodotti chimici dalla Cina è aumentato del 15% dal 2013. Le sostanze chimiche si trovano ormai quasi ovunque. L'industria chimica è la seconda più grande industria manifatturiera al mondo, con vendite globali che hanno totalizzato 5,68 trilioni di dollari nel 2017. Si prevede che il valore dell'industria chimi-

Corrispondenza

Vitalia Murgia
vitalia.murgia@gmail.com

How to cite this article: Murgia V. Le sostanze chimiche di sintesi: conseguenze ambientali di prodotti strategici per la vita moderna. Il Medico Pediatra 2023;32(4):10-17. <https://doi.org/10.36179/2611-5212-2023-18>

© Copyright by Federazione Italiana Medici Pediatri



OPEN ACCESS

L'articolo è open access e divulgato sulla base della licenza CC-BY-NC-ND (Creative Commons Attribuzione - Non commerciale - Non opere derivate 4.0 Internazionale). L'articolo può essere usato indicando la menzione di paternità adeguata e la licenza; solo a scopi non commerciali; solo in originale. Per ulteriori informazioni: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.it>

ca globale raddoppierà entro il 2030⁴. Insomma, i prodotti chimici fanno parte della nostra esistenza e hanno contribuito sicuramente a rendere più comoda la nostra quotidianità, a migliorare la nostra salute (farmaci) e la sicurezza alimentare, ma sono comunque una medaglia a due facce. Margot Wallström (ex vicepresidente della Commissione europea e tra i fautori della normativa Europea REACH, che mira a rendere più sicuro l'uso delle sostanze chimiche), ha affermato che: "le sostanze chimiche sono sia una benedizione che una maledizione". Molti esperti sono d'accordo nel sostenere che la transizione ecologica non possa essere realizzata senza eliminare le sostanze chimiche pericolose dai nostri prodotti e dalla nostra vita quotidiana.

Purtroppo, sostanze chimiche dannose come i PFAS, la cui tossicità era nota alle industrie produttrici da almeno 40 anni, hanno continuato a essere riversate nell'ambiente in quantità rilevanti, creando un problema globale di contaminazione di difficile soluzione.

La produzione dell'UE-27 di sostanze chimiche pericolose per la salute è stata di 209 milioni di tonnellate nel 2019, di cui 33 milioni di tonnellate di sostanze cancerogene, mutagene e tossiche per la riproduzione (CMR). A queste si sommano altri 95 milioni di tonnellate di sostanze tossiche per l'ambiente. Sempre nell'UE, le vendite di pesticidi sono state stimate a circa 355.000 tonnellate nel 2021⁵. Nel 2019 sono state prodotte in Europa quasi 58 milioni di tonnellate di plastica, a fronte di un riciclo nel 2018 di soli 9,4 milioni di tonnellate⁶.

A tutto ciò si deve sommare, globalmente, anche il carico dovuto alle emissioni e ai rifiuti in fase produttiva. Nella produzione di farmaci, ad esempio, vengono generati da 25 a oltre 100 kg di emissioni e rifiuti per ogni kg di prodotto⁷.

Il documento sulla Strategia dell'UE sulla biodiversità per il 2030 sostiene che: "...l'inquinamento è una delle principali cause della perdita di biodiversità ed è dannoso per la nostra salute e l'ambiente...La biodiversità è in sofferenza: il rilascio di nutrienti, pe-

sticidi, prodotti farmaceutici, sostanze chimiche pericolose, con le acque reflue urbane e industriali e altri rifiuti, tra cui quelli dispersi nell'ambiente e le materie plastiche, sono tutte pressioni che occorre decisamente ridurre⁸".

Le sostanze chimiche pericolose diffuse nell'aria, nell'acqua, negli alimenti, nei beni di consumo e negli ambienti lavorativi hanno la potenzialità di causare una vasta gamma di malattie, compresi il cancro, le malformazioni fetali, le patologie dell'apparato respiratorio, endocrino, cardiovascolare e urinario, così come disturbi dello sviluppo neurologico e immunitario.

Queste affermazioni, tratte da un recente documento dell'Organizzazione Mondiale della Salute⁹, forniscono il contesto scientifico che sottolinea la serietà del problema che il mondo si trova ad affrontare. Le prospettive oltre il 2020 sono incerte per una serie di ragioni: si prevede che la produzione mondiale di sostanze chimiche aumenterà e sarà perciò più comune una maggiore esposizione; l'esigenza di riciclare le risorse e un'economia circolare può mantenere le popolazioni esposte all'eredità di sostanze chimiche nei prodotti riciclati; l'aumento degli allagamenti da esondazioni dovuti ai cambiamenti climatici può mobilitare di nuovo le sostanze chimiche depositate¹⁰.

A tutto ciò si aggiunge il fatto che delle molte migliaia di sostanze chimiche riversate nell'ambiente, la maggior parte non è stata testata adeguatamente dal punto di vista della sicurezza e, tra quelle studiate, relativamente poche sono state confermate come sicure per il feto e il bambino. Delle circa 4.500 sostanze chimiche considerate prioritarie dall'ECHA, circa 3.000 sono all'interno di una "zona grigia" e non hanno informazioni sufficienti per decidere sui rischi che comportano. Insomma, si può/deve fare molto per cambiare questa situazione e i medici, in particolare i pediatri, devono essere fortemente coinvolti nel cambiamento. Vista la vastità dell'argomento, verranno affrontati solo alcuni dei numerosissimi inquinanti chimici che possono influire negativamente sulla salute del bambino.

Quali contaminanti influiscono maggiormente sulla salute dei bambini?

Tra i principali contaminanti tossici cui i bambini possono essere esposti cronicamente troviamo: alcuni metalli, come piombo, mercurio, arsenico; i cosiddetti inquinanti organici persistenti (POP) come policlorodibenzo-p-diossine (PCDD); i policlorobifenili (PCB), le sostanze perfluoroalchiliche (es. PFOS, PFOA, PFNA e PFHxS); alcuni pesticidi (erbicidi, insetticidi, fungicidi e rodenticidi). I POP sono soggetti a un trattato globale, la Convenzione di Stoccolma sugli inquinanti organici persistenti, di cui l'UE è firmataria. Altre sostanze che meritano particolare attenzione sono solventi e composti organici volatili (COV), idrocarburi policiclici aromatici, inquinanti atmosferici chimici e il PM. Alcune sostanze sono preoccupanti, perché particolarmente presenti nell'aria interna (abitazioni, scuole, uffici) in cui si soggiorna per oltre l'80% del tempo, tra questi: benzene, formaldeide, naftalene, biossido di azoto, idrocarburi policiclici aromatici (IPA), tricloroetilene e tetracloroetilene¹¹. Tra i contaminanti dell'acqua considerati di "preoccupazione emergente" troviamo le sostanze perfluoroalchiliche (PFAS), le nanoplastiche, i farmaci, le sostanze plastificanti (ftalati e bisfenolo A), l'acrilamide e i parabeni. Un totale di 312 sostanze chimiche viene classificato come "neurotossici dello sviluppo", cioè potenzialmente dannose per il cervello in via di sviluppo. In Europa, si stima che quasi 1,9 milioni di bambini nascano ogni anno con livelli di mercurio superiori ai valori raccomandati, con effetti permanenti sull'apprendimento e sullo sviluppo cerebrale. Nonostante i livelli di piombo ematico nei bambini si siano ridotti in maniera importante in seguito alla eliminazione del piombo dalla benzina, la tossicità del piombo avrebbe causato una perdita totale stimata di 23 milioni di punti QI in una coorte (da 0 a 5 anni) di bambini statunitensi analizzata nel 2011¹².

Neurotossici, appartenenti a diverse categorie come pesticidi, sostanze chimiche industriali e contaminanti alimentari, sono state oggetto di studio nel progetto

DENAMIC (*Developmental neurotoxicity assessment of blends in children*), finanziato dall'Unione Europea. Il progetto si è concentrato sugli effetti neurotossici nei bambini di miscele a bassa concentrazione di biocidi (pesticidi, fungicidi, erbicidi) e inquinanti ambientali comuni, valutati con studi sperimentali. Gli esperimenti su roditori hanno dimostrato che l'esposizione precoce a tali sostanze comporta effetti persistenti sul comportamento, sulla cognizione e sull'attività motoria. I ricercatori hanno analizzato tempi di esposizione, finestre critiche durante lo sviluppo neuronale e le conseguenze sulla suscettibilità. Inoltre, hanno identificato i percorsi molecolari responsabili di alcuni comportamenti osservati e degli effetti cognitivi. È stato confermato che l'esposizione a una combinazione di sostanze chimiche, ognuna entro i limiti ritenuti non tossici, può causare tossicità per lo sviluppo neurologico. Le sostanze che interferiscono con il sistema endocrino (interferenti o distruttori endocrini), per es. il bisfenolo A, un additivo della plastica, presentano un rischio elevato, in quanto influenzano il sistema ormonale umano, causando effetti sullo sviluppo, la riproduzione, il sistema immunitario e altri aspetti della salute. La Figura 1 illustra le possibili fonti di interferenti endocrini nell'ambiente.

L'aggiornamento (del 1° dicembre 2023) della pagina web della IARC sulle *Monographs on the identification of carcinogenic hazards to humans* riporta 128 sostanze chimiche nel Gruppo 1, quello che comprende le sostanze sicuramente cancerogene per l'uomo; altre 95 nel gruppo 2A dei probabili cancerogeni per l'uomo, e ulteriori 323 nel gruppo 2B dei probabili cancerogeni per l'uomo. L'acido perfluoroottansolfonico (PFOS) è stato inserito nel Gruppo 2B come possibile cancerogeno per l'uomo.

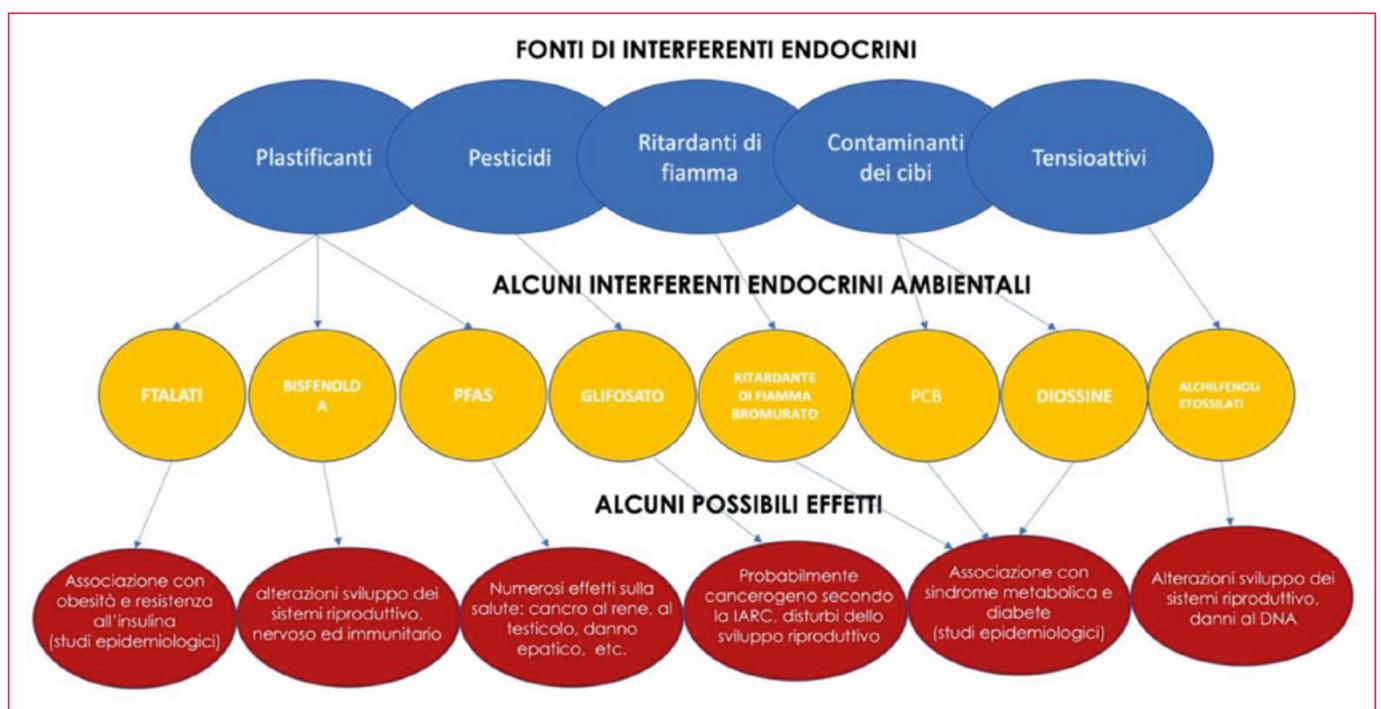
Sostanze chimiche industriali, compresi noti agenti cancerogeni e loro residui, sono state rilevate nel sangue e nei tessuti di tutte le popolazioni, compresi i nati e i bambini e nel latte materno.

La particolare suscettibilità dei bambini ai contaminanti chimici

L'età pediatrica, che comprende tutte le fasi dello svi-

FIGURA 1.

Possibili fonti di interferenti endocrini ambientali e alcuni loro effetti sul metabolismo e sulla salute. PFAS; sostanze per-poli fluoroalchiliche; PCB; policlorobifenili (Dioxin-like e Non dioxin-like) (da: Murgia, 2021, mod.)¹¹.



luppo – fetale, neonatale (0-1 mese), prima infanzia (infanti 1-23 mesi), seconda infanzia (bambini 2-12 anni) e adolescenza (12-18 anni) – si caratterizza per una maggiore suscettibilità ai contaminanti ambientali e spesso presenta un rischio più elevato di danni da contaminazione ambientale rispetto alla popolazione adulta. Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), le ragioni alla base della diversa suscettibilità dei bambini possono essere suddivise in tre categorie principali:

- **Fisiologia di Sviluppo Dinamica:** i bambini presentano una fisiologia di sviluppo dinamica, il che significa che possono essere esposti a livelli più elevati di inquinanti atmosferici, idrici e alimentari. In confronto agli adulti, i bambini hanno bisogno di un maggiore apporto energetico per la crescita e lo sviluppo e ciò comporta una maggiore richiesta di ossigeno, di alimenti e di acqua per unità di

peso corporeo. Pertanto, il loro contatto e il rischio di assorbimento di sostanze tossiche saranno maggiori di 2-3 volte rispetto agli adulti per quanto riguarda i cibi e di 5-7 volte per quanto riguarda l'acqua. Le esposizioni sono gestite dai sistemi immaturi del bambino in modo significativamente diverso rispetto ai sistemi maturi dell'adulto. Inoltre, le funzioni fisiologiche e le strutture anatomiche del bambino maturano, si differenziano e si sviluppano in fasi conosciute come "finestre di sviluppo". Queste "finestre critiche di vulnerabilità" rendono i bambini più suscettibili alle sostanze capaci di alterare la normale funzione e struttura dell'organismo in crescita.

- **Esposizione Differenziata ai Rischi Ambientali:** I bambini sono spesso esposti a rischi ambientali in modi diversi, talvolta specifici per le varie fasi dello sviluppo, rispetto alla popolazione adulta.

Siccome tendono a mettere oggetti in bocca e giocano di più sul pavimento sono più vicini a superfici potenzialmente contaminate. Nel microambiente del pavimento e del terreno sono esposti a un mix complesso di sostanze contaminanti inclusi i pesticidi, che derivano da numerose fonti come l'aria atmosferica, particelle e varie fonti indoor. Alcuni gas tossici sono più pesanti dell'aria e dello strato vicino al pavimento e perciò si depositano al suolo (es. pesticidi aerosolizzati, monossido di carbonio, vapore di mercurio, e radon).

- **Aspettativa di Vita Prolungata:** I bambini hanno un'aspettativa di vita più lunga, consentendo agli effetti di una sostanza tossica con un periodo di latenza prolungato di manifestarsi nel tempo. Inoltre, i bambini hanno più tempo per convivere con un danno tossico, il che potrebbe tradursi in un carico maggiore di malattie e disabilità derivanti da tali esposizioni.

Contaminazione chimica e problemi del neurosviluppo

Nell'arco degli ultimi 12 anni, si è assistito a un notevole e in alcuni aspetti drammatico aumento della prevalenza delle sindromi dello spettro autistico. Secondo dati provenienti dagli Stati Uniti, la prevalenza del disturbo dello spettro autistico nella classe di età di 8 anni è passata da 1 bambino su 150 negli anni 2000-2002 a 1 bambino su 54 nel 2016¹³. Questo fenomeno è così significativo da non poter essere attribuito esclusivamente a una maggiore consapevolezza dei pediatri sul problema e all'incremento delle capacità diagnostiche dei medici¹⁴.

Ricerche condotte presso il Children's Hospital di Los Angeles e l'Università della California hanno individuato evidenze che collegano la residenza in prossimità di un'autostrada a un aumento del rischio di autismo. Le donne con elevata esposizione agli ftalati durante la gravidanza riportano più frequentemente comportamenti disturbati nei loro figli. Cinque sostanze chimiche industriali sono state identificate come attendibili neurotossici dello sviluppo: piombo, metilmercurio, arsenico, PCB e

toluene. Inoltre, 201 sostanze chimiche sono state segnalate come cause di lesioni al sistema nervoso negli adulti, principalmente legate a esposizioni professionali, incidenti, avvelenamenti o tentativi di suicidio. Oltre 1000 sostanze chimiche sono state identificate come neurotossiche negli animali da laboratorio¹⁵.

Ci sono evidenze che i meccanismi epigenetici, per es. la metilazione del DNA, svolgono un ruolo significativo nell'eziologia dei disturbi dello spettro autistico combinando fattori genetici e ambientali che disregolano i processi di sviluppo neurologico¹⁶. Non tutto è chiaro in questo campo. Sarebbe utile un ulteriore approfondimento sulle finestre critiche di vulnerabilità dello sviluppo neurologico e una valutazione dell'adeguatezza dei modelli attuali per la valutazione degli impatti da multiple esposizioni chimiche (rischio cumulativo). Approcci che permetterebbero di migliorare la comprensione del ruolo dei fattori ambientali nell'eziologia del disturbo dello spettro autistico¹⁶.

Il piombo: un neurotossico dello sviluppo

I bambini al di sotto dei cinque anni sono particolarmente vulnerabili all'avvelenamento da piombo, principalmente a causa delle peculiarità specificate più sopra. I livelli ematici di piombo tendono ad aumentare rapidamente tra i 6 e i 12 mesi di età, raggiungendo spesso il picco tra i 18 e i 36 mesi. I bambini assorbono una percentuale più elevata del piombo ingerito rispetto agli adulti, con un tasso di assorbimento gastrointestinale che può arrivare al 53%. Il sistema nervoso dei bambini è ancora in via di sviluppo, la barriera ematoencefalica non è ancora del tutto impermeabile, questo e la suscettibilità descritta in precedenza giustificano la loro particolare vulnerabilità alla neurotossicità del piombo. L'esposizione al piombo può compromettere fenomeni cruciali per il neurosviluppo, come la divisione cellulare, la migrazione, la sinaptogenesi e la potatura delle sinapsi. La neurotossicità del piombo può essere amplificata dalla contemporanea esposizione ad altri neurotossici. Vivere in prossimità di siti industriali e zone contaminate comporta un aumentato rischio di esposizione al piombo. Studi condotti in aree

fortemente inquinate, come Taranto, hanno evidenziato che l'esposizione al piombo e la distanza dalle fonti industriali sono correlate a impatti cognitivi negativi, specialmente nei bambini provenienti da famiglie socialmente svantaggiate. I risultati di questi studi indicano che, in condizioni socioeconomiche svantaggiate, anche basse concentrazioni di piombo nel sangue possono influire negativamente sullo sviluppo neurocognitivo¹⁷. Un ambiente abitativo e familiare sfavorevole può amplificare la tossicità dell'esposizione chimica, con un impatto più pronunciato nelle comunità già vulnerabili. I livelli ematici di piombo sono risultati associati a problemi sociali e comportamento aggressivo, mentre quelli urinari di arsenico a depressione ansiosa, disturbi somatici e problemi di attenzione. Il declinare delle concentrazioni di metalli pesanti con l'aumentare della distanza dal sito industriale conferma l'importanza della fonte di contaminazione industriale. La sinergia tra differenti agenti inquinanti può intensificare gli impatti dell'esposizione, come nel caso di piombo e arsenico¹⁸, evidenziando l'importanza, in ambito tossicologico, di valutare anche la complessità delle miscele tossiche presenti nell'ambiente, anziché limitarsi a fissare limiti di sicurezza per singoli agenti isolati.

L'esposizione prenatale al piombo può determinare impatti negativi sullo sviluppo neurologico del bambino, indipendentemente dai livelli di piombo nel sangue dopo la nascita. Al fine di assicurare la sicurezza dei bambini, è cruciale ridurre in modo significativo la presenza di piombo nell'ambiente, sia per i piccoli già nati che per coloro in attesa di nascere. L'esposizione al piombo, persino a concentrazioni inferiori a 5 µg/dL (50 ppb), emerge come un fattore causale per il declino delle capacità intellettuali, risultati scolastici inferiori, tassi più elevati di disturbi neurocomportamentali come l'iperattività e il deficit di attenzione, nonché una riduzione del peso alla nascita nei neonati. L'*American Academy of Pediatrics* sostiene che esistono prove concrete che la tossicità da piombo costituisce uno dei principali fattori di rischio per lo sviluppo di comportamenti antisociali, tra cui disturbi della condotta, delinquenza e comportamenti criminali. È

tuttavia cruciale riconoscere che tali problematiche sono influenzate anche da vari altri fattori¹².

Esistono evidenze crescenti del legame tra disturbi del neurosviluppo e l'esposizione a varie classi di sostanze chimiche come i ritardanti di fiamma, le sostanze plastificanti e gli interferenti endocrini. Il metilmercurio, noto per la sua neurotossicità, è stato associato allo sviluppo dell'epilessia e a disabilità intellettuale¹⁹.

Il danno generale alla salute dell'uomo e dell'ambiente

Nel report *The Public Health Impact Of Chemicals: Knowns And Unknowns*, l'Organizzazione Mondiale della Sanità stima che il numero complessivo di decessi dovuti all'effetto diretto di sostanze chimiche, note e sconosciute, presenti nell'ambiente, sia di circa 1.900.000 all'anno. Inoltre, l'inquinamento chimico contribuisce alla perdita di 47.235.972 *Disability-Adjusted Life Years* (DALYs), che rappresentano la somma degli anni persi per disabilità (YLD) e degli anni di vita persi per mortalità prematura. Gli agenti cancerogeni professionali sarebbero la causa del 2-8% di tutti i tumori e il 14% dei tumori polmonari sarebbe attribuibile a inquinamento atmosferico ambientale, il 17% all'inquinamento atmosferico domestico, il 2% al fumo passivo e il 7% agli agenti cancerogeni professionali. Un caso particolare è quello del Veneto colpito dal più grande sversamento industriale di PFAS d'Europa, sostanze ritenute pericolosamente tossiche anche dall'*European Environment Agency* (EEA), con contaminazione diffusa nelle falde acquifere sotterranee, nelle acque superficiali e in quelle potabili che ha interessato anche i terreni, le colture (molti vegetali), alcuni prodotti animali, le uova e altri cibi. Il biocumulo delle PFAS raggiunge livelli elevatissimi nelle popolazioni venete residenti nelle aree di contaminazione più elevata. Inoltre, sempre in quell'area, sono stati osservati livelli di mortalità più elevati per alcune cause di morte, possibilmente associati all'esposizione a PFAS, nei comuni contaminati rispetto a quelli non contaminati con status socioeconomico e abitudini al fumo simili²⁰. Anche gli ecosistemi e gli animali che li

abitano risentono, a volte pesantemente, dell'inquinamento chimico con danno acuto e cronico. I danni da contaminazione chimica dell'ambiente non si limitano alle esposizioni acute e ai problemi che si manifestano a breve termine. Gli effetti delle esposizioni croniche a lungo termine e di basso livello possono essere ugualmente deleteri, e purtroppo sono molto meno facili da correlare con le sostanze chimiche che li provocano. Nel valutare il peso dell'inquinamento chimico sull'ambiente non si può non accennare, anche solo brevemente, agli oneri sociali ed economici che esso determina. Un comitato di scienziati ha stimato che i costi sanitari nella EU derivanti dall'esposizione ai soli interferenti endocrini siano in media di 157 miliardi di euro all'anno che corrispondono ad almeno l'1,23% del PIL del continente²¹. La perdita di quoziente intellettivo (QI) da sola contribuirebbe al peso complessivo con 32-184 miliardi di euro. È stato dimostrato, infatti, che quasi tutti i neonati potrebbero perdere alcuni punti di QI a causa dell'esposizione (principalmente) prenatale agli interferenti endocrini. Questa stima interessa solo la perdita indiretta, cioè la perdita di reddito dovuta a un QI inferiore, e quindi non rappresenta le spese effettive sanitarie e sociali come quelle per farmaci e trattamenti²².

Conclusioni

È evidente che per risolvere alla radice questo problema occorre lavorare secondo una logica One Health, riconoscendo che la salute degli esseri umani, degli animali domestici e selvatici, delle piante e dell'ambiente in generale (compresi gli ecosistemi) sono strettamente collegati e interdipendenti. La soluzione va perciò cercata con un approccio integrato e unificante che miri a bilanciare e ottimizzare in modo sostenibile la salute delle persone, degli animali e degli ecosistemi. È fondamentale agire in un'ottica di prevenzione primaria riducendo all'origine il peso ambientale delle sostanze chimiche. Aziende, istituzioni, organizzazioni e individui, ognuno per la propria parte, devono giocare un ruolo chiave con scelte mirate nelle pratiche di produzione, nelle modalità di smaltimento, nelle regolamentazioni e nei comportamenti di consumo. Le

loro azioni devono avere un impatto diretto o indiretto sulla produzione e sulla sostenibilità delle sostanze chimiche. È sempre più evidente che la progettazione e l'adozione di prodotti chimici più sicuri, insieme a processi di produzione sostenibili, sono essenziali per ridurre le emissioni lungo l'intero ciclo di vita dei prodotti chimici e dei manufatti che li contengono, compresi i processi di riutilizzo, riciclaggio e smaltimento. Occorre intervenire molto più velocemente con percorsi di bonifica dei numerosissimi siti contaminati. Infine, se vogliamo preservare la salute delle future generazioni di bambini, noi pediatri dobbiamo diventare protagonisti della richiesta di cambiamento. Possiamo fare molto per orientare comportamenti e scelte più sicure da parte dei genitori e per influire sulle decisioni dei politici e delle istituzioni.

Bibliografia

- 1 CEFIC 2023. Facts and figures of the european chemical industry (<https://cefic.org/a-pillar-of-the-european-economy/facts-and-figures-of-the-european-chemical-industry/profile>).
- 2 Eurostat 2022. Chemicals production and consumption statistics (https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Chemicals_production_and_consumption_statistics#Total_production_of_chemicals).
- 3 Lennquist A. Transitioning the chemical market. Field Actions Science Reports [Online] 2022 (Special Issue);24. Online since 07 October 2022, connection on 09 November 2022 (<http://journals.openedition.org/factsreports/6949>).
- 4 UNEP, Global Chemicals Outlook II: from legacies to innovative solutions, 2019. See also: OECD, Saving Costs in Chemical Management, 2019.
- 5 Eurostat 2023. Agri-environmental indicator – consumption of pesticides ([c.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Agri-environmental_indicator_-_consumption_of_pesticides&stable=1](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Agri-environmental_indicator_-_consumption_of_pesticides&stable=1)).
- 6 PlasticsEurope 2020. Plastics – the facts 2020 an analysis of European plastics production, demand and waste data (https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/09/Plastics_the_facts-WEB-2020_versionJun21_final.pdf).
- 7 Sheldon RA. The E factor 25 years on: the rise of green chemistry and sustainability. Green Chem 2017;19:18-43.
- 8 Commissione EU 2020. Strategia dell'UE sulla biodiversità per il 2030 (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0380>).
- 9 World Health Organization Regional Office for Europe. Fact sheets on sustainable development goals: health targets. Hazardous Chemicals (<https://www.who.int/europe/publications/i/item/WHO-EURO-2017-2372-42127-58020>).
- 10 EEA 2018. European Environment Agency (<https://www.eea.europa.eu/airs/2018/environment-and-health/production-of-hazardous-chemicals>).
- 11 Murgia V. Inquinamento da sostanze chimiche: dimensioni del problema e conseguenze sulla salute umana. Il Cesalpino 2021/54 - Ambiente e salute (<https://www.omceoar.it/archivio-edizioni-pdf>).
- 12 AAP 2016. Council on Environmental Health. Prevention of childhood lead toxicity. Pediatrics 2016;138:E20161493. <https://doi.org/10.1542/peds.2016-1493> Erratum in: Pediatrics 2017;140: Erratum in: Pediatrics 2020 Jun.

- ¹³ Maenner MJ, Shaw KA, Baio J, et al. Prevalence of autism spectrum disorder among children aged 8 years — autism and developmental disabilities monitoring network, 11 sites, United States, 2016. *MMWR Surveill Summ* 2020;69(SS-4):1-12 (<https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/69/ss/pdfs/ss6904a1-H.pdf>).
- ¹⁴ Baio J, Wiggins L, Christensen DL, et al. Prevalence of autism spectrum disorder among children aged 8 years - autism and developmental disabilities monitoring network, 11 sites, United States, 2014. *MMWR Surveill Summ* 2018;67:1-23.
- ¹⁵ Grandjean P, Landrigan PJ. Neurobehavioural effects of developmental toxicity. *Lancet Neurol* 2014;13:330-338.
- ¹⁶ Bölte S, Girdler S, Marschik PB. The contribution of environmental exposure to the etiology of autism spectrum disorder. *Cell Mol Life Sci* 2019;76:1275-1297. <https://doi.org/10.1007/s00018-018-2988-4>
- ¹⁷ Lucchini RG, Guazzetti S, Renzetti S, et al. Neurocognitive impact of metal exposure and social stressors among schoolchildren in Taranto, Italy. *Environ Health* 2019;18:67. <https://doi.org/10.1186/s12940-019-0505-3>
- ¹⁸ Renzetti S, Cagna G, Calza S, et al. The effects of the exposure to neurotoxic elements on Italian schoolchildren behavior. *Sci Rep* 2021;11:9898. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88969-z>
- ¹⁹ WHO 2017. Don't pollute my future! The impact of the environment on children's health. © World Health Organization 2017 (<http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254678/WHO-FWC-IHE-17.01-eng.pdf?sequence=1>).
- ²⁰ Mastrantonio M, Bai E, Uccelli R, et al. Drinking water contamination from perfluoroalkyl substances (PFAS): an ecological mortality study in the Veneto Region, Italy. *Eur J Public Health* 2018;28:180-185.
- ²¹ Trasande L, Zoeller RT, Hass U, et al. Estimating burden and disease costs of exposure to endocrine-disrupting chemicals in the European union. *J Clin Endocrinol Metab* 2015;100:1245-1255. <https://doi.org/10.1210/jc.2014-4324>
- ²² Institute for Risk Assessment Sciences (IRAS), Toxicology Division, University of Utrecht. Health costs that may be associated with endocrine disrupting chemicals, 2016 (https://www.uu.nl/sites/default/files/rijk_et_al_2016_-_report_iras_-_health_cost_associated_with_edcs_3.pdf).