

*A cura di Giacomo Toffol e Vincenza Briscioli*  
*Gruppo ACP Pediatri per Un Mondo Possibile*

Maggiore sarà l'impatto della tecnologia sulle nostre vite, maggiore sarà il nostro bisogno di natura. Questo è quanto emerge anche da questa revisione bimestrale. Vengono riassunti articoli che evidenziano l'importanza delle bonifiche per la salute delle popolazioni che vivono vicino a siti inquinati, altri che sottolineano la vulnerabilità della popolazione infantile ai metalli pesanti presenti nella polvere delle strade o ai pesticidi per le donne in gravidanza e per la futura prole. Altri articoli ancora sottolineano l'importanza dell'educazione ambientale come promozione della consapevolezza nelle giovani menti e dimostrano come le attività in natura possano aiutare lo sviluppo cognitivo oltre che la salute fisica e mentale dei bambini. Si evidenzia infine come molto lavoro debba essere ancora fatto per formare gli operatori sanitari sulle azioni di mitigazione ed adattamento agli impatti del cambiamento climatico che stiamo vivendo. Parte di questo lavoro spetta anche a noi pediatri, e questo è uno dei compiti di questa rubrica. Come nei numeri precedenti vengono qui riassunti sinteticamente i principali articoli pubblicati nelle riviste monitorate. Tutti gli articoli e gli editoriali ritenuti degni di attenzione vengono elencati divisi per argomento, con un sintetico commento. Questo numero si basa sul controllo sistematico delle pubblicazioni di Maggio e Giugno 2022.

### Environment and health

The greatest will the impact of technology on our life be, the greatest will our need for nature be. This is what emerges from this bimonthly review. Some articles put in evidence the importance of soil remediations for the health of people living near polluted sites. Others articles underline children's vulnerability to the heavy metals present in street dust or the risks of pesticides for pregnant women and future offspring. Other articles emphasize the importance of environmental education to increase awareness both in children and teenagers and how activities in natural environments can help cognitive development as well as physical and mental health. Finally, it is highlighted how much work still needs to do be done to train health workers on mitigation and adaptation actions to the impacts of climate change we are experiencing. A part of this work is also up to us pediatricians, and this is one of the tasks of this review. This issue summarizes the main articles published in the monitored journals. All articles and editorials deemed worthy of attention are listed divided by topic, with a concise comment. This number is based on the systematic review of the May and June 2022 publications.



# Ambiente e Salute News

## Indice

### :: Cambiamento climatico

1. Gestire gli impatti sulla salute degli eventi climatici estremi (vedi approfondimento)

### :: Inquinamento atmosferico

1. Esposizione all'inquinamento atmosferico pre e postnatale, problemi comportamentali infantili e prestazioni cognitive
2. L'esposizione all'inquinamento atmosferico è associata ad anomalie congenite nei nati da fecondazione in vitro
3. Effetti citogenetici nei bambini esposti agli inquinanti atmosferici: una revisione sistematica e una meta-analisi
4. Effetti degli addotti del benzo[a]pirene-DNA e dell'assunzione di vitamine, folati e carotene sulla nascita pretermine: uno studio caso-controllo cinese
5. Probiotici, prebiotici e simbiotici per prevenire o combattere le conseguenze dell'inquinamento atmosferico. L'asse intestino-polmone
6. ► L'utilizzo di filtri dell'aria ad alta efficienza (HEPA) durante la gravidanza può migliorare le prestazioni cognitive dei bambini

### :: Inquinamento da sostanze chimiche non atmosferiche

1. La bonifica e la riqualificazione dei siti contaminati hanno effetti positivi sulla salute. Una revisione sistematica
2. ► Rischi ecologici e per la salute umana legati ai metalli pesanti presenti nella polvere di strada in Spagna
3. Esposizione al piombo da acque potabili negli asili nido: una riduzione è possibile
4. Esposizione prenatale a una miscela di organocloruri e metalli e sintomi interiorizzanti nell'infanzia e nell'adolescenza
5. Per molti PFAS mancano ancora studi di tossicità sugli animali e sull'uomo
6. L'esposizione materna a PFAS riduce la capacità di allattamento
7. Studio prospettico di coorte su esposizione materna ai pesticidi in gravidanza e rischio di respiro sibilante durante l'infanzia
8. Esposizione prenatale e post natale ai pesticidi e abilità cognitive nei bambini in età scolare nella zona rurale in Colombia
9. Concentrazioni urinarie di neonicotinoidi e sviluppo puberale negli adolescenti cinesi: uno studio trasversale
10. Microplastiche nel sangue: scoperta e quantizzazione

### :: Rumore

1. Associazione tra rumore da traffico e problemi di comportamento negli adolescenti. Uno studio di coorte svizzero

### :: Ambienti naturali

1. ► Crescere green: una revisione sistematica dell'influenza degli spazi verdi sullo sviluppo e la salute dei giovani (vedi approfondimento)
2. ► Revisione sistematica su educazione nella prima infanzia in ambienti naturali e sviluppo sociale, emotivo e cognitivo nei bambini
3. Verde residenziale, asma e funzionalità polmonare tra i bambini ad alto rischio di sensibilizzazione allergica: uno studio prospettico di coorte
4. Esposizione al verde e stress ossidativo nei bambini
5. Esposizione a diversi tipi di spazi verdi e a superfici pavimentate e sviluppo infantile. Uno studio di coorte

### :: Psicologia ambientale

1. ► Promuovere le scelte alimentari a base vegetale: risultati di un esperimento sul campo con oltre 150.000 decisioni dei consumatori
2. Indagine di popolazione sulla accettabilità delle politiche che favoriscono la riduzione del consumo di carne rossa
3. Quattro Europe: le credenze e gli atteggiamenti sul cambiamento climatico predicono il comportamento e le preferenze politiche in un'analisi di classe latente su 23 paesi (vedi approfondimento)
4. L'educazione ambientale basata sulla narrativa migliora la consapevolezza ambientale e gli atteggiamenti ambientali nei bambini di età compresa tra 6 e 8 anni

### :: Miscellanea

1. Inquinamento e salute: un aggiornamento sui progressi (vedi approfondimento)
2. Nesso tra crescita economica, consumi energetici e degrado ambientale in paesi eterogenei: l'educazione è importante?

### :: Approfondimenti

- Gestire gli impatti sulla salute degli eventi climatici estremi
- Crescere green: una revisione sistematica dell'influenza degli spazi verdi sullo sviluppo e la salute dei giovani
- Quattro Europe: le credenze e gli atteggiamenti sul cambiamento climatico predicono il comportamento e le preferenze politiche utilizzando un'analisi di classe latente su 23 paesi
- Inquinamento e salute: un aggiornamento sui progressi

### ► Articoli in evidenza

#### Riviste monitorate

- .. American Journal of Public Health
- .. American Journal of Respiratory and Critical Care medicine
- .. American Journal of Epidemiology
- .. Archives of Diseases in Childhood
- .. Brain & Development
- .. British Medical Journal
- .. Child: Care, Health and Development
- .. Environmental and Health
- .. Environmental Health Perspectives
- .. Environmental International
- .. Environmental Pollution
- .. Environmental Research
- .. Environmental Sciences Europe
- .. European Journal of Epidemiology
- .. International Journal of Environmental Research and Public Health
- .. International Journal of Epidemiology
- .. JAMA (Journal of American Medical Association)
- .. JAMA Pediatrics
- .. Journal of Environmental Psychology
- .. Journal of Epidemiology and Community Health
- .. Journal of Pediatrics
- .. The Lancet
- .. NeuroToxicology
- .. Neurotoxicology and Teratology
- .. New England Journal of Medicine
- .. Pediatrics

#### Revisione delle riviste e testi a cura di:

Angela Biolchini, Vincenza Briscioli, Laura Brusadin, Sabrina Bulgarelli, Elena Caneva, Ilaria Mariotti, Federico Marolla, Aurelio Nova, Angela Pasinato, Giuseppe Primavera, Laura Reali, Annamaria Sapuppo, Laura Todesco, Mara Tommasi, Giacomo Toffol, Elena Uga, Anna Valori, Luisella Zanino.

#### Pediatri per Un Mondo Possibile

Gruppo di studio sulle patologie correlate all'inquinamento ambientale dell'Associazione Culturale Pediatri (ACP)  
mail: [pump@acp.it](mailto:pump@acp.it)

### Cosa aggiungono questi studi: indicazioni pratiche

- Sono necessarie azioni preventive e adattive che aiutano a ridurre la gravità degli impatti del cambiamento climatico quali: 1) preparazione dei servizi di emergenza locali, al fine di reagire in tempo reale per ridurre gli impatti sulla salute e sulla salute mentale, questi servizi sanitari pubblici di prima linea dovrebbero essere integrati con il coinvolgimento delle associazioni locali e dei social network; 2) gestione sistematica dei dati e sorveglianza integrata, 3) cooperazione internazionale, garanzia della sicurezza idrica e alimentare, 4) l'aumento dei finanziamenti per la ricerca in materia di clima e salute; 5) formazione del personale medico e sanitario, di fondamentale importanza è includere il tema "clima e salute" come parte del curriculum professionale di base e della pratica nella formazione di medici, infermieri e professioni sanitarie; 6) rafforzare la consapevolezza pubblica sui comportamenti raccomandati durante gli eventi estremi, coinvolgendo i media e gli operatori sanitari.
- Per promuovere azioni di adattamento e mitigazione nell'ambito dei fenomeni correlati al cambiamento climatico è necessaria una comunicazione efficace, che deve necessariamente tener conto della diversa percezione del rischio presente nella popolazione e del ruolo del processo decisionale.
- La bonifica dei suoli contaminati è utile: è dimostrato che rimuovere e sostituire i suoli contaminati e piantare vegetazione riduce l'esposizione diretta e indiretta all'inquinamento nelle popolazioni locali.
- Utilizzare filtri d'aria ad alta efficienza (HEPA) durante la gravidanza può migliorare le prestazioni cognitive dei bambini.
- Promuovere attività all'aperto ed in natura è una strategia vincente per lo sviluppo cognitivo, comportamentale e la salute mentale dei bambini, oltre che per la salute fisica.
- L'educazione ambientale migliora le conoscenze, gli atteggiamenti, le intenzioni ed il comportamento ambientale degli studenti a cui viene proposta. È necessario sperimentare nuovi approcci quali ad esempio l'educazione ambientale narrativa, finalizzata a stimolare l'emozioni dei bambini nei confronti della natura.
- Alcune volte nella scelta del piatto vegetariano conta anche come venga denominato, sottili strategie per promuovere cambi di abitudini alimentari.

## Cambiamento climatico

### 1. Gestire gli impatti sulla salute degli eventi climatici estremi (vedi approfondimento)

Questo articolo fornisce una panoramica e un riepilogo di alcuni degli impatti sulla salute degli eventi climatici estremi e suggerisce alcune misure per aumentare la preparazione del settore sanitario a fronteggiare gli eventi estremi associati a un clima che cambia.

° W. L. Filho et al: *Handling the health impacts of extreme climate events*. *Environ Sci Eur* 34, 45 (2022)

## Inquinamento atmosferico

### 1. Esposizione all'inquinamento atmosferico pre e postnatale, problemi comportamentali infantili e prestazioni cognitive

Studi di popolazione hanno evidenziato l'esistenza di associazioni avverse tra esposizione all'inquinamento atmosferico e funzionamento comportamentale e prestazioni cognitive del bambino, ma pochi studi hanno utilizzato valutazioni spaziotemporali degli inquinanti. Gli autori hanno studiato queste associazioni utilizzando valutazioni dell'esposizione più sofisticate in 1.967 diadi madre-figlio di 3 coorti di gravidanza statunitensi in 6 città del consorzio ECHO-PATHWAYS. Le esposizioni sono state derivate da un modello spaziotemporale avanzato per il biossido di azoto pre e postnatale (NO<sub>2</sub>) ed il particolato (PM) ≤ 2.5µm. Il comportamento del bambino è stato riportato come punteggio grezzo dei problemi totali utilizzando la Child Behavior Checklist (questionario di valutazione del comportamento) per l'età 4-6 anni. La cognizione infantile è stata valutata utilizzando scale di prestazioni cognitive specifiche della coorte e quantificata in quoziente di intelligenza (QI). Gli autori hanno adattato i modelli di regressione lineare multivariata per fattori socio-demografici, comportamentali e psicologici stimando così le associazioni per aumento di 2 unità di inquinante in ogni finestra di esposizione ed esaminato anche le modifiche in base al genere. Il range medio di NO<sub>2</sub> e PM<sub>2,5</sub> variava da 8.4 a 9.0 ppb e da 8.4 a 9.1µg/mc rispettivamente, nelle finestre pre e postnatali. Il punteggio medio dei problemi totali del bambino e il QI erano rispettivamente 22.7 [deviazione standard (SD): 18.5] e 102.6 (SD: 15.3). I bambini con esposizioni prenatali più elevate di NO<sub>2</sub> (in particolare per il I ed il II trimestre) avevano probabilità di avere più problemi comportamentali [β: 1.24; intervallo di confidenza al 95%: 0.39, 2.08; per 2ppb NO<sub>2</sub>]. All'età di 2-3 anni ogni aumento di 2µg di PM<sub>2,5</sub> era associato a un punteggio di 3.59 unità (IC 95%: 0.35, 6.84) più alto di problemi totali per quanto riguarda il comportamento e un punteggio inferiore di 2.63 punti di QI (IC 95%: -5.08 - 5.08, -0.17-0.17). Le associazioni tra PM<sub>2,5</sub> e il punteggio correlato ai problemi comportamentali erano generalmente più forti nelle ragazze. Gli autori evidenziano come la loro ricerca estenda i risultati di precedenti studi, che avevano sollevato preoccupazioni sul funzionamento comportamentale alterato e sulle prestazioni cognitive nei bambini esposti al NO<sub>2</sub> e PM<sub>2,5</sub> in utero e nei primi anni di vita.

° Yu Ni et al: 2022 *Associations of Pre- and Postnatal Air Pollution Exposures with Child Behavioral Problems and Cognitive Performance: A U.S. Multi-Cohort Study* *Environmental Health Perspectives* 130:6 CID: 067008

### 2. L'esposizione all'inquinamento atmosferico è associata ad anomalie congenite nei nati da fecondazione in vitro

L'esposizione all'inquinamento atmosferico è associata ad anomalie congenite (CA) nella popolazione nata dalla fecondazione in vitro, che di per sé comporta un rischio aumentato di anomalie congenite rispetto al concepimento naturale. Le associazioni tra inquinamento atmosferico e CA non sono completamente caratterizzate nei feti nati dalla fecondazione in vitro (IVF) che sono ad alto rischio di anomalie congenite. Questo studio trasversale includeva 16.971 cicli di fecondazione in vitro in tre espe-



dali nella provincia di Hebei, in Cina, nel periodo 2014-2019. I dati sulla qualità dell'aria sono stati ottenuti da 149 stazioni di monitoraggio dell'aria valutando le concentrazioni giornaliere medie di  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$ ,  $CO$  e  $O_3$ . Le finestre di esposizione sono state suddivise in 5: periodo del follicolo preantrale, periodo del follicolo antrale, periodo germinale, periodo embrionale e periodo fetale iniziale. Le equazioni di stima logistica generalizzata sono state utilizzate per stimare le associazioni tra inquinanti atmosferici e anomalie congenite generali o specifiche dell'organo. Livelli crescenti di  $PM_{2.5}$  e  $PM_{10}$  erano associati a un rischio più elevato di anomalie congenite complessive durante il periodo fetale iniziale, a 10-12 settimane di gestazione (OR: 1.05, IC 95%: 1.02- 1.09,  $p = 0.013$  per 10  $\mu g /m^3$  aumento di  $PM_{2.5}$ ; OR: 1.03, IC 95%: 1.01-1.06,  $p = 0.021$  per un aumento di 10  $\mu g /m^3$  di  $PM_{10}$ ). Labbro leporino e palatoschisi erano associati a  $PM_{10}$  nel periodo germinale e nel primo periodo fetale. Le anomalie congenite di occhio, orecchio, viso e collo erano correlati alla  $CO$  nella fase del follicolo preantrale. Non sono state trovate associazioni tra anomalie cromosomiche ed esposizione all'inquinamento atmosferico. Gli autori concludono che l'inquinamento dell'aria è un fattore di rischio per anomalie congenite nei feti concepiti attraverso la fecondazione in vitro, in particolare all'inizio del periodo fetale.

° LI, Lipeng, et al. Exposure to air pollution is associated with congenital anomalies in the population born by in vitro fertilization. *Environmental Research*, 2022, 207: 112161

### 3. Effetti citogenetici nei bambini esposti agli inquinanti atmosferici: una revisione sistematica e una meta-analisi

Lo scopo di questa revisione sistematica e meta-analisi è stato quello di valutare l'associazione tra l'esposizione agli inquinanti atmosferici ambientali e la frequenza dei micronuclei (MN) nei bambini. MN è uno dei biomarcatori più comunemente usati negli studi che valutano i rischi ambientali o professionali associati all'esposizione a potenziali genotossine. Sono stati ricercati gli articoli pubblicati prima di novembre 2021 su PubMed/MEDLINE, Scopus e Web of Science. Al termine del processo di selezione, 13 studi hanno soddisfatto i criteri di inclusione. Sei studi hanno effettuato una valutazione diretta attraverso l'uso di campionatori d'aria, mentre gli altri hanno avuto accesso a banche dati ambientali ( $n = 2$ ) o hanno utilizzato altri strumenti ( $n = 3$ ). In due casi, l'esposizione non è stata studiata direttamente, con bambini campionati in due diverse aree con diversi livelli di inquinamento ben noti. La dimensione complessiva dell'effetto (ES) è stata di 1.57 [(IC 95% = 1.39; 1.78), il valore  $p < 0.00001$ ] (totale dei soggetti valutati: 4.162), e ha evidenziato un'associazione statisticamente significativa tra inquinamento atmosferico esterno e frequenza MN nei bambini. I risultati confermano la sensibilità sia del test L-CBMN che B-MN nel rilevare effetti citogenetici indotti da inquinanti atmosferici. In particolare, il test B-MN è un test semplice, economico e non invasivo che potrebbe essere facilmente utilizzato per monitorare gli effetti biologici dell'inquinamento atmosferico nei bambini. In conclusione, poiché un'alta frequenza di MN è stata associata a una serie di stati patologici e a un rischio più elevato di sviluppare malattie cronico-degenerative, gli autori sottolineano come questi risultati dovrebbero essere presi in considerazione dai responsabili politici per progettare e attuare interventi volti a ridurre gli inquinanti

nell'atmosfera e a ridurre al minimo l'esposizione, in particolare nei bambini.

° Acito M, Fatigoni C, Villarini M, Moretti M. Cytogenetic Effects in Children Exposed to Air Pollutants: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022; 19(11):6736

### 4. Effetti degli addotti del benzo[a]pirene-DNA e dell'assunzione di vitamine, folati e carotene sulla nascita pretermine: uno studio caso-controllo cinese

Il parto pretermine è la principale causa di morbilità e mortalità neonatale in tutto il mondo ed è associato a morbilità in età pediatrica e malattie croniche negli adulti. La prematurità ha un'eziologia multifattoriale con fattori di rischio ancora poco chiari. Recenti studi epidemiologici hanno evidenziato come l'esposizione prenatale agli idrocarburi aromatici policiclici (IPA) possa essere associata ad outcomes perinatali avversi tra cui la prematurità, il basso peso alla nascita, il ritardo di crescita intrauterino e a problematiche del neurosviluppo. Il Benzo[a]pirene (BaP), usato come marcatore dell'esposizione a IPA, è stato identificato come mutageno umano, cancerogeno, e interferente endocrino, può attraversare la placenta e legarsi al DNA fetale causando addotti già dall'inizio della gestazione, con effetti potenzialmente genotossici. Questo studio caso-controllo è stato condotto a Taiyuan in Cina su una coorte di 165 nati, di cui 83 nati pretermine e 82 a termine. Gli addotti benzo-pirene (BaP)-DNA sono stati misurati e messi in relazione con l'assunzione di nutrienti nella dieta. È stato osservato un aumento del rischio di parto pretermine in relazione all'aumento dei livelli di addotti BaP-DNA materni (OR=1.27, 95%CI 0.95-1.67 per aumento di un interquartile). Livelli sopra la media di addotti sono stati associati al rischio di prematurità superiore rispetto ai valori sotto la media (OR=2.05, IC 95%1.05-4.01). Stratificando poi il rischio in base all'assunzione di nutrienti antiossidanti è emerso come alti livelli di addotti siano associati ad aumenti di circa due-quattro volte del rischio di parto pretermine tra le donne con scarsa assunzione di vitamina A, C, E, folati e carotene durante il pre e/o il post-concepimento. Associazioni più forti sono state costantemente osservate per quello che riguarda le integrazioni di nutrienti durante il pre-concepimento. Dallo studio presentato emerge dunque come livelli elevati di esposizione materna agli IPA correlino con un aumento del rischio di parto pretermine e come l'assunzione di vitamine antiossidanti, carotene e folati nella dieta possa modificare questa associazione. Nasce dunque la necessità di definire adeguati livelli di supplementazione di micronutrienti e vitamine specialmente nella fase pre-concepimento e nelle prime fasi della gravidanza allo scopo non solo di ridurre il rischio genotossico e mutageno dell'esposizione a inquinanti ambientali come gli IPA, ma anche al fine di migliorare gli esiti perinatali della popolazione mondiale.

° ZHAO, Nan, et al. Effects of Benzo [a] pyrene-DNA adducts, dietary vitamins, folate, and carotene intakes on preterm birth: a nested case-control study from the birth cohort in China. *Environmental Health*, 2022, 21.1: 1-10

## 5. Probiotici, prebiotici e simbiotici per prevenire o combattere le conseguenze dell'inquinamento atmosferico. L'asse intestino-polmone

L'esposizione all'inquinamento atmosferico è un'emergenza di salute pubblica, con una stima globale di sette milioni di decessi su base annua. Gli inquinanti atmosferici possono entrare nel corpo attraverso i polmoni e l'intestino e questa esposizione può essere collegata a malattie gastrointestinali e respiratorie. Esiste un passaggio di comunicazione tra il tratto respiratorio e quello gastrointestinale, comunemente indicato come asse intestino-polmone e attraverso secrezioni microbiche, metaboliti, mediatori immunitari, questi due sistemi possono influenzarsi a vicenda. Questa recensione riassume i dati attuali su come l'inquinamento atmosferico può influenzare l'asse intestino-polmone e potrebbe avere un impatto sulla salute dell'intestino e dei polmoni e analizza il potenziale ruolo di probiotici, prebiotici e sinbiotici sull'asse intestino-polmone e sulla salute dell'intestino e dei polmoni. Probiotici e prebiotici, chiamati insieme sinbiotici potrebbero combattere l'infiammazione sistemica indotta dall'inquinamento atmosferico e lo stress ossidativo ottimizzando la composizione del microbiota e i metaboliti microbici, stimolando così le vie antinfiammatorie e rafforzando le barriere mucose ed epiteliali. L'impatto dell'esposizione all'inquinamento varia a seconda del tipo di inquinanti atmosferici e della loro origine (traffico, industria), dell'età dei soggetti esposti, dello stato di salute dei soggetti. Esiste una grande eterogeneità nelle fonti relative a città, ambienti e popolazioni analizzate. Per questo ci sono al momento informazioni solo limitate sugli effetti degli interventi biotici. Questa recensione suggerisce un possibile ruolo benefico su sintomi gastrointestinali e respiratori e sui parametri dell'asse intestino polmoni (esposti all'inquinamento atmosferico) dei probiotici *Bifidobacteria* e *Lactobacilli* e oligosaccaridi come parte prebiotica, seguita dalla miscela simbiotica dei due insieme

° KEULERS, Loret, et al. Probiotics, prebiotics, and synbiotics to prevent or combat air pollution consequences: The gut-lung axis. *Environmental Pollution*, 2022, 119066

## 6. ► L'utilizzo di filtri dell'aria ad alta efficienza (HEPA) durante la gravidanza può migliorare le prestazioni cognitive dei bambini

Numerosi studi osservazionali hanno evidenziato come l'esposizione all'inquinamento atmosferico durante la gravidanza si associa a una diminuzione delle capacità cognitive dei bambini, ma nessuno studio randomizzato controllato ha esaminato l'effetto della riduzione dell'inquinamento atmosferico su questo esito. Gli autori di questo studio hanno cercato di quantificare se la riduzione dell'esposizione al particolato indoor prodotta dall'utilizzo di filtri dell'aria ad alta efficienza (HEPA) durante la gravidanza poteva influenzare le prestazioni cognitive dei bambini a 4 anni di età. Si è trattato di uno studio randomizzato controllato in singolo cieco, a gruppi paralleli effettuato a Ulan Bator in Mongolia, su 540 donne in gravidanza non fumatrici. A 268 di esse (gruppo intervento) sono stati consegnati dei filtri per l'aria HEPA, mentre ad un analogo gruppo di controllo non è stato consegnato alcun filtro. I filtri sono stati utilizzati dal gruppo intervento mediamente dall'undicesima settimana di gravidanza fino alla fine. All'età di 4 anni i figli di queste madri sono

stati esaminati con la Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence, Fourth Edition (WPPSI-IV) per valutare il quoziente di intelligenza su vasta scala (FSIQ). Sono stati inclusi nelle analisi 475 bambini (233 di controllo e 242 di intervento). Dopo l'aggiustamento per tenere conto di uno squilibrio nella nascita pretermine tra i gruppi l'FSIQ medio dei bambini assegnati in modo casuale al gruppo di intervento era di 2.8 punti (IC 95%: -0.1, 5.7) superiore a quello dei bambini nel gruppo di controllo. Secondo i risultati di questo studio preliminare quindi la riduzione dell'inquinamento atmosferico da PM durante la gravidanza può migliorare le prestazioni cognitive durante l'infanzia.

° ULZIIKHUU, Battsetseg, et al. Portable HEPA filter air cleaner use during pregnancy and children's cognitive performance at four years of age: the UGAAR randomized controlled trial. *Environmental Health Perspectives*, 2022, 130.6: 067006

## Inquinamento da sostanze chimiche non atmosferiche

### 1. La bonifica e la riqualificazione dei siti contaminati hanno effetti positivi sulla salute. Una revisione sistematica

L'Agenzia europea dell'ambiente (AEA) ha stimato che nel 2018 vi erano 2.8 milioni di siti potenzialmente contaminati in tutta l'UE-28 e che solo circa 650.000 di questi erano stati formalmente registrati. A causa dei vasti rischi per la salute rappresentati dai siti contaminati, l'Ufficio Regionale per l'Europa dell'Organizzazione mondiale della sanità (OMS) ha iniziato a lavorare per valutarne i rischi per la salute. L'obiettivo di questa revisione sistematica è quello di fornire una solida valutazione delle prove dell'efficacia della bonifica e della riqualificazione dei siti contaminati nel ridurre i rischi ambientali e sanitari. Sono stati identificati ed esaminati 16 articoli relativi agli effetti della bonifica di siti inquinati sulla salute degli abitanti. La maggior parte degli studi sono stati effettuati negli Stati Uniti d'America. I restanti studi provengono da Australia, Canada, Nigeria, Cile, Italia e Finlandia. La maggior parte degli studi (n = 12) ha riportato la bonifica di siti contaminati da piombo, studiando prevalentemente i bambini. Gli studi hanno riportato significative riduzioni nelle concentrazioni di piombo nel sangue nei bambini, a seguito della bonifica del suolo. Questa revisione sistematica ha trovato quindi prove coerenti che la bonifica dei suoli contaminati attraverso la rimozione e la sostituzione del suolo e la piantagione di vegetazione è efficace nel ridurre l'esposizione diretta e indiretta all'inquinamento nelle popolazioni locali, riducendo ad esempio le concentrazioni di piombo e cromo nel sangue e nelle urine nei bambini. Ci sono inoltre prove più limitate (da uno studio), che la bonifica dei terreni può migliorare le prestazioni cognitive nei bambini che vivono vicino alle discariche.

° SINNETT, Danielle, et al. Systematic Review of the Health and Equity Impacts of Remediation and Redevelopment of Contaminated Sites. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022, 19.9: 5278

## 2. ► Rischi ecologici e per la salute umana legati ai metalli pesanti presenti nella polvere di strada in Spagna (vedi approfondimento)

La polvere di strada è una miscela eterogenea di particelle provenienti da fonti naturali e antropogeniche (traffico, emissioni industriali o domestiche, usura delle costruzioni), e la sua contaminazione da metalli pesanti è considerata una grave minaccia per la salute. L'obiettivo di questo studio è stato quello di valutare il livello di concentrazione di sei metalli pesanti comuni (Cu, Pb, Zn, Cd, Ni, Cr) nel centro urbano di Madrid, di valutarne il rapporto con la densità del traffico, e di effettuare una stima del rischio per la salute di bambini e adulti. Nel Novembre 2016 sono stati analizzati 35 campioni di polvere stradale prelevati da un'area di 7.5 Km<sup>2</sup>. La contaminazione è stata valutata utilizzando vari indici, come il fattore di contaminazione (CF), il fattore di arricchimento (EF), l'indice di geo-accumulo (Igeo), l'indice di rischio ecologico potenziale (RI), l'indice di carico di inquinamento (PLI), l'indice di rischio per la salute umana (HI) e il rischio di cancro (CR). La densità del traffico è stato il fattore che più ha influenzato la concentrazione di metalli pesanti e i valori degli indici di inquinamento ambientale. Gli indici calcolati hanno mostrato livelli elevati di contaminazione antropogenica, in particolare da Cd, Pb e Zn. Nella valutazione del rischio per la salute, l'ingestione era la principale via di esposizione ai metalli pesanti nella polvere di strada per bambini e adulti. Il valore dell'indice di salute (HI) per i bambini era 10 volte superiore a quello degli adulti, confermando che i metalli pesanti nella polvere di strada rappresentano un grave rischio potenziale per la salute dei bambini; tuttavia il rischio cancerogeno (CR) sia per adulti che per bambini aveva valori inferiori a  $1 \times 10^{-6}$ , il che significa che non vi è rischio per la popolazione. Il prossimo obiettivo dovrebbe essere quello di identificare le fonti di Zn, Pb e Cd per stabilire misure specifiche per ridurre le loro concentrazioni. Nel frattempo gli autori consigliano di evitare che la polvere di strada penetri nelle case e di pulire quotidianamente, soprattutto nelle case con bambini piccoli.

° Delgado-Iniesta, M.J. Et al: Estimation of Ecological and Human Health Risks Posed by Heavy Metals in Street Dust of Madrid City (Spain). *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022,19, 5263

## 3. Esposizione al piombo da acque potabili negli asili nido: una riduzione è possibile

Sappiamo che non esiste un livello sicuro di esposizione al piombo, nocivo per i bambini anche a bassi dosaggi. L'esposizione al piombo nell'acqua è particolarmente alta per i bambini di età compresa tra 0 e 6 mesi a causa del consumo di formula ricostituita con acqua. Questo documento riassume i risultati chiave di uno studio pilota del Fondo per la Difesa Ambientale (EDF) condotto in 11 asili nido situati in 4 Stati degli Stati Uniti per valutare gli approcci utili per ridurre questa problematica. I campioni sono stati raccolti da tutti i dispositivi eroganti acqua potabile negli asili nido studiati. Oltre il 75% dei campioni ottenuti da un primo prelievo conteneva livelli di piombo inferiori al livello di 1 µg/L raccomandati dall'Accademia Americana di Pediatria (AAP). Tuttavia, 10 su 11 asili nido hanno prodotto almeno un campione superiore a 1 µg/L. Solo in tre di questi (27%) si sono riscontrate concentrazioni di piombo superiori ai 15 µg/L. Il lavaggio dei dispositivi, la pulizia dell'aeratore e la so-

stituzione dei dispositivi sono stati valutati come strategie di riduzione della presenza di piombo. La sostituzione del dispositivo è risultata efficace quando il dosaggio iniziale era superiore a 5 µg/L. La pulizia dell'aeratore invece non ha avuto un effetto misurabile sui livelli di piombo per la maggior parte dei dispositivi. Gli autori concludono come gli asili nido presentino sia un divario significativo tra di loro che un'opportunità nell'affrontare il problema dell'esposizione continua al piombo nell'infanzia. Le revisioni recenti dei livelli standard possono risultare utili nel limitare il piombo consentito nei nuovi componenti idraulici. Tuttavia, il campionamento limitato richiesto e la mancanza di livelli di esposizione standard nelle guide di follow-up presso gli asili nido causerà probabilmente una sottostima della reale entità del piombo nell'acqua. L'impatto sullo sviluppo del cervello e altri esiti negativi causati da esposizioni a bassi livelli di piombo meritano un test più completo di quanto richiesto ad oggi negli USA.

° STANBROUGH, Elizabeth, et al. A critical opportunity: Detecting and Reducing Lead in Drinking Water at child care facilities. *Environmental Research*, 2022, 207: 112140

## 4. Esposizione prenatale a una miscela di organocloruri e metalli e sintomi interiorizzanti nell'infanzia e nell'adolescenza

Sebbene sia noto come le esposizioni chimiche prenatali influenzino il neurocomportamento, le esposizioni congiunte non sono state ben valutate in letteratura come fattori di rischio per gli disturbi internalizzanti durante l'adolescenza. Obiettivo di questo studio è stato valutare le associazioni tra esposizioni prenatali a organocloruri e metalli, considerate individualmente e come una miscela, con sintomi internalizzanti dell'infanzia e dell'adolescenza. I partecipanti a questo studio sono stati 468 bambini di una coorte reclutata alla nascita (1993–1998) a New Bedford, Massachusetts. Gli organocloruri (esaclorobenzene, p,p'-diclorodifenil dicloroetilene, bifenili policlorurati) e i metalli (piombo, manganese) sono stati analizzati nel sangue del cordone ombelicale. I sintomi internalizzanti (ansia, depressione, somatici) sono stati valutati tramite la Conners' Rating Scale (CRS) a 8 anni e tramite il sistema di valutazione del comportamento dei bambini BASC-2 a 15 anni. L'esposizione prenatale al piombo anche a basso livello è risultata positivamente associata ai sintomi di ansia adolescenziale e l'esposizione prenatale al manganese era positivamente associata ai sintomi internalizzanti nelle ragazze a 8 e 15 anni. L'esposizione a metalli neurotossici in utero può contribuire all'insorgere di ansia e depressione.

° ROKOFF, Lisa B., et al. Prenatal exposure to a mixture of organochlorines and metals and internalizing symptoms in childhood and adolescence. *Environmental Research*, 2022, 208: 112701

## 5. Per molti PFAS mancano ancora studi di tossicità sugli animali e sull'uomo

La mappatura sistematica delle prove, una metodologia recentemente adattata dalle scienze sociali per la gestione ambientale, e i prodotti di questa metodologia, le Mappe Sistematiche delle evidenze (SEM), possono essere utili per raccogliere tutti i dati relativi a specifici inquinanti. Gli autori di questa review hanno utilizzato il metodo SEM per riassumere le prove epidemiologiche e biologiche disponibili per una serie di circa 150 PFAS considerati prioritari nel 2019 dal Center for Computational



Toxicology and Exposure (CCTE) dell'EPA statunitense. Sono stati così identificati e raggruppati studi tossicologici su mammiferi e studi epidemiologici su animali e sull'uomo. Si tratta di 44 studi su animali e 148 studi epidemiologici dalla letteratura peer-review e 95 studi su animali e 50 studi epidemiologici non peer-review. Complessivamente gli studi erano relativi a solo 45 tipi di molecole. Gli studi animali (disponibili per 40 PFAS) hanno comunemente valutato gli effetti nei sistemi riproduttivo, dello sviluppo, urinario, immunologico ed epatico. Gli studi epidemiologici hanno valutato principalmente i sistemi riproduttivo, endocrino, dello sviluppo, metabolico, cardiovascolare e immunitario. Tutta l'estrazione dei dati è pubblicamente disponibile online come elementi visivi interattivi con metadati scaricabili. Gli autori concludono segnalando come molti dei 150 PFAS oggetto della ricerca sono ancora poco studiati.

° CARLSON, Laura M., et al. *Systematic Evidence Map for Over One Hundred and Fifty Per-and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS)*. *Environmental health perspectives*, 2022, 130.5: 056001

## 6. L'esposizione materna a PFAS riduce la capacità di allattamento

L'acqua potabile in alcune zone della città di Ronneby (Svezia) è stata fortemente contaminata da sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) per decenni. Nella città, di circa 28.000 abitanti, nel 2013 furono riscontrati in uno dei due acquedotti alti livelli di PFAS legati alla fuoriuscita da un campo di addestramento militare probabilmente a partire dagli anni '80. L'acquedotto contaminato rifornisce un terzo della popolazione, mentre i rimanenti 2/3 della popolazione ricevevano acqua non contaminata. Negli anni 2014-2015 gli abitanti furono invitati a dosare i PFAS e circa il 13% si sottopose all'indagine con riscontro di alti valori di PFAS rispetto al comune vicino di Karlshamn che aveva acqua non contaminata. In questo studio sono state studiate le associazioni tra un'elevata esposizione ai PFAS e l'inizio e la durata dell'allattamento materno. Sono stati recuperati i dati sulle pratiche di alimentazione infantile per 2.374 bambini nati tra il 1999 e il 2009 nel Centro sanitario pediatrico di Ronneby e confrontati con il gruppo di controllo di 123 bambini della vicina città di Karlshamn. Come dato di esposizione è stato utilizzato l'indirizzo di residenza prima del parto, e sono stati valutati come possibili fattori confondenti età materna, parità, peso, altezza, livello di istruzione, paese di nascita della mamma, fumo materno ecc. Sono stati quindi valutati i rischi relativi (RR) di mancato inizio di allattamento materno, dell'allattamento materno non esclusivo dopo 3 mesi, e del mancato allattamento a 6 mesi. Sono stati stimati anche gli hazard ratio (HR) di cessazione dell'esclusivo allattamento al seno prima dei 6 mesi e di qualsiasi allattamento al seno prima dei 12 mesi. I risultati dello studio hanno evidenziato che le madri che avevano ricevuto acqua contaminata sembravano avere un rischio maggiore di non iniziare l'allattamento al seno (RR = 2.4; IC 95%: 0.8, 6.7). Le madri primipare dell'area esposta avevano un rischio aumentato di 1.2 volte (IC 95%: 0.9, 1.6) di non allattare al seno a 3 mesi e un rischio aumentato di 1.6 volte (IC 95%: 1.2, 2.1) di non allattare al seno a 6 mesi. Nelle madri multipare non sono state evidenziate le stesse associazioni. Gli autori concludono che l'esposizione ad alti livelli di PFAS sembra essere associata ad un aumento dei rischi di non iniziare l'allattamento al seno con una durata dell'allattamento al seno più breve nelle madri primipare. Un'elevata esposizione ai

PFAS influisce sulla capacità delle mamme alla prima esperienza di allattamento di avviare e proseguire l'allattamento al seno.

° NIELSEN, Christel, et al. *Breastfeeding initiation and duration after high exposure to perfluoroalkyl substances through contaminated drinking water: a cohort study from Ronneby, Sweden*. *Environmental research*, 2022, 207: 112206

## 7. Studio prospettico di coorte su esposizione materna ai pesticidi in gravidanza e rischio di respiro sibilante durante l'infanzia

È noto come l'esposizione ai pesticidi in gravidanza possa avere effetti sulla salute della prole. In questo lavoro gli autori hanno studiato se l'esposizione materna ai pesticidi durante la gravidanza possa associarsi alla presenza di respiro sibilante del bambino. Lo studio ha coinvolto 5997 bambini della coorte italiana di nascita NINFEA, le cui madri sono state reclutate durante la gravidanza tra il 2005 e il 2016. Sono stati utilizzati questionari compilati durante la gravidanza e 6 mesi dopo la consegna per ricavare le seguenti misure indirette di esposizione: 1) Uso auto-dichiarato di pesticidi durante il primo e il terzo trimestre di gravidanza; (2) Attività agricole negli stessi trimestri. Sono anche stati valutati l'esposizione ai pesticidi agricoli utilizzati nei pressi delle abitazioni valutando (limitatamente a chi risiedeva in aree rurali, N = 1.674) un'area cuscinetto di 200 metri attorno all'indirizzo della casa materna coperta da colture agricole e valutando gli specifici tipi di colture (seminativi, alberi da frutto, coltivazioni eterogenee). I questionari hanno poi riportato informazioni sul respiro sibilante tra i 6 ed i 18 mesi di età del bambino. Le attività agricole praticate durante la gravidanza non sono risultate associate alla comparsa di respiro sibilante del bambino. Rispetto all'uso di pesticidi, è stata rilevata una debole associazione positiva per l'uso auto-dichiarato nel terzo trimestre (POR: 1.30; IC 95% 0.95-1.78) e un'associazione più forte per l'uso in entrambi i trimestri (POR: 1.72; IC 95% 1.11-2.65). Il rapporto tra la proporzione di colture vicino all'indirizzo di casa e il rischio di respiro sibilante del bambino ha presentato, in particolare per gli alberi da frutto, un andamento "J curve", con un rischio più basso evidenziato per valori medi di esposizione e un rischio elevato per valori più alti. In conclusione lo studio ha evidenziato alcune prove di associazione fra l'uso materno di pesticidi in gravidanza e la residenza nei pressi di coltivazioni di alberi da frutto con l'insorgenza di dispnea infantile. Vi è quindi la necessità emergente di costruire un solido corpus di prove atte a sostenere il processo decisionale legislativo ed effettuare valutazioni costi-benefici concernente un uso sicuro e sostenibile dei pesticidi in agricoltura.

° Maritano, S. Et al: (2022). *Maternal pesticides exposure in pregnancy and the risk of wheezing in infancy: A prospective cohort study*. *Environment international*, 163, 107229

## 8. Esposizione prenatale e post natale ai pesticidi e abilità cognitive nei bambini in età scolare nella zona rurale in Colombia

In questo lavoro è stata valutata l'esposizione prenatale e postnatale ai pesticidi e l'associazione tra la capacità cognitiva dei bambini in età scolare (n = 232 bambini; 7-10 anni) nelle aree rurali della città di Bogotá, in Colombia. Sono stati utilizzati modelli di

regressione lineare multipla separati per valutare le associazioni di misure di esposizione ai pesticidi e scale WISC-IV per la valutazione neuro-cognitiva, aggiustate per sesso del bambino, livello di istruzione materna, ritardo della crescita. È stato riscontrato che tra tutti i bambini, l'esposizione ai pesticidi a scuola era associata a un indice di memoria di lavoro peggiore ( $\beta = -3.40$ ; IC 95%; -6.6; -0.2) e a un indice di comprensione verbale peggiore ( $\beta = -3.2$ ; IC 95%; -6.5; -0.2). Inoltre, la presenza di pesticidi a casa era associata ad un indice di velocità di elaborazione peggiore nelle femmine ( $\beta = -5.1$ ; IC 95%; -10.1; -0.20) ma non tra i maschi ( $\beta = 1.73$ ; IC 95%; -2.6; 6.9). Si è evidenziata quindi un'associazione tra l'esposizione prenatale e postnatale ai pesticidi e alcuni sotto-indici del QI di bambini di età compresa tra 7 e 10 anni residenti nelle aree rurali di Usme e Sumapaz nella città di Bogotá, in Colombia.

° John Alexander Benavides-Piracón et al: Prenatal and postnatal exposure to pesticides and school-age children's cognitive ability in rural Bogotá, Colombia, *NeuroToxicology*, Volume 90, 2022, Pages 112-120

## 9. Concentrazioni urinarie di neonicotinoidi e sviluppo puberale negli adolescenti cinesi: uno studio trasversale

Questo studio ha condotto un'analisi trasversale per esaminare le concentrazioni di neonicotinoidi urinari (pesticidi chimicamente simili alla nicotina) negli adolescenti cinesi e la sua associazione con lo sviluppo puberale. Per la determinazione di dieci neonicotinoidi sono stati raccolti 774 campioni di urina da 439 ragazzi e 335 ragazze (età media: 13.7 anni). Lo sviluppo pubico, inclusi peli pubici, peli ascellari, genitali (ragazzi), volume testicolare (ragazzi) e seno (ragazze) sono stati stadiati secondo Tanner, mentre altri (spermarca, peli facciali per i ragazzi e menarca per le ragazze) sono stati ottenuti mediante esame obiettivo ed un questionario. Elevati tassi di rilevamento variavano dal 72% al 100% per tutti i neonicotinoidi. Ragazzi e ragazze con concentrazione di thiaclopride > del 75° percentile avevano uno stadio di sviluppo dei genitali inferiore (OR: 0.83, IC 95%: 0.33-0.93) ed uno stadio più alto di sviluppo dei peli ascellari (OR: 1.46, IC 95%: 1.12-3.41), rispettivamente, rispetto a quelli < del 25° percentile. La variazione stimata nello stadio dei genitali era significativamente diversa in corrispondenza o al di sopra della concentrazione del 75° percentile della miscela di neonicotinoidi rispetto alla concentrazione del 50° percentile. Una maggiore concentrazione di thiaclopride sarebbe quindi associata ad un ritardo nello sviluppo dei genitali nei ragazzi ed allo sviluppo precoce dei peli ascellari nelle ragazze, mentre la miscela di neonicotinoidi nel suo complesso sarebbe negativamente associata allo stadio di sviluppo dei genitali. Data la caratteristica dello studio trasversale, questi risultati necessitano di un'ulteriore conferma della relazione causale evidenziata.

° Min Yue et al: Urinary neonicotinoid concentrations and pubertal development in Chinese adolescents: A cross-sectional study. *Environment International*, Volume 163, 2022, 107186, ISSN 0160-4120

## 10. Microplastiche nel sangue: scoperta e quantizzazione

L'obiettivo di questo studio è stato quello di sviluppare un metodo di campionamento sensibile e analitico (pirolisi a doppio colpo - gascromatografia/spettrometria di massa) e utilizzarlo per individuare le particelle di plastica  $\geq 700$  nm nel sangue in-

tero umano da 22 volontari sani. Con questo metodo la prima volta sono stati identificati e quantificati quattro polimeri della plastica nel sangue. I polimeri più diffusi sono risultati polietilene, polietilene e i polimeri di stirene (un parametro somma di polistirene, polistirene espanso, acetonitrile butadiene stirene ecc.), seguiti dal metilmetacrilato. In questo studio su un piccolo gruppo di donatori, la media della concentrazione quantificabile dalla somma di particelle di plastica nel sangue è risultata di 1.6  $\mu\text{g/ml}$ , il che ci permette una prima misura della concentrazione del componente polimerico della plastica nel sangue umano. Il destino delle particelle di plastica nel flusso sanguigno necessita di ulteriori studi per rispondere alle domande riguardanti il potenziale accumulo nell'organismo e le sue eventuali conseguenze. Il tempo di permanenza delle particelle di plastica nel sangue è attualmente sconosciuto, così come il destino di queste particelle nel corpo umano. Le vie di assorbimento sono probabilmente costituite dal contatto con le mucose (ingestione o inalazione). Le concentrazioni di particelle di plastica riportate in questo studio potrebbero essere la somma di tutte le potenziali vie di esposizione: sorgenti nell'ambiente di vita in ingresso aria, acqua e cibo, ma anche eventuali prodotti per la cura della persona ingeriti (es. PE nel dentifricio, PET nel lucidalabbra), polimeri dentali, frammenti di impianti polimerici, nanoparticelle polimeriche di rilascio di farmaci (es. PMMA, PS), residui di inchiostro per tatuaggi (es. acrilonitrile butadiene stirene particelle).

° Leslie, H. A. Et al: (2022). Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. *Environment international*, 163, 107199

## Rumore

### 1. Associazione tra rumore da traffico e problemi di comportamento negli adolescenti. Uno studio di coorte svizzero

Secondo una revisione sistematica del 2019 ogni incremento del rumore ambientale di 10dB determina un aumento dell'11%, (IC 4-19%) delle diagnosi di ADHD e del 9% (IC 2-10%) di quelle di disturbi di comportamento nei bambini. Gli autori di questo studio sfruttano i dati relativi allo studio HERMES (Health Effects Related to Mobile Phone Use in Adolescents), che aveva coinvolto e seguito per un anno due coorti di adolescenti arruolati nel periodo 2012/2013 e 2014/2015, (886 ragazzi e ragazze di età compresa fra 12 e 16 anni, studenti di scuole presenti nella città di Basilea e nella Svizzera centrale). L'obiettivo era di studiare l'associazione tra esposizione a rumore in ambito domestico o scolastico e problemi di tipo comportamentale controllando per possibili fattori come l'orientamento del letto nella stanza, l'abitudine di tenere aperte le finestre, il livello di istruzione dei genitori, lo stato socioeconomico, l'uso di alcol e fumo, il tempo trascorso davanti al computer, l'attività fisica, l'inquinamento atmosferico. Le valutazioni sono state eseguite sia in modo trasversale su tutta la popolazione, sia in modo longitudinale per verificare in ciascuna coorte cambiamenti significativi nel tempo legati all'esposizione. I risultati hanno evidenziato una significatività nell'ambito delle problematiche tra pari (incremento di 0.15 unità per ogni incremento di 10 dB; IC 0.02-0.27), non evidente però nell'analisi longitudinale. I ragazzi con l'orientamento del letto verso la fonte di rumore mostravano sintomi di



iperattività e disattenzione maggiore in ambedue le analisi. Bisogna considerare che alcuni fattori riportati dagli AA, come la qualità delle chiusure delle finestre nelle scuole (doppi o tripli vetri) e il livello medio di rumore stradale misurato (52.4 dB) sono sicuramente legati all'elevato standard di vita di chi risiede in Svizzera, e modulando l'esposizione al rumore, possono ridurre l'impatto sui ragazzi. Gli AA concludono che il rumore è associato a disturbi del comportamento negli adolescenti nell'analisi cross-sectional, ma non in quella longitudinale e che in studi futuri bisognerà considerare l'orientamento del letto dei ragazzi e altri fattori.

° TANGERMANN, Louise, et al. *The association of road traffic noise with problem behaviour in adolescents: A cohort study. Environmental research*, 2022, 207: 112645

## Ambienti naturali

### 1. ► **Crescere green: una revisione sistematica dell'influenza degli spazi verdi sullo sviluppo e la salute dei giovani (vedi approfondimento)**

Gli autori di questo studio hanno cercato di effettuare una revisione sistematica degli studi che hanno indagato le correlazioni tra ambienti verdi e esiti di salute con disegno longitudinale (studi prospettici di coorte, studi sperimentali o quasi sperimentali). Sono stati inclusi studi che hanno misurato i risultati relativi alla salute fisica, al funzionamento cognitivo, socio-emotivo, al benessere e alla salute mentale. Sono stati inclusi nell'analisi finale 28 studi (21 studi di coorte, 6 studi quasi sperimentali e 1 studio sperimentale crossover) condotti tra il 2014 e il 2020. Secondo gli autori di questa review esistono discrete evidenze in letteratura sulla correlazione tra presenza di spazi verdi e sviluppo cognitivo e cerebrale, salute mentale, e attenzione e comportamento, mentre non vi sono evidenze forti sulle correlazioni con allergie e sovrappeso. Esistono quindi ancora molte lacune nella documentazione sui rapporti tra ambienti verdi e esiti di salute.

° SPRAGUE, Nadav L., et al. *Growing up green: a systematic review of the influence of greenspace on youth development and health outcomes. Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 2022, 1-22

### 2. ► **Revisione sistematica su educazione nella prima infanzia in ambienti naturali e sviluppo sociale, emotivo e cognitivo nei bambini**

Negli ultimi anni i bambini hanno avuto poche possibilità di attività di gioco all'aperto, per molteplici cause tra cui la pianificazione urbana, la paura degli adulti in merito alla sicurezza dei bambini all'aperto ed i progressi tecnologici che hanno incrementato le attività di gioco sedentarie in spazi chiusi (video game, dispositivi mobili, TV). Gli autori di questa revisione sistematica hanno sintetizzato le prove sulle associazioni tra l'educazione basata sulla natura (ECE) e lo sviluppo sociale, cognitivo ed emotivo nei bambini. Questo tipo di educazione è presente in alcune scuole (quali asili nel bosco, scuole materne basate sulla natura) in cui la natura è integrata nella filosofia, nel curriculum scolastico, e i bambini trascorrono la maggior parte della loro giornata all'aperto immersi nella natura. I dati sono stati raccol-

ti da 9 banche dati e la revisione si è conclusa nell'agosto 2020. Sono stati considerati ammissibili studi effettuati su bambini in fascia d'età tra 2 e 7 anni che frequentavano ECE, e che analizzavano la natura integrata nel ECE con risultati valutati sui bambini. Sono stati analizzati 1.370 articoli e 36 di questi sono stati considerati ammissibili (26 quantitativi, 9 qualitativi, 1 misto). I risultati quantitativi erano cognitivi (n.11), sociali ed emozionali (n=13), connessione alla natura (n=9) e gioco (n=10). I risultati hanno evidenziato associazioni positive tra ECE e autoregolazione, abilità sociali e sviluppo emotivo, relazione con la natura, consapevolezza dell'ambiente naturale e interazione nel gioco seppur con basse evidenze; mentre una associazione incoerente è stata trovata per l'attenzione, il comportamento responsabile e l'interruzione del gioco, oltre che per l'attaccamento e l'iniziativa. Gli studi qualitativi (10) hanno evidenziato che ECE offriva opportunità di gioco, socializzazione e creatività. In sintesi gli autori concludono che ECE basato sulla natura può migliorare alcuni aspetti dello sviluppo infantile. Sono però necessari progetti sperimentali di elevata qualità che descrivano sia la quantità di attività educativa in natura che la qualità di queste attività per esplorare i percorsi ipotizzati che collegano l'ECE allo sviluppo infantile.

° Johnstone, A. et al. *Nature-Based Early Childhood Education and Children's Social, Emotional and Cognitive Development: A Mixed-Methods Systematic Review. Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022, 19, 5967

### 3. **Verde residenziale, asma e funzionalità polmonare tra i bambini ad alto rischio di sensibilizzazione allergica: uno studio prospettico di coorte**

Sebbene siano stati spesso segnalati benefici per la salute legati alla frequentazione di ambienti naturali, ad oggi i risultati specifici per la salute respiratoria dei bambini sono incoerenti. In questo studio è stata seguita fino all'età di 7 anni una coorte prospettica di nascita (n=617). La presenza di aree verdi nella zona di residenza è stata quantificata tramite il Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) entro 200, 400 e 800 m di distanza dagli indirizzi di casa alla nascita, all'età di 7 anni e durante la prima infanzia. I risultati riguardanti la salute respiratoria sono stati valutati all'età di 7 anni mediante spirometria. La correlazione fra NDVI entro 400 m e asma all'età 7 anni ha evidenziato come i bambini sensibili agli allergeni comuni avevano maggiori probabilità di sviluppare asma se maggiormente esposti al verde (OR=1.3, IC 95%: 0.9, 2.0) rispetto ai bambini non sensibili ai comuni allergeni (OR=0.8, IC 95%: 0.5, 1.2). D'altro canto sempre in questi soggetti sono state riscontrate associazioni costantemente positive tra NDVI e %FEV1 e %FVC. Nei modelli di regressione aggiustati, l'NDVI a 7 anni di età era associato a migliori %FEV1 (200 m:  $\beta=2.1$ , IC 95%: 0.1, 3.3; 400 m:  $\beta=1.6$ , IC 95%: 0.3, 2.9) e %FVC (200 m:  $\beta=1.8$ , IC 95%: 0.7, 3.0; 400 m:  $\beta=1.6$ , IC 95%: 0.3, 2.8; 800 m:  $\beta=1.5$ , IC 95%: 0.1, 2.8). Da questo studio appare come il verde residenziale sia protettivo contro lo sviluppo dell'asma nei bambini che non sono sensibilizzati agli allergeni comuni, ma può influenzare negativamente lo stato asmatico nei bambini che invece sono allergici. L'esposizione precoce e continua al verde sembrerebbe invece essere di supporto alla funzione polmonare nei bambini indipendentemente dalla sensibilizzazione allergica, senza differenze significative tra bambini allergici e non allergici. Gli autori concludono come gli

studi futuri dovrebbero considerare la presenza di sensibilizzazione allergica quando si studia la relazione tra asma e presenza di verde residenziale. La sensibilità agli allergeni sembrerebbe infatti modificare l'effetto del verde sul rischio di asma nei bambini ma il verde è probabilmente utile per la funzione polmonare simultanea indipendentemente dallo stato allergico.

° HARTLEY, Kim, et al. Residential greenness, asthma, and lung function among children at high risk of allergic sensitization: a prospective cohort study. *Environmental Health*, 2022, 21.1: 1-11

#### 4. Esposizione al verde e stress ossidativo nei bambini

È stato segnalato che l'esposizione al verde residenziale ha un impatto positivo sulla salute principalmente riducendo il rischio di sovrappeso / obesità, migliorando la salute mentale e l'attività fisica. Meno si sa sui percorsi biologici coinvolti in questi benefici per la salute. In questo studio è stata studiata l'associazione tra esposizione a diversi spazi verdi e stress ossidativo nei bambini, valutando il potenziale ruolo mediatore dell'attività fisica. Questo studio trasversale ha coinvolto 323 soggetti sani (8-11 anni) provenienti da cinque scuole di Asti (Italia). Mediante questionario sono stati raccolti la residenza, l'educazione dei genitori e la frequenza dell'attività fisica. Lo stress ossidativo è stato quantificato mediante dosaggio urinario di isoprostano utilizzando tecnica ELISA. Il verde residenziale e scolastico è stato definito dal Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) con raggi di 100, 250, 300, 500 e 1.000 m, ed è stata stimata anche la porzione con vegetazione. Le esposizioni a diversi siti verdi sono state derivate tenendo conto di NDVI a casa e a scuola, ponderate per il tempo trascorso in ogni luogo. Con modelli misti lineari, aggiustati per età, sono state testate l'associazione tra l'esposizione a varie aree verdi in un raggio di 500 m e isoprostano. L'esposizione ad aree verdi è risultata associata a una diminuzione dello stress ossidativo nei bambini e i dati dello studio non evidenziano un ruolo mediatore dell'attività fisica.

Gli autori ipotizzano questi meccanismi biologici per spiegare l'effetto degli spazi verdi sullo stress ossidativo:

1. possibile effetto sulla regolazione del sistema immunitario. Nei paesi industrializzati aumentano i problemi infiammatori per modificata esposizione a certe categorie di organismi che colonizzano l'ambiente e che regolano i meccanismi immunitari nell'uomo o contribuiscono allo sviluppo del sistema immunitario nel bambino; 2. maggiore esposizione al verde che potrebbe aumentare la sintesi di vitamina D per maggior uso di spazi esterni ed esposizione al sole. Inoltre il verde può migliorare la qualità dell'aria e quindi fornire un effetto indiretto di miglioramento di salute. Il limite dello studio è il basso numero di bambini indagati ed il basso numero di scuole coinvolte.

° SQUILLACIOTTI, Giulia, et al. Multisite greenness exposure and oxidative stress in children. The potential mediating role of physical activity. *Environmental Research*, 2022, 209: 112857

#### 5. Esposizione a diversi tipi di spazi verdi e a superfici pavimentate e sviluppo infantile. Uno studio di coorte

Prove crescenti suggeriscono che l'esposizione allo spazio verde è associata a un miglioramento della salute e dello sviluppo dell'infanzia, ma l'influenza di diversi tipi di spazio verde rimane relativamente inesplorata. Nel presente studio, è stata analizzata

l'associazione tra l'esposizione residenziale alla vegetazione nella prima infanzia e lo sviluppo tramite le valutazioni degli insegnanti della scuola materna sull'Early Development Instrument (EDI) in un'ampia coorte (n = 27.539) a Metro Vancouver, in Canada. L'ambiente residenziale circostante è stato caratterizzato utilizzando una mappa della copertura del suolo ad alta risoluzione spaziale collegata ai singoli bambini dai codici postali residenziali. L'esposizione residenziale nella prima infanzia (dalla nascita al momento della valutazione EDI, età media = 5.6 anni) è stata calcolata come media dei valori percentuali annui delle diverse classi di copertura del suolo (ovvero vegetazione totale, copertura arborea, copertura erbosa, superfici pavimentate) all'interno di una zona cuscinetto di 250 m attorno alla zona di riferimento. Un aumento dell'intervallo interquartile nella percentuale di vegetazione totale è stato associato a un aumento di 0.33 nel punteggio EDI totale (IC 95%: 0.21, 0.45). Associazioni positive simili sono state osservate per la copertura arborea (coefficiente  $\beta$ : 0.26, IC 95%: 0.15, 0.37) e la copertura erbosa (coefficiente  $\beta$ : 0.12, IC 95%: 0.02, 0.22), mentre sono state osservate associazioni negative per le superfici pavimentate (coefficiente  $\beta$ : -0.35, IC 95%: -0.47, -0.23). Pertanto, l'aumento dell'esposizione residenziale alla vegetazione nella prima infanzia sembrerebbe positivamente associato agli esiti dello sviluppo della prima infanzia, maggiormente per la copertura arborea rispetto alla copertura erbosa, mentre sarebbe negativamente associato all'esposizione residenziale alle superfici pavimentate, suggerendo la necessità di ulteriori studi per approfondire l'argomento e la sua possibile influenza sull'urbanistica delle grandi città.

° Ingrid Jarvis et al: The influence of early-life residential exposure to different vegetation types and paved surfaces on early childhood development: A population-based birth cohort study. *Environment International*, Volume 163,2022,107196,ISSN 0160-4120

## Psicologia ambientale

### 1. ► Promuovere le scelte alimentari a base vegetale: risultati di un esperimento sul campo con oltre 150.000 decisioni dei consumatori

È noto come il passaggio a una dieta vegetariana costituisca un passo importante verso una maggior sostenibilità ambientale. Tuttavia incoraggiare le persone a sostituire i pasti a base di carne con quelli a base vegetale è un'impresa difficile, poiché le persone spesso percepiscono il consumo di carne come socialmente normale, evolutivamente naturale e di gusto soddisfacente. In questo studio gli autori hanno testato una strategia sottile per modificare il comportamento alimentare degli utenti di un ristorante. Attraverso un esperimento sul campo di 10 settimane, effettuato in un ristorante situato nel campus di una grande università pubblica negli Stati Uniti per tutto il trimestre autunnale del 2021, gli autori hanno studiato come le diverse denominazioni per le voci di menu vegetariane e vegane possano influenzare il comportamento dei consumatori in un ambiente reale. È stato valutato come la decisione dei consumatori potesse variare se il piatto fosse denominato come "vegetariano/vegano" o "a base vegetale". Durante l'esperimento sono state monitorate 167.637 decisioni dei consumatori. È emerso come la scelta di piatti non a base di carne fosse il 24% più probabile quando i piatti veni-

vano denominati sul menu come “vegetariani/vegani” rispetto a “a base vegetale”. Questi risultati evidenziano il potenziale della scelta di denominazione dei piatti per promuovere scelte alimentari a base vegetale, offrendo una strategia sottile per cambiare il comportamento dei consumatori e sostenere gli sforzi di sostenibilità.

° Daniel L. Rosenfeld, Carole Bartolotto, A. Janet Tomiyama, *Promoting plant-based food choices: Findings from a field experiment with over 150,000 consumer decisions*, *Journal of Environmental Psychology*, Volume 81, 2022, 101825, ISSN 0272-4944

## 2. Indagine di popolazione sulla accettabilità delle politiche che favoriscono la riduzione del consumo di carne rossa

È noto come azioni politiche mirate a ridurre il consumo di carne siano necessarie per rallentare il cambiamento climatico e migliorare la salute della popolazione. L'accettazione da parte della popolazione di questo tipo di politiche potrebbe influenzare la probabilità di riuscire a metterle in atto. In questo studio gli autori hanno stimato l'accettabilità delle politiche volte a ridurre il consumo di carne rossa e valutato se l'accettabilità differiva quando le politiche fossero presentate come beneficio per la salute o per l'ambiente. In un esperimento online, 2.215 adulti del Regno Unito hanno valutato l'accettabilità di sei politiche, presentate in un ordine randomizzato, con ulteriore randomizzazione dei partecipanti nei due gruppi “benefici per la salute” e “benefici per l'ambiente”. L'utilizzo di etichette informative è stata la politica più accettata (48%), seguita dalla proposta di una campagna sui media (45%), dalla disponibilità ridotta di carne (40%) e dalla proposta di incentivi statali per gli allevatori che passino alla coltivazione di vegetali (38%). L'aumento del prezzo della carne (27%) e il divieto di pubblicità (26%) sono state le politiche meno accettate. Una parte sostanziale dei partecipanti non ha né sostenuto né contrastato la maggior parte delle politiche proposte (26–33%), sebbene questo dato sia sceso al 16% per la proposta dell'aumento del prezzo. Non sono emerse prove che politiche mirate a sottolineare i benefici dal punto di vista della salute o dell'ambiente ne influenzassero l'accettabilità. In sintesi meno della metà del campione ha espresso sostegno all'attuazione di una qualsiasi delle sei politiche proposte per ridurre il consumo di carne, a prescindere dal fatto che le proposte fossero mirate a un beneficio per la salute o per l'ambiente. In conclusione da questo lavoro emerge come le politiche volte a ridurre il consumo di carne avrebbero meno sostegno da parte dei cittadini rispetto a quelle volte a ridurre il consumo di altri alimenti e alcol. Meno della metà della popolazione campione ha infatti espresso sostegno concreto ad azioni politiche volte a ridurre il consumo di carne. Ciononostante molti intervistati si sono dimostrati indecisi, suggerendo spazio affinché segmenti sostanziali di popolazione accettino potenzialmente di ridurre il consumo di carne. Sono necessarie ulteriori ricerche per identificare interventi che potrebbero aumentare il sostegno pubblico alla riduzione della carne e incoraggiare un'azione politica più forte.

° R. Pechey et al.: *Acceptability of policies to reduce consumption of red and processed meat: A population-based survey experiment*, *Journal of Environmental Psychology*, Volume 81, 2022, 101817

## 3. Quattro Europe: le credenze e gli atteggiamenti sul cambiamento climatico predicono il comportamento e le preferenze politiche utilizzando un'analisi di classe latente su 23 paesi (vedi approfondimento)

Al fine di costruire una volontà pubblica che agisca per contrastare il cambiamento climatico è necessaria una progettazione di messaggi per pubblici diversi. Studi precedenti effettuati in singoli stati hanno identificato gruppi di popolazione basati su credenze, comportamenti e preferenze politiche simili, relativi ai cambiamenti climatici. La ricerca che gli autori hanno condotto in 22 paesi europei e in Israele su 44.387 persone attraverso un'analisi di classe latente (metodologia di ricerca che sintetizza numerose variabili in un numero ridotto di nuove variabili in grado di raccogliere l'informazione essenziale) ha consentito di identificare dei gruppi di persone basandosi sui loro atteggiamenti e le loro credenze sul cambiamento climatico. Gli autori hanno trovato forti evidenze per quattro gruppi definiti impegnati (Engaged 18%), pessimisti (Pessimistic 18%), indifferenti (Indifferent 42%) e dubbiosi (Doubtful 21%) ed hanno identificato le differenze tra i gruppi in termini di valori, soddisfazione della vita e fiducia sociale. I risultati caratterizzano le credenze sul cambiamento climatico per tutta l'Europa e possono guidare i governi e gli organismi paneuropei nella progettazione di comunicazioni efficaci per promuovere credenze e azioni sul clima.

° Ondřej K. Et al: *Four Europes: Climate change beliefs and attitudes predict behavior and policy preferences using a latent class analysis on 23 countries*, *Journal of Environmental Psychology*, Volume 81, 2022, 101815, ISSN 0272-4944

## 4. L'educazione ambientale basata sulla narrativa migliora la consapevolezza ambientale e gli atteggiamenti ambientali nei bambini di età compresa tra 6 e 8 anni

L'educazione ambientale può aumentare efficacemente la consapevolezza delle persone sulla protezione ambientale e incoraggiare comportamenti appropriati. Questo studio ha esplorato l'effetto dell'educazione ambientale basata sulla narrativa sulla consapevolezza ambientale dei bambini. A tal fine, gli autori hanno reclutato studenti di prima e seconda classe in due scuole elementari per partecipare a un esperimento in cui sono state confrontate le differenze tra il gruppo che riceve un'educazione video ambientale basata sulla narrazione e il gruppo di controllo. Lo studio ha evidenziato che l'educazione ambientale basata sulla narrazione può avere un impatto positivo sulla consapevolezza ambientale dei bambini. Rispetto ai metodi di insegnamento tradizionali, l'educazione basata sulla narrazione può approfondire la comprensione dei bambini delle conoscenze ambientali e aumentare la loro attenzione alle questioni ambientali, il che favorisce la connessione tra bambini e natura, in quanto insegna loro ad amare la natura e prendersi cura dell'ambiente. Poiché il cambiamento comportamentale è un processo lento, l'educazione ambientale narrativa dovrebbe essere effettuata continuamente nelle scuole elementari e secondarie per promuovere l'intenzione di un comportamento pro-ambientale. L'educazione ambientale dovrebbe essere integrata nelle attività in classe e nella pratica extracurricolare per stimolare le emozioni dei bambini verso l'ambiente naturale, con conseguente interazione positiva con l'ambiente e promuovendo così cambiamenti nelle abitudini comportamentali.



° Yang, B. et al: Narrative-Based Environmental Education Improves Environmental Awareness and Environmental Attitudes in Children Aged 6–8. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022,19, 6483

## Miscellanea

### 1. Inquinamento e salute: un aggiornamento sui progressi (vedi approfondimento)

Questo rapporto presenta una stima aggiornata degli effetti dell'inquinamento sulla salute, utilizzando i dati del Global Burden of Diseases (GBD) Injuries and Risk Factors Study 2019. Nel 2017 la Commissione Lancet su inquinamento e salute ha indicato che l'inquinamento è stato responsabile di 9 milioni di morti premature nel 2015, rendendolo il più grande fattore di rischio ambientale al mondo per malattie e morte prematura. Da questo studio scopriamo che la situazione non è migliorata e che l'inquinamento causa ancora più di 9 milioni di morti ogni anno a livello globale, corrispondenti a un decesso su sei in tutto il mondo; più del 90% dei decessi legati all'inquinamento si concentrano nei paesi a reddito medio-basso (low middle income countries, LMIC).

° FULLER, Richard, et al. *Pollution and health: a progress update. The Lancet Planetary Health*, 2022

### 2. Nesso tra crescita economica, consumi energetici e degrado ambientale in paesi eterogenei: l'educazione è importante?

Le preoccupazioni ambientali stanno crescendo a livello globale, il mondo ha subito un grave deterioramento ambientale nel corso degli anni ed è innegabile che l'impatto di tale degrado sullo spazio geografico terrestre sia allarmante. La letteratura esistente ha esaminato diversi fattori che influenzano l'ambiente, ma l'attenzione si è ora spostata sull'educazione e sulla necessità di massimizzare le sue potenzialità. Sebbene gli studi abbiano esaminato gli impatti diretti dell'istruzione sull'ambiente, quelli che hanno indagato sul ruolo moderatore dell'educazione sono relativamente scarsi e recenti, in particolare quelli che lo hanno indagato tra i gruppi di reddito. Comprendere il canale attraverso il quale l'educazione potrebbe influenzare l'ambiente richiede la conoscenza del suo ruolo di moderatore. Pertanto, questo studio impiega FMOLS, DOLS, ARDL-PMG, CCEMG e metodologie eterogenee di test di causalità del pannello per indagare gli effetti diretti e moderatori dell'istruzione nei collegamenti crescita-energia-ambiente in gruppi di reddito eterogenei di 92 paesi dal 1985 al 2018. I risultati di questo studio indicano che la crescita economica è una soluzione a lungo termine al deterioramento ambientale nei paesi ad alto e medio-alto reddito, mentre il contrario vale per i paesi a reddito medio-basso e a basso reddito. Il consumo di energia è legato al degrado ambientale in tutti i gruppi di reddito. Lo studio rileva che gli effetti diretti dell'istruzione aggravano il degrado ambientale in tutti i gruppi di reddito; il suo ruolo moderatore però migliora gli effetti negativi del consumo di energia sul degrado ambientale nei gruppi ad alto e medio-alto reddito, ma lo peggiora nei gruppi a reddito medio-basso e basso. Lo studio ha esaminato il ruolo dell'istruzione nella crescita economica, nel consumo di energia e nel nesso con il degrado ambientale e le conclusioni sono che l'educazione è importante

per la sostenibilità ambientale, in quanto incoraggia comportamenti e atteggiamenti pro-ambiente e supporta prodotti efficienti dal punto di vista energetico ed investimenti in tecnologie verdi; tuttavia, l'istruzione può anche aiutare le attività ad alta intensità energetica e la tecnologia sporca sostenendo stili di vita che non sono eco-compatibili. È importante, quindi, fornire un'istruzione che promuova una migliore qualità ambientale.

° Osuntuyi, B.V. et al: Economic growth, energy consumption and environmental degradation nexus in heterogeneous countries: does education matter?. *Environ Sci Eur* 34,48 (2022)

## Approfondimenti

### Gestire gli impatti sulla salute degli eventi climatici estremi

a cura di *Vincenza Briscioli*

IPCC definisce eventi meteorologici estremi le condizioni meteorologiche estreme che persistono per qualche tempo, come una stagione e che possono portare a interruzioni della sicurezza alimentare e idrica, peggioramento della qualità dell'aria, aumento di malattie trasmesse da vettori, esacerbazioni di malattie croniche, fattori di stress per la salute mentale e rischi di patologie professionali. I determinanti sociali della salute, dalla ricchezza all'alloggio, possono migliorare o addirittura amplificare gli impatti climatici sulla salute, con le comunità con risorse insufficienti e vulnerabili colpite in modo sproporzionato, e così l'equità sanitaria si collega direttamente alla salute planetaria. Con l'aumento delle temperature globali, i disastri naturali legati alle condizioni meteorologiche includono ondate di calore, forti tempeste, inondazioni e siccità. Questi eventi sono triplicati negli ultimi 50 anni e sono responsabili di oltre 60.000 morti all'anno. È importante ricordare che i cambiamenti climatici si verificano in vari luoghi, comprese le regioni in cui la popolazione e i servizi locali (servizi di emergenza, servizi sanitari, infrastrutture di comunicazione e trasporto e reti sociali) non sono sempre preparati a gestire eventi estremi e il loro impatto. Le ondate di calore sono associate ad un aumento del tasso di mortalità a causa di disidratazione, esaurimento da calore e colpo di calore. Uno studio condotto in 43 paesi nel periodo 1991-2018 attribuisce il 37% (intervallo 20.5-76.3%) dei decessi legati al calore della stagione calda ai cambiamenti climatici antropogenici. Le ondate di calore possono portare a isole di calore urbane nelle città e incendi boschivi - nelle aree rurali - causando direttamente la morte. Le temperature estreme aggravano la siccità, portando alla disidratazione e ad alterazioni dei raccolti con impatti a valle sulla sicurezza alimentare e sulla nutrizione. In alcuni paesi la limitata disponibilità di acqua potabile contribuisce a focolai di malattie, come il colera e altre malattie diarroiche, nonché a condizioni legate alla scarsa igiene personale. In alcuni casi, le condizioni di siccità possono favorire le malattie trasmesse dalle zanzare. La mortalità giornaliera legata al calore è in aumento e intensificata, tra le altre cose, dalle isole di calore urbane. Le interruzioni nelle vie di alimentazione elettrica e di trasporto possono impedire alle persone di accedere all'assistenza sanitaria o di riscaldare le loro case e possono esacerbare le malattie respiratorie. Le ondate

di freddo possono influire negativamente sulle persone vulnerabili, tra cui donne, bambini e anziani, poveri e con condizioni mediche preesistenti. Questi gruppi non possono far fronte da soli agli impatti sulla salute dei cambiamenti climatici. Il cambiamento climatico influenza anche le infrastrutture di comunicazione, che sono attualmente la spina dorsale di molti servizi sociali e pubblici, nonché le loro condizioni di vita poiché la ripresa richiede molto tempo. Creato nel 2016, il Global Lancet Countdown traccia le implicazioni per la salute del cambiamento climatico. La sua relazione annuale segue una serie di indicatori (43 nel 2020) in cinque settori e informa a livello nazionale con l'intento di indirizzare le priorità di politica sanitaria pubblica. Gli eventi climatici estremi non sono ancora pienamente accolti all'interno delle politiche di sanità pubblica o dei sistemi sanitari e di assistenza sociale, troppo spesso sembra che si stia reagendo a tali eventi, piuttosto che rispondere in modo più deliberativo. Il cambiamento climatico ha anche aumentato le inondazioni globali e ha raggiunto nuovi luoghi non colpiti prima, con conseguenti effetti immediati, a medio e lungo termine sulla salute da annegamento, lesioni e infezioni respiratorie a seconda della gravità dell'alluvione. I problemi di salute mentale dovuti a eventi meteorologici estremi possono includere ansia, stress, disturbo da stress post-traumatico, senso di colpa dei sopravvissuti, affaticamento mentale e comportamento suicidario, poiché le persone sono alle prese con la perdita di familiari, case e comunità a causa di eventi estremi come inondazioni o cicloni. I cambiamenti nell'approvvigionamento alimentare e nelle risorse idriche possono mettere ulteriore stress finanziario sulle persone, esacerbando l'angoscia mentale. Questi elementi dimostrano l'importanza di coinvolgere le organizzazioni locali, le reti sociali e lo sviluppo di una prima linea di servizi sanitari pubblici.

**Azioni necessarie:** in considerazione della portata dei cambiamenti climatici sulla salute è necessaria un'azione urgente in molti settori, ovvero azioni preventive e adattive che aiutano a ridurre la gravità degli impatti (anche se queste azioni potrebbero non essere sufficienti in quanto si prevede che gli eventi climatici estremi possano diventare più frequenti e potrebbero presentarsi in nuovi luoghi, con conseguenti effetti economici di vasta portata). Tali azioni dovrebbero basarsi su varie misure: migliore preparazione dei servizi di emergenza locali, al fine di reagire in tempo reale per ridurre gli impatti sulla salute fisica e mentale. Questi servizi sanitari pubblici di prima linea dovrebbero essere integrati con il coinvolgimento delle associazioni locali e dei social network. Inoltre, sono necessarie altre azioni, come la gestione sistematica dei dati e la sorveglianza integrata, gli studi trans disciplinari e interdisciplinari, la cooperazione internazionale, la garanzia della sicurezza idrica e alimentare, l'aumento dei finanziamenti per la ricerca, la previsione in materia di clima e salute. Un'altra area è la formazione del personale medico e sanitario. È di fondamentale importanza includere il tema "clima e salute" nel curriculum professionale di base e nella formazione di medici, infermieri e professioni sanitarie alleate e alti dirigenti sanitari poiché gli eventi meteorologici estremi non solo hanno un impatto sull'assistenza sanitaria, ma anche sulle operazioni dei servizi sanitari. Le interconnessioni tra cambiamenti climatici, salute ed equità richiedono soluzioni guidate dalla ricerca per le generazioni presenti e future, con il ripristino degli ecosistemi quale necessario intervento di salute pubblica. Deve essere attuata ogni politica volta all'azione di mitigazione dei cambiamenti climatici, sia a livello individuale che comunitario locale/

nazionale. È importante rafforzare la consapevolezza pubblica sui comportamenti raccomandati durante gli eventi estremi e ciò può essere raggiunto coinvolgendo i media e gli operatori sanitari. Inoltre, le conoscenze tradizionali e indigene dovrebbero essere integrate nella moderna tecnologia medica per contribuire a ridurre gli impatti sulla salute delle ondate di calore e di altri eventi climatici. Infine le assicurazioni sia aziendali che sanitarie dovrebbero dare priorità alla gestione del rischio della salute legata al clima e "rendere più trasparenti e sostenibili" le proprie operazioni. Con temperature globali già superiori di 1 °C rispetto ai tempi preindustriali e proiezioni che le emissioni di CO<sub>2</sub> continueranno a salire fino al 2040, il clima e la salute sono una nuova frontiera per la scienza, che è necessario affrontare ora, per evitare ulteriori conseguenze catastrofiche di eventi estremi associati ai cambiamenti climatici sulla mortalità e la morbilità umana.

° W. L. Filho et al: *Handling the health impacts of extreme climate events*. *Environ Sci Eur* 34, 45(2022)

## Crescere green: una revisione sistematica dell'influenza degli spazi verdi sullo sviluppo e la salute dei giovani

a cura di *Giacomo Toffol*

In letteratura vi sono numerose evidenze che dimostrano l'importanza dell'esposizione allo spazio verde nell'infanzia. Negli ultimi dieci anni, un corpo crescente di ricerca transdisciplinare ha collegato l'esposizione degli spazi verdi a una gamma di fattori fisici positivi, e di esiti dello sviluppo cognitivo e socioemotivo in bambini e giovani di età compresa tra 2 e 21 anni. Questi studi suggeriscono che gli interventi che aumentano l'esposizione degli spazi verdi costituiscono un approccio sostenibile alla promozione cognitiva, socioemotiva, del linguaggio e dello sviluppo motorio fine e grossolano. Ulteriori studi suggeriscono che lo spazio verde promuove il rendimento scolastico per i giovani dagli 8 ai 15 anni, il benessere per i giovani di età compresa tra 9 e 15 anni e altri esiti di salute (cardiovascolare, obesità e asma) per i ragazzi di età pari o inferiore a 18 anni. Tuttavia la maggior parte delle evidenze deriva da studi trasversali, non idonei a valutare la natura longitudinale dello sviluppo giovanile, né idonei a definire dei rapporti causali e di conseguenza esposti a molti bias. Per tale motivo gli autori di questo studio hanno cercato di effettuare una revisione sistematica degli studi con un disegno longitudinale (studi prospettici di coorte, studi sperimentali o quasi sperimentali) su questi temi. Sono stati utilizzati i seguenti database: Cochrane, Web of Science, PubMed, CINAHL, Scopus, ricercando studi pubblicati fino a ottobre 2020. Sono stati inclusi studi che hanno misurato i risultati relativi alla salute fisica, al funzionamento cognitivo, socio-emotivo, al benessere e alla salute mentale. Sono stati inclusi nell'analisi finale 28 studi condotti tra il 2014 e il 2020. L'esposizione agli spazi verdi è stata misurata in uno dei seguenti modi: distanza dallo spazio verde, tipo di spazio verde (ad es. parchi, agricoltura, giardini, ecc.), uso di spazio verde (ad esempio, camminare, giocare, ecc.) e frequenza di esposizione. La maggior parte degli studi (n = 21, 75%) si è concentrata sulla distanza residenziale dallo spazio verde. La metodologia più comune di misurazione degli spazi verdi era l'indice di vegetazione differenziale normalizzato (NDVI), un indicatore

grafico del verde vivo della vegetazione. Sono state identificate cinque categorie di outcomes: sviluppo cognitivo e cerebrale, salute mentale e benessere, attenzione e comportamento, allergie e patologie delle vie respiratorie, obesità e problemi di peso. La maggior parte degli studi presentava un rischio moderato di bias di selezione e inclusione, principalmente a causa delle piccole dimensioni del campione o per differenze importanti tra i gruppi di esposizione. I risultati sono stati per lo più auto-riferiti in tutti gli studi, introducendo potenziali bias di misurazione. La derivazione della misura dello spazio verde è stata adeguatamente descritta nella maggior parte dei casi ma quasi nessuno studio includeva dettagli sul tipo o sull'uso di spazio verde.

**Sviluppo cognitivo e cerebrale.** Sei studi pubblicati tra il 2015 e il 2019 e condotti in nazioni europee ad alto reddito (Spagna, Germania, Regno Unito, Austria, Danimarca e Paesi Bassi) hanno testato l'associazione tra esposizione allo spazio verde e sviluppo cognitivo e cerebrale dei giovani. Le dimensioni del campione variavano da 47 a 2.539 partecipanti. Tre studi hanno trovato un'associazione positiva tra esposizione agli spazi verdi e sviluppo cognitivo e cerebrale, mentre tre studi non hanno trovato alcuna associazione. Nel complesso, l'esposizione allo spazio verde era positivamente associata alla memoria di lavoro, alle prestazioni cognitive [50] e al volume della materia bianca e grigia di diverse regioni del cervello. La qualità complessiva degli studi riportati in questa categoria era moderata. La maggior parte degli studi, tuttavia, non ha misurato l'effettivo utilizzo dello spazio verde.

**Salute mentale e benessere.** 13 studi hanno testato le associazioni tra esposizione allo spazio verde e salute mentale e benessere dei giovani. Questi studi sono stati pubblicati tra il 2014 e il 2020, 12 in Europa (Danimarca, Belgio, Austria, Regno Unito e Paesi Bassi) e uno negli Stati Uniti. Le dimensioni del campione variavano da 47 a 943.027 partecipanti. Tutti i 13 studi hanno trovato associazioni positive. Nel complesso, l'esposizione allo spazio verde è stata positivamente associata a un miglioramento di: comportamento prosociale, umore, resilienza emotiva [17] e autodeterminazione; a una maggiore felicità, ad un aumento del tono vagale, a una diminuzione del rischio di sviluppare schizofrenia e ad una incidenza inferiore di disturbi psichiatrici, soprattutto tra gli adolescenti e residenti in contesti urbani. La descrizione degli spazi verdi era sufficiente, ma molti studi non hanno misurato la frequenza e il tipo di utilizzo degli stessi.

**Attenzione e comportamento.** Otto studi hanno testato le associazioni con attenzione e comportamento dei giovani. Questi studi sono stati pubblicati tra il 2017 e il 2020, sei Europa (Regno Unito, Spagna, e Germania), uno in Canada e uno in Nuova Zelanda. Le dimensioni del campione variavano da 100 a 66.283. Sette studi hanno riportato associazioni positive tra l'esposizione allo spazio verde e attenzione e comportamento mentre uno studio non ha riportato alcuna associazione. Nel complesso sono state evidenziate associazioni con: un comportamento prosociale a breve termine, il miglioramento dell'autodeterminazione, dell'autoregolamentazione e dell'attenzione, una minore frequenza di problemi tra pari e di condotta, una diminuzione delle probabilità di una diagnosi di ADHD. La maggior parte degli esiti è stata misurata utilizzando questionari validati, test computerizzati, codici ospedalieri e registri della farmaceutici. Solo uno studio ha valutato il tipo di utilizzo dello spazio verde e nessuno ha misurato la frequenza di utilizzo.

**Allergie respiratorie.** Tre studi di coorte pubblicati nel 2019 e

2020, condotti in Europa (Italia, Francia, Slovenia, Polonia, Portogallo e Paesi Bassi) hanno testato le associazioni tra esposizione allo spazio verde e allergia respiratoria dei giovani. Le dimensioni del campione variavano da 715 a 8.063 giovani. Gli studi hanno avuto risultati contraddittori. Uno studio ha evidenziato che i giovani che vivevano vicino allo spazio verde avevano una minore prevalenza di asma e rinite. Un altro studio ha concluso che l'esposizione allo spazio verde aumenta il rischio di sintomi respiratori allergici. L'ultimo studio non ha riportato effetti dell'esposizione al verde nel quartiere di residenza sugli esiti respiratori. Nessuno studio includeva informazioni sul tipo di utilizzo dello spazio verde né sulla frequenza di utilizzo, e ciò potrebbe contribuire a giustificare le differenze riscontrate.

**Obesità e sovrappeso.** Due studi di coorte pubblicati nel 2019 e nel 2020 uno nei Paesi Bassi e l'altro negli Stati Uniti hanno analizzato le associazioni tra esposizione allo spazio verde e obesità e peso corporeo nei giovani. La numerosità dei campioni era elevata, con circa 400 partecipanti per ogni studio. Entrambi gli studi non hanno riscontrato correlazioni significative. Nessuno dei due studi ha tenuto conto dell'uso dello spazio verde e della frequenza di esposizione, e ciò potrebbe giustificare l'assenza di correlazioni.

**Conclusioni.** Secondo gli autori di questa review esistono discrete evidenze in letteratura sulla correlazione tra presenza di spazi verdi e sviluppo cognitivo e cerebrale, salute mentale, e attenzione e comportamento, mentre non vi sono evidenze forti sulle correlazioni con allergie e sovrappeso. Esistono quindi ancora molte lacune nella documentazione sui rapporti tra ambienti verdi e esiti di salute. Ciò è in gran parte dovuto alla mancanza di una valutazione della reale esposizione dei bambini agli spazi verdi, quasi sempre sostituita da misure surrogate, che stimano solo la presenza di aree verdi ambientali. Molto spesso non vengono indagati negli studi né la frequenza di utilizzo né il tipo degli spazi verdi. Questi dati dovranno essere considerati nelle prossime ricerche, in modo da giungere a conclusioni più significative.

° SPRAGUE, Nadav L., et al. Growing up green: a systematic review of the influence of greenspace on youth development and health outcomes. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 2022, 1-22

## Quattro Europe: le credenze e gli atteggiamenti sul cambiamento climatico predicono il comportamento e le preferenze politiche utilizzando un'analisi di classe latente su 23 paesi

a cura di *Vincenza Briscioli*

È ormai noto a tutti l'esistenza di una forte correlazione tra l'attività antropiche e il cambiamento climatico; il modo di pensare, i comportamenti assunti e le conseguenti politiche potranno essere un fattore determinante sulle variazioni delle temperature globali nel prossimo secolo. Il sapere esperto può contribuire alla comunicazione e alla connessione tra comportamenti individuali, politiche pubbliche, mitigazione e adattamento al clima. Una delle principali sfide è capire quali siano i fattori che influenzano i comportamenti individuali, a tal fine risultano particolarmente



te utili le ricerche mediante sondaggio pubblico sulle opinioni ambientali al fine di monitorare i cambiamenti nel tempo. Anche se in tutto il mondo cresce la preoccupazione per il cambiamento climatico causato dall'uomo, le credenze sembrano sempre più polarizzate dall'ideologia politica e da altri fattori basati sulle dinamiche del gruppo, inoltre gli individui possono cambiare le loro convinzioni, anche se basate su fatti scientifici, al fine di evitare politiche indesiderate. Gli autori della presente ricerca hanno utilizzato le analisi di segmentazione che aiutano a dividere il pubblico in sottogruppi omogenei e reciprocamente esclusivi al fine di meglio comprendere le dinamiche nell'ambito di questi gruppi, fornendo una possibile interpretazione di come le credenze sul cambiamento climatico mutino nel tempo attraverso cambiamenti nella composizione e nelle dimensioni del gruppo. I gruppi rivelati possono essere confrontati utilizzando dati demografici e relazioni con altri predittori e comportamenti. Inoltre, la segmentazione può rendere il messaggio più efficace. Questa modalità è ben conosciuta nel mondo dei social media, che spesso hanno separato il pubblico in gruppi basati su pensieri e comportamenti e quindi hanno preso di mira questi gruppi con messaggi specifici. Ogni popolazione può avere una visione idiosincratica del cambiamento climatico. Tuttavia potrebbero anche esistere somiglianze tra le popolazioni, in particolare nei paesi con un contesto geografico, economico e sociopolitico simile. L'Europa è di particolare interesse perché comprende molti paesi ricchi con elevate emissioni di gas a effetto serra; quanto questi paesi attueranno azioni di mitigazione nei prossimi anni dipenderà in parte da un'efficace e mirata comunicazione (messaggistica) e da una politica che sia quanto meno consapevole delle dinamiche della psiche. L'obiettivo del progetto è stato quindi quello di dividere le persone in base ai loro atteggiamenti e convinzioni sui cambiamenti climatici in 22 paesi europei e in Israele al fine di consentire la costruzione di una messaggistica mirata, oltre che il monitoraggio delle modifiche nel tempo ed il confronto con altri paesi quali gli Stati Uniti. Il confronto è stato con il sondaggio Six Americas del 2008 che ha identificato 6 gruppi (Allarmato, Preoccupato, Cauto, Dubbioso, Disimpegnato e Sprezzante) e da allora ha valutato la proporzione del pubblico su base regolare. Gli autori hanno utilizzato i dati di campionamento probabilistico qualitativo ottenuti attraverso un'indagine sociale europea in 22 paesi e Israele (N= 44.387), questa analisi di classe latente ha evidenziato quattro gruppi che gli autori hanno classificato in impegnati (18%), pessimisti (18%), indifferenti (42%) e dubbiosi (21%). Le classi che erano più impegnate con il cambiamento climatico avevano individui che avevano maggiori probabilità di essere donne, giovani, ricchi e politicamente di sinistra; gli impegnati erano i più preoccupati per i cambiamenti climatici e i più fiduciosi che le persone e le istituzioni avrebbero intrapreso azioni efficaci. I pessimisti avevano la stessa convinzione nel cambiamento climatico causato dall'uomo, ma erano meno coinvolti personalmente, erano anche molto meno convinti che il cambiamento climatico potesse essere mitigato, anche meno degli indifferenti, che hanno riferito di avere meno fiducia nel fatto che il cambiamento climatico stesse accadendo. Infine, i dubbiosi avevano punteggi bassi sia nel credere nei cambiamenti climatici, che nel coinvolgimento ai problemi, che nell'efficacia percepita per la mitigazione, la fiducia sociale e istituzionale. Queste differenze sono probabilmente dovute a variazioni significative nelle percezioni del rischio e nel processo decisionale. Secondo gli autori queste caratterizzazioni

potranno consentire e guidare i governi e gli organismi europei nella progettazione di comunicazioni efficaci per promuovere azioni di mitigazione e adattamento.

° Ondřej K. Et al: *Four Europes: Climate change beliefs and attitudes predict behavior and policy preferences using a latent class analysis on 23 countries*, *Journal of Environmental Psychology*, Volume 81, 2022, 101815, ISSN 0272-4944

## Inquinamento e salute: un aggiornamento sui progressi

a cura di *Sabrina Bulgarelli*

Questo rapporto presenta una stima aggiornata degli effetti dell'inquinamento sulla salute, utilizzando i dati del Global Burden of Diseases (GBD) Injuries and Risk Factors Study 2019. Nel 2017 la Commissione Lancet su inquinamento e salute ha indicato che l'inquinamento è stato responsabile di 9 milioni di morti premature nel 2015, rendendolo il più grande fattore di rischio ambientale al mondo per malattie e morte prematura. Da questo studio scopriamo che la situazione non è migliorata e che l'inquinamento causa ancora più di 9 milioni di morti ogni anno a livello globale, corrispondenti a un decesso su sei in tutto il mondo; più del 90% dei decessi legati all'inquinamento si concentrano nei paesi a reddito medio-basso (low middle income countries, LMIC). Dal 2000 si è verificata, specie nei paesi LMIC, una riduzione del numero di decessi attribuibili ai tipi di inquinamento associati alla povertà (inquinamento atmosferico domestico, inquinamento idrico, inadeguatezza dei servizi igienico-sanitari), ma si è verificato un aumento dei decessi attribuibili alle forme più moderne di inquinamento (inquinamento atmosferico da particolato ambientale, da ozono ambientale, esposizione al piombo, esposizione ad agenti cancerogeni professionali, a particolato professionale, gas, fumi e inquinamento chimico ambientale). L'inquinamento atmosferico (sia domestico che ambientale) rimane responsabile del maggior numero di decessi ed ha causato 6.7 milioni di morti nel 2019 (di questi 4.5 milioni di morti sono stati causati dall'inquinamento atmosferico ambientale). L'inquinamento idrico ha causato 1.4 milioni di morti premature. Il piombo e le altre sostanze chimiche sono stati responsabili di 1.8 milioni di morti ogni anno a livello globale. In generale negli ultimi due decenni le morti causate dalle moderne forme di inquinamento sono aumentate del 66%. L'aumento di questi decessi è particolarmente evidente in Asia meridionale, in Asia orientale e nel sud-est asiatico. In Africa, l'inquinamento atmosferico domestico e quello idrico sono ancora le cause predominanti di morte legate all'inquinamento, ma il numero di morti per malattie legate all'inquinamento atmosferico ambientale è in aumento in quei paesi che si stanno urbanizzando e sviluppando economicamente. Per quanto riguarda l'esposizione al piombo il GBD 2019 ha stimato che tale esposizione è annualmente responsabile di 0.9 milioni di decessi (IC 95% 0.55-1.29) in tutto il mondo, ma probabilmente tale valore è sottostimato; inoltre nei paesi LMIC viene stimato che oltre 800 milioni di bambini abbiano concentrazioni di piombo nel sangue superiori a 5.0 µg/dL (limite massimo 3.5 µg/dL), con gravi conseguenze sullo sviluppo intellettuale. Anche l'inquinamento chimico è sottostimato, perché solo una piccola parte delle molte migliaia di sostanze chimiche prodotte sono adeguatamente testate per la sicurezza

o la tossicità. La produzione chimica globale (localizzata per circa i due terzi nei paesi LMIC) sta aumentando ad un tasso di circa il 3.5% all'anno ed è sulla strada per il raddoppio entro il 2030. Da uno studio della Banca Mondiale sui costi sanitari dell'inquinamento atmosferico, sulla base dei dati del GBD 2019, è emerso che le perdite di benessere economico attribuibili all'inquinamento atmosferico da  $PM_{2.5}$  ammontavano al 6.1% della produzione economica globale. Gli effetti economici dell'inquinamento atmosferico sono particolarmente gravi nelle regioni dell'Asia orientale e meridionale e del Pacifico. È stata inoltre effettuata una revisione delle politiche di controllo dell'inquinamento di tutti i paesi del mondo, successive alle raccomandazioni della Commissione Lancet del 2017. Da questa revisione è emerso che gli sforzi politici internazionali sono frammentati e non coordinati e che, nonostante gli impegni in corso da parte dell'Agenzia delle Nazioni Unite, di gruppi interessati e di alcuni governi nazionali (principalmente nei paesi ad alto reddito), si possono identificare pochi progressi reali contro l'inquinamento, in particolare nei paesi LMIC, dove l'inquinamento è più grave. Ora è sempre più chiaro che l'inquinamento è una minaccia planetaria e che i suoi effetti sulla salute trascendono i confini locali e richiedono una politica ambientale globale. Poiché l'inquinamento, i cambiamenti climatici e la perdita di biodiversità sono strettamente collegati, le azioni intraprese per controllare l'inquinamento hanno un alto potenziale per mitigare anche gli effetti delle altre minacce planetarie.

° FULLER, Richard, et al. [Pollution and health: a progress update. The Lancet Planetary Health, 2022](#)