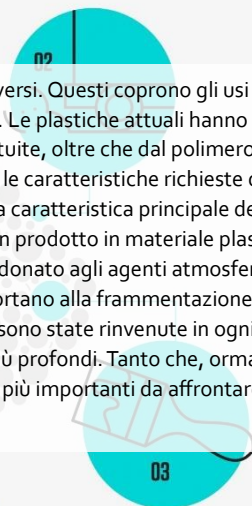


LA SFIDA AMBIENTALE DEL FUTURO:



# L' INQUINAMENTO DA MICROPLASTICA

Con il termine **"plastica"** oggi si intendono migliaia di prodotti di tipi diversi. Questi coprono gli usi più disparati nella vita di tutti i giorni e di tutta la popolazione mondiale. Le plastiche attuali hanno caratteristiche completamente diverse le une dalle altre e sono costituite, oltre che dal polimero principale, da migliaia di molecole diverse addizionate per raggiungere le caratteristiche richieste dal loro utilizzo (plastificanti, coloranti, ammorbidenti, antifiama, etc). La caratteristica principale della plastica è la sua durata nel tempo, che la rende praticamente "eterna": un prodotto in materiale plastico mantiene le sue caratteristiche e proprietà per decenni, anche se abbandonato agli agenti atmosferici. Questi, tuttavia, hanno un effetto abrasivo importante e con il tempo portano alla frammentazione del polimero, producendo le **"microplastiche"** (MPs). Le microplastiche sono state rinvenute in ogni ambiente terrestre, dai poli ai ghiacciai, dai terreni superficiali ai mari più profondi. Tanto che, ormai a livello mondiale, gli scienziati le ritengono uno dei problemi ambientali più importanti da affrontare e cercare di risolvere nei prossimi anni.



<https://orbmedia.org/the-invisibles>

Eco Research è un ente di ricerca che si occupa dei problemi ambientali da decenni e ha deciso di affrontare la sfida della misura della diffusione della microplastica nella provincia di Bolzano.

## La plastica

Il termine **"plastica"** si riferisce comunemente ad una moltitudine di materiali aventi caratteristiche molto diverse tra di loro. Il materiale plastico è un composto organico, costituito principalmente da atomi di carbonio (C) uniti con legami covalenti ad altri atomi, specialmente idrogeno (H) ed ossigeno (O), per formare una catena. Questa catena, più o meno lunga e/o ramificata, costituisce una vera e propria macromolecola chiamata **"polimero"**. I polimeri possono essere puri o miscelati con additivi. Le materie plastiche possono anche essere addizionate con fibre di vario tipo, come carbonio, vetro, legno. In questo caso si parla di materiali compositi in cui la matrice è il polimero. L'aggiunta di altre sostanze è finalizzata a migliorarne le proprietà o ridurne i costi.

***Perché la plastica è così diffusa? Perché è un materiale molto versatile ed economico.***

La plastica oggi è onnipresente ed è difficile immaginare la vita quotidiana senza di essa. La plastica trova utilizzo nei dispositivi medici salvavita, nell'abbigliamento, nei giocattoli, nei trasporti, per gli imballaggi dei prodotti alimentari e nei cosmetici. Per molto tempo la plastica è stata considerata chic, pulita e moderna. Ma questa immagine si sta incrinando sempre di più: molta della plastica utilizzata è il simbolo di uno stile di vita "usa e getta", purtroppo molto diffuso oggi, ma in totale contrasto con un modello di vita sostenibile.

## Un po' di storia

Come si faceva prima dell'avvento della plastica?

Storicamente c'è già stato un periodo dove si utilizzava un materiale che si può paragonare alla plastica di oggi, ma si deve tornare indietro ai tempi degli antichi romani.

Proprio i romani scoprirono che il piombo poteva essere utilizzato per tantissimi scopi. Il piombo fonde a meno di 330 °C e questo permette di lavorarlo facilmente in qualsiasi forma. Un lingotto di piombo in

pochi minuti può essere trasformato in un vaso, in un utensile, in un pezzo di tubatura, in una pentola. Il piombo resiste abbastanza bene alla corrosione e può essere rifuso e trasformato tante volte in forme diverse. Lo stesso vale anche per i polimeri plastici, che tramite lavorazioni come l'estrusione o lo stampaggio, possono essere deformate per ottenere pezzi di varie forme.

Tuttavia, come spesso accade, dove c'è luce c'è anche ombra. I romani hanno subito pesantemente l'effetto della tossicità del piombo sull'uomo, proprietà intrinseca di questo metallo. E come per tanti altri corsi e ricorsi storici, purtroppo, la storia si ripete: anche la plastica, ed in particolar modo frammenti di essa, può essere molto dannosa all'ambiente e all'uomo.

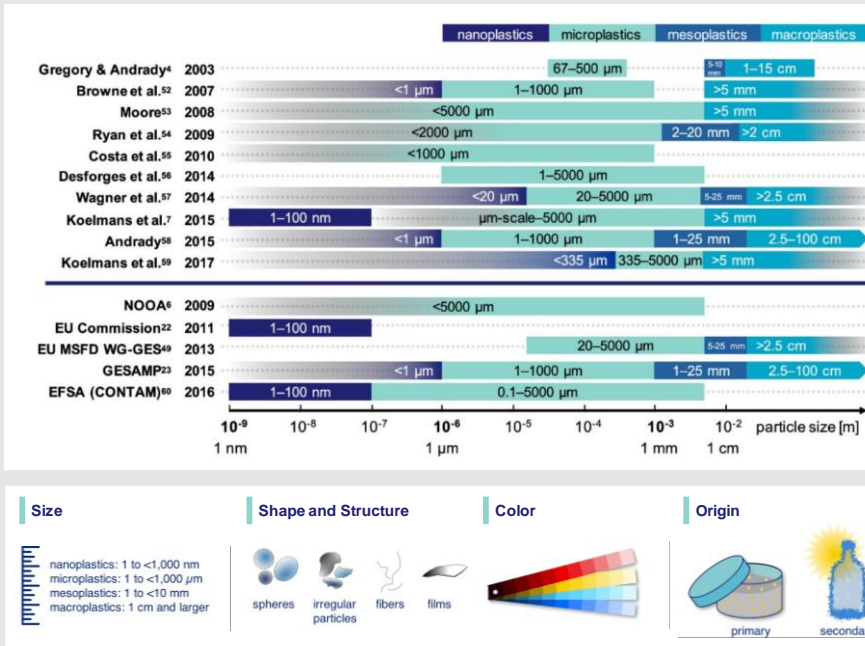
Sebbene la plastica sia stata prodotta industrialmente solo dagli anni '50, nel corso dei decenni il suo utilizzo è aumentato considerevolmente, così come la sua conseguente dispersione nell'ambiente. Ad oggi, questo materiale rappresenta il maggior detrito antropogenico inquinante presente in ambiente, dove se ne stimano quasi 10.000 milioni di tonnellate (Geyer et al., 2017; Li et al., 2018). A farne le spese sono sia l'ambiente terrestre che acquatico. Il problema è particolarmente drammatico nei mari, dove si presume che siano disperse più di **100 milioni di tonnellate di plastica**. A queste, ogni anno si aggiungono circa ulteriori dieci milioni di tonnellate portate dai fiumi. Dato che la degradazione di queste macromolecole può richiedere da decenni a centinaia di anni, la loro persistenza costituisce un serio problema ambientale da non sottovalutare.

## La plastica nell'ambiente

La plastica si presenta sotto moltissime forme e dimensioni: sacchetti, sferule, materiali per imballaggio, rivestimenti da costruzione, recipienti. Col tempo però, si disgregano e possono formare plastica micronizzata, cioè **"microplastica"** (MP), o addirittura nanoparticelle, cioè **"nanoplastica"** (NP). La disgregazione e il deterioramento delle macroplastiche possono essere causati da diversi

## Cosa si intende con i termini “microplastica” e “nanoplastica”?

Sebbene non esista una definizione univoca, convenzionalmente i rifiuti plastici sono stati suddivisi in quattro classi in base alla loro dimensione (macroplastiche, mesoplastica, microplastica e nanoplastica) a cui si aggiungono ulteriori criteri come forma e struttura, colore e origine (Figure riportate da Hartmann et al., 2019).



processi, come la degradazione meccanica, la biodegradazione, la fotodegradazione, la degradazione termossidativa, l'idrolisi. Questi processi, largamente diffusi e difficilmente arginabili, contribuiscono in modo sostanziale alla produzione di microplastiche (MPs). Un esempio? L'usura degli pneumatici a contatto con il manto stradale oppure la perdita di fibre tessili nei lavaggi dei capi di abbigliamento. Uno studio ha rilevato che, al termine del ciclo di una asciugatrice della durata di 15 minuti di tessuti in cotone e poliestere, si possono trovare nel filtro dell'aria fino a mezzo milione di microfibre di plastica (Österlund et al., 2023).

Un'ulteriore forma di inquinamento da MPs proviene dagli **scarichi urbani**. Nonostante questi vengano ormai tutti convogliati ai depuratori, tali impianti di

trattamento delle acque sono in grado di intrappolare esclusivamente le macroplastiche, mentre i frammenti di più piccole dimensioni, come le microplastiche, riescono in parte a bypassare i sistemi di filtrazione o rimanere intrappolati nel fango prodotto dal depuratore.

Si verificano quindi due diversi problemi negli scarichi finali:

- il rilascio delle particelle più piccole, le nanoplastiche, nelle acque depurate che vanno a fiume (frazione che rappresenta una parte minoritaria del totale);
- la presenza di microplastiche intrappolate nei fanghi. Queste rappresentano la frazione

maggiore di particelle non abbattute dagli impianti di depurazione, con potenziali gravi conseguenze sull'utilizzo del fango di depurazione come fertilizzante o ammendante in agricoltura.

## Approccio analitico

In Eco Research è stato sviluppato un metodo d'analisi diretto di plastiche e microplastiche. Attraverso l'accoppiamento di un termodesorbitore e un gascromatografo con spettrometro di massa (**Pyr-GC-MS**) è possibile analizzare anche particelle molto piccole di materiale polimerico. Il termodesorbitore, tramite decomposizione termica, permette un metodo di preparazione del campione senza solventi o reagenti chimici. Un approccio in linea con la "**green chemistry**", cioè un tipo di analisi che limita l'uso di sostanze chimiche sintetiche e potenzialmente pericolose per l'ambiente.

Lo spettrometro di massa, d'altro canto, è probabilmente la tecnica analitica più performante sviluppata fino ad ora. Permette l'identificazione e, entro certi limiti, la quantificazione dei componenti chimici dei materiali in plastica. Bastano pochi milligrammi di materiale per poter correttamente identificare la tipologia di plastica, cioè se si tratta di PVC, polipropilene, plexiglas o nylon. La tecnica infine è performante per valutare la presenza delle MPs in matrici complesse come gli organismi viventi (es: larve, insetti), nelle acque in ingresso ai depuratori o nei fanghi degli stessi.

## L'importanza degli studi ambientali

Le microplastiche (MPs) e le nanoplastiche (NPs) sono riconosciute a livello internazionale come uno dei principali inquinanti emergenti dei nostri giorni, il cui destino ambientale ed effetto sul biota sono ancora poco conosciuti.

Sono distribuite ubiquitariamente negli ecosistemi acquatici: la loro presenza è stata rilevata nell'acqua degli oceani, nel ghiaccio artico ed antartico, fino agli

ambienti più remoti, Everest compreso. Inoltre, studi di ricerca ne hanno evidenziato la presenza in tracce in campioni di carne bovina e suina, nel latte vaccino, nel sangue e nelle feci umane. Nel 2021 un gruppo di ricercatori italiani per la prima volta a livello mondiale ha dato evidenza scientifica di presenza di microplastiche nella placenta umana (Ragusa et al., 2021).

La loro presenza genera crescente preoccupazione per **l'ambiente, gli esseri viventi e la salute pubblica**.

Gli effetti sugli ecosistemi delle coste, in mare aperto e sui fondali sono drammatici. Innumerevoli specie animali e vegetali vengono minacciate dai rifiuti plastici. Gli animali rimangono intrappolati nei rifiuti di plastica o scambiano pezzi di plastica per cibo. Le conseguenze sono ferite, strangolamento e stomaci pieni di plastica, fino a causarne la morte.

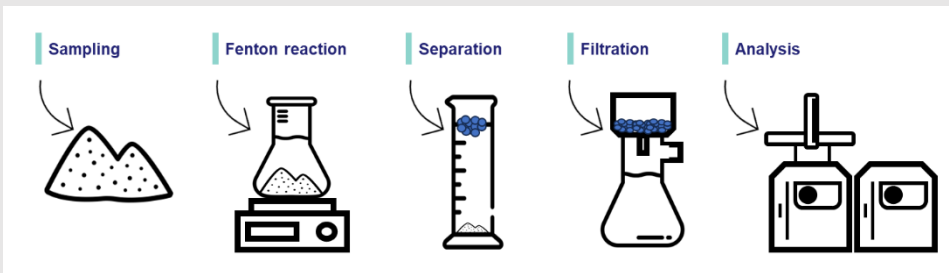
Ma la plastica minaccia anche la salute dell'uomo. Per via delle sue proprietà, la plastica agisce come una spugna per le tossine ambientali, come gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), i policlorobifenili, le diossine, i pesticidi, i solventi industriali (Bakir et al., 2014). Questi inquinanti possono essere rilasciati nuovamente nel tratto gastrointestinale delle diverse specie animali e attraverso la catena alimentare arrivare all'uomo.

Ciò che desta maggiore preoccupazione è l'effetto delle **sostanze ormone-simile**. Rientrano in questa categoria xenobiotici come bisfenolo A, nonilfenolo e ftalati, che vengono utilizzati come plastificanti, cioè additivi per migliorare le proprietà delle plastiche. Avendo effetto ormone-simile, interferiscono con il sistema endocrino dell'uomo e possono portare a sviluppo di tumori, infertilità, pubertà precoce, obesità, allergie e diabete.

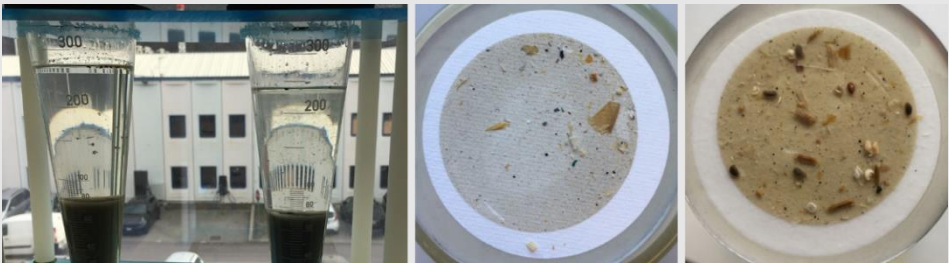
Parlando di inquinamento ambientale è doveroso ricordare il contributo di Rachel Carson, che con il libro "Primavera silenziosa" (**Silent Spring**, 1962) documentava i disastri ambientali causati dal massiccio uso di pesticidi prodotti dall'industria chimica. Il libro suscitò un fortissimo impatto sull'opinione pubblica. Questo ha indotto a considerare anche gli aspetti ambientali del progresso tecnologico/industriale, favorendo una conversione verso alternative a minor impatto ambientale e sulla salute.

## Caso studio: microplastica nei fanghi di depurazione

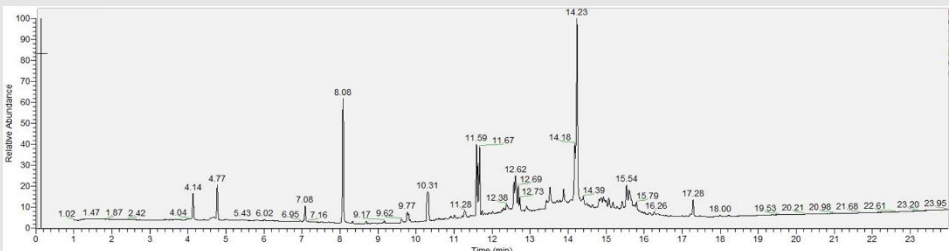
Il campione di fango (2 g) viene trattato con reattivo di Fenton, una miscela contenente acqua ossigenata e sali di ferro che porta allo sviluppo di specie reattive (radicali ossidrilici) in grado di degradare selettivamente i composti organici tranne i polimeri naturali (cellulosa) e artificiali (plastici). In questo modo è possibile isolare le particelle di microplastica presenti nel fango. Queste poi vengono fatte "galleggiare" in soluzione salina ad alta densità e filtrate su filtro a porosità 0.45 µm. Il filtro viene poi analizzato in Pyr-GC-MS. Dai cromatogrammi ottenuti è possibile identificare picchi specifici e procedere al riconoscimento qualitativo dei frammenti di plastica. Tramite confronto con rette di calibrazione preparate per specifici prodotti di degradazione termica dei polimeri, è possibile ricavare anche informazioni quantitative sulla presenza delle diverse tipologie di microplastica.



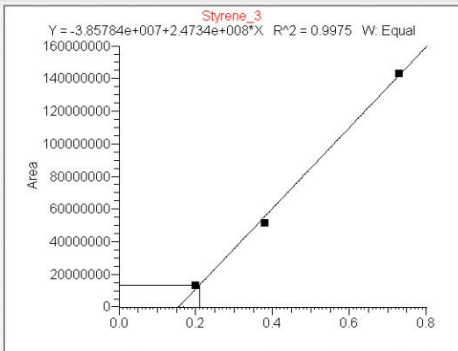
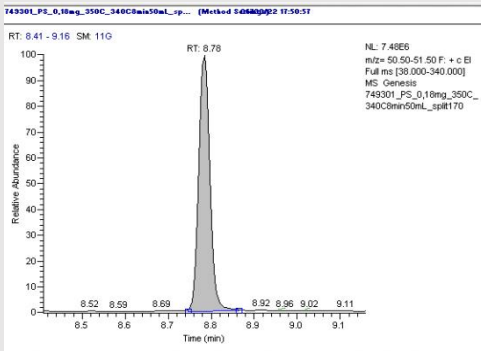
Schema di preparazione ed analisi dei campioni



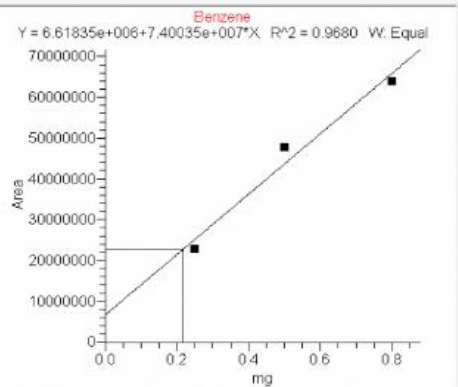
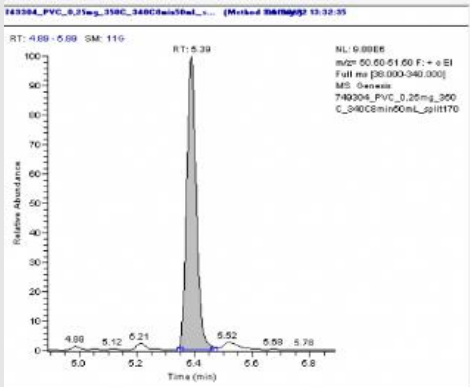
Trattamento dei campioni di fango con soluzione di Fenton e successiva filtrazione.



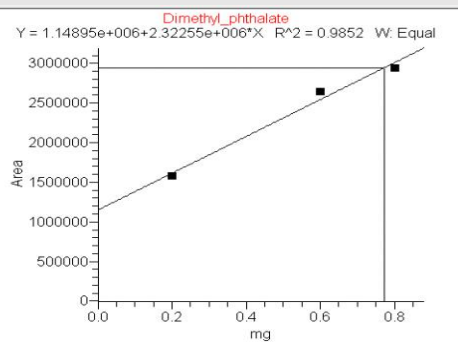
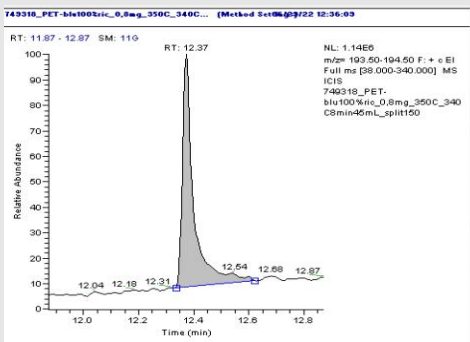
Esempio di cromatogramma ottenuto per un campione di microplastica recuperato dal fango di un depuratore.



Retta di taratura dello styrene, prodotto della degradazione termica del Polistirolo (PS).



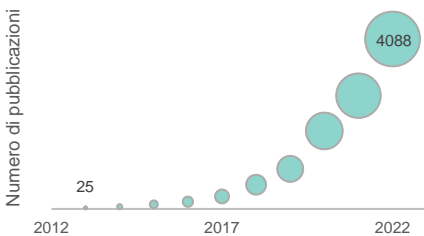
Retta di taratura del benzene, prodotto della degradazione termica del Polivinile cloruro (PVC).



Retta di taratura del dimetilfталato, prodotto della degradazione termica del polietilenteraftalato (PET) 100% da riciclo.

## Ricerca e soluzioni

Una volta evidenziato il problema, è possibile trovare delle soluzioni. Se si guarda al **problema ambientale** che deriva dalla microplastica, si può notare come solo negli ultimi anni questa tematica sia divenuta oggetto di studio. Problematica che potenzialmente porta ad una forte minaccia all'ambiente ed alla salute e che è stata trascurata per decenni. Infatti, prima del 2010 il termine microplastica era pressoché inutilizzato. Guardando alla produzione di letteratura scientifica è evidente come a partire dal 2015 si sia verificato un aumento esponenziale del numero delle pubblicazioni inerenti alle microplastiche, con più di 4000 pubblicazioni nel solo 2022 a fronte di "solo" 25 nel 2013 (fonte: Scopus).



Per tutto quanto esposto è necessario un cambio paradigmatico. Bisogna trovare delle alternative meno pericolose, limitando e dove è possibile eliminando l'uso della plastica. Allo stesso tempo, è necessario affrontare il pericolo di plastica e microplastica già presenti nell'ambiente. Per questo bisogna innanzitutto iniziare a quantificarne la presenza.

Anche a livello legislativo, solo negli ultimi anni si è iniziato a considerare l'inquinamento dovuto alla microplastica. Ancora nel 2006, il Regolamento (CE) n. 1907/2006 del Parlamento Europeo e del Consiglio, concernente la registrazione, la valutazione, l'autorizzazione e la restrizione delle sostanze chimiche (REACH), che istituisce un'agenzia europea per le sostanze chimiche (ECHA), prevede delle esenzioni per farmaci, rifiuti e polimeri.

Solo nel 2019 ECHA ha proposto un'ampia restrizione delle microplastiche nei prodotti immessi sul mercato per evitarne o ridurre il rilascio nell'ambiente (<https://echa.europa.eu/it/hot-topics/microplastics>).

Tutto ciò evidenzia la complessità della problematica, che necessita di essere studiata a fondo, per trovare soluzioni adeguate. La base di partenza è legata alla necessità di quantificare l'estensione della diffusione della microplastica in ambiente, impegno che Eco Research ha intenzione di assumere a livello locale attraverso progetti di ricerca in collaborazione con i principali stakeholders del territorio, mettendo a servizio il proprio know-how tecnico e scientifico.

**"If you can't measure it,  
you can't manage it"**

*P. Drucker*

Senza dati, senza ricerca, non si possono affrontare i problemi e cercare le soluzioni.

### Bibliografia

Bakir et al., 2014. Enhanced desorption of persistent organic pollutants from microplastics under simulated physiological conditions. *Environmental Pollution*, 185, 16–23. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.10.007>

Carson, R., 1692. *Silent spring*. In *Thinking about the environment*. Routledge.

Geyer et al., 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>

Hartmann et al., 2019. Are We Speaking the Same Language? Recommendations for a Definition and Categorization Framework for Plastic Debris. *Environmental Science and Technology*, 53(3), 1039–1047. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b05297>

Li et al., 2018. Microplastics in freshwater systems: A review on occurrence, environmental effects, and methods for microplastics detection. *Water Research*, 137, 362–374. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.12.056>

Österlund et al., 2023. Microplastics in urban catchments: Review of sources, pathways, and entry into stormwater. In *Science of the Total Environment* (Vol. 858). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159781>

Ragusa et al., 2021. Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. In *Environmental International* (Vol. 146). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106274>