

Mal d'aria

Contributi sul tema dell'inquinamento atmosferico
nell'ambito del progetto artistico di Laura Pugno



Edizioni
Ca' Foscari

Mal d'aria

I libri di Ca' Foscari

24



Edizioni
Ca' Foscari



Università
Ca' Foscari
Venezia

Università luav
di Venezia



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



UNIVERSITÀ
di VERONA

Delegate/i RUS – Rete delle Università per lo Sviluppo Sostenibile

Elena Semenzin (Università Ca' Foscari Venezia) Valeria Tatano (Università luav di Venezia) Francesca da Porto (Università degli Studi di Padova) Matteo Nicolini (Università degli Studi di Verona)

Progetto coordinato da

Ufficio Sostenibilità, Università Ca' Foscari Venezia Anna Bonfante, Vania Levorato

Con la collaborazione di

Enrica Pillon (Università luav di Venezia) Area Comunicazione e marketing, Ufficio Public engagement (Università degli Studi di Padova) Nicolò Olivieri (Università degli Studi di Verona)

Artista Laura Pugno

Con il contributo scientifico di

Shaul Bassi, Mauro Masiol, Beatrice Rosso Università Ca' Foscari Venezia
Elena Giacomello, Valeria Tatano Università luav di Venezia
Paolo Giardullo, Maurizio Malo, Alberto Pivato Università degli Studi di Padova
Matteo Dainese, Alessandro Marcon, Fabio Piccinelli Università degli Studi di Verona

Studentesse e studenti che hanno partecipato alla realizzazione del progetto

Università Ca' Foscari Venezia Giorgia Cianfanelli, Daniela Decaro, Francesca Iacoponi, Sara Korolija, Camilla Lagani, Giada Limina, Jasmine Miraval, Libero Modugno, Sofia Nicoletto
Università luav di Venezia Fabiana Cardone, Giulia De Cecco, Daria Romanova, Andrea Segna
Università degli Studi di Padova Viola Baschirotto, Gloria Borsoni, Benedetta Canella, Alessia Catto, Alice De Biasio, Abramo Gallio, Adriana Mirabella, Silvia Musella, Ambra Rustemi
Università degli Studi di Verona Asia Benetazzo, Beatrice Boaretto, Eleonora Bordiga, Paulo Isaque De Souza Pires, Irene Fenzi, Emma Gudiy Caresia, Elisa Popolizio

Partecipazione al workshop/performance

Eleonora Bordiga, Gloria Borsoni, Fabiana Cardone, Alessia Catto, Alice De Biasio, Daniela Decaro, Abramo Gallio, Emma Gudiy Caresia, Jasmine Miraval, Daria Romanova, Andrea Segna

Testi dei pannelli espositivi Giorgia Cianfanelli, Giada Limina, Adriana Mirabella, Silvia Musella

Grafica dei pannelli espositivi Paolo Cagliero

Podcast Viola Baschirotto, Asia Benetazzo, Daniela Decaro, Sara Korolija, Sofia Nicoletto

Documentazione fotografica e video del progetto Benedetta Canella, Paulo Isaque De Souza Pires, Francesca Iacoponi, Camilla Lagani, Giada Limina

Progettazione per allestimento di Padova Area Comunicazione e marketing, Ufficio Comunicazione, Settore Promozione (Università degli Studi di Padova)

Ringraziamenti

Paolo Cagliero, Giulia Bortoluzzi, Donatella Ottoboni, Nicolò Groja, Lucia Veronesi
Si ringrazia Palazzo Maffei Casa Museo di Verona, che nell'ambito del progetto ha dato la possibilità a studentesse e studenti di scoprire la sua collezione attraverso una visita guidata gratuita dedicata.

Partners



Simóndi
ART — GALLERY

Collaborazioni



Mal d'aria

Contributi sul tema
dell'inquinamento atmosferico
nell'ambito del progetto
artistico di Laura Pugno

a cura di
Anna Bonfante

Venezia
Edizioni Ca' Foscari - Venice University Press
2024

Mal d'aria. Contributi sul tema dell'inquinamento atmosferico
nell'ambito del progetto artistico di Laura Pugno

© 2024 Anna Bonfante per il testo
© 2024 Edizioni Ca' Foscari per la presente edizione

A cura di Anna Bonfante
Referenze fotografiche Laura Pugno (pp. 18-29; 84-101)



Quest'opera è distribuita con Licenza Creative Commons Attribuzione 4.0 Internazionale
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



Qualunque parte di questa pubblicazione può essere riprodotta, memorizzata in un
sistema di recupero dati o trasmessa in qualsiasi forma o con qualsiasi mezzo, elettro-
nico o meccanico, senza autorizzazione, a condizione che se ne citi la fonte.

Any part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or trans-
mitted in any form or by any means without permission provided that the source is
fully credited.

Edizioni Ca' Foscari
Fondazione Università Ca' Foscari
Dorsoduro 3246, 30123 Venezia
edizionicafoscari.unive.it | ecf@unive.it

1a edizione maggio 2024
ISBN 978-88-6969-810-1 [ebook]
ISBN 978-88-6969-811-8 [print]

Stampato per conto di Edizioni Ca' Foscari, Venezia
nel mese di aprile 2024 da Skillpress, Fossalta di Portogruaro, Venezia
Printed in Italy

Mal d'aria. Contributi sul tema dell'inquinamento atmosferico nell'ambito del progetto
artistico di Laura Pugno — 1. ed. — Venezia: Edizioni Ca' Foscari - Venice University Press,
2024. — 130 pp.; 25,5 cm. — (I libri di Ca' Foscari; 24). — ISBN 978-88-6969-810-1.

e-ISSN 2610-9506
ISSN 2610-8917
URL edizionicafoscari.unive.it/it/edizioni/collane/i-libri-di-ca-foscari/

URL edizionicafoscari.unive.it/it/edizioni/libri/978-88-6969-811-8/
DOI doi.org/10.14277/978-88-6969-810-1

Mal d'aria

Contributi sul tema dell'inquinamento atmosferico nell'ambito del progetto artistico di Laura Pugno

Sommario

Fare rete per la sostenibilità attraverso l'arte

Elena Semenzin

9

Arte e Sostenibilità: un progetto di apprendimento attivo

Anna Bonfante

11

Il respiro come sottrazione gentile

Giulia Bortoluzzi

13

PERFORMANCE

17

CONTRIBUTI ACCADEMICI

Aria pesante: un problema da risolvere

Gas serra, gas inquinanti e particolato: una minaccia per la vita futura del nostro pianeta

Fabio Piccinelli

33

L'inquinamento atmosferico e i suoi paradossi sociali: tra sviluppo e conseguenze per la salute

Paolo Giardullo

41

Le microplastiche in ambiente sono ovunque: ma possono contaminare anche l'aria?

Beatrice Rosso

49

Riflessioni sulle strategie da adottare per la riduzione dell'inquinamento atmosferico nel bacino padano

Alberto Pivato

53

Verde urbano e qualità dell'aria per città più vivibili

Valeria Tatano, Elena Giacomello

65

Venezia: aria e immaginario nell'Antropocene

Shaul Bassi

75

ESPOSIZIONE 83

APPROFONDIMENTI DI STUDENTESSE E STUDENTI

**L'impatto dell'inquinamento atmosferico
sul patrimonio culturale italiano**
Il progressivo degrado dei beni culturali esposti all'aperto
Beatrice Boaretto 105

Le microplastiche: una minaccia invisibile
Paulo Isaque De Souza Pires 109

Non Fungible Earth
Arte + Scienza + Tecnologia = Neo-visibilità della Terra
Irene Fenzi 113

Anima
Abramo Gallio 117

**Linguaggio come strategia per educare
alla sensibilità ecologica**
Jasmine Miraval 119

Awareness art
La cultura come motore immobile di riflessioni
e pratiche della sostenibilità
Elisa Popolizio 123

Mal d'aria

Contributi sul tema dell'inquinamento atmosferico nell'ambito
del progetto artistico di Laura Pugno

Sustainable Art Prize 2022

Fare rete per la sostenibilità attraverso l'arte

Il complesso percorso verso la sostenibilità richiede importanti cambiamenti, a livello culturale e comportamentale. L'educazione è uno dei mezzi più efficaci per avviare e accompagnare la comunità verso un percorso che porti a un reale cambiamento.

Oggi più che mai siamo consapevoli che le Università rivestono un ruolo chiave per l'attuazione di un nuovo modello di sviluppo e per il raggiungimento degli obiettivi dell'Agenda per lo Sviluppo Sostenibile che l'ONU ha posto per il 2030.

In questo percorso gli Atenei del Veneto – Università Ca' Foscari Venezia, Università Iuav di Venezia, Università degli Studi di Padova e Università degli Studi di Verona – hanno deciso di riservare particolare attenzione alla formazione delle proprie studentesse e studenti, consapevoli che i loro comportamenti e le loro decisioni future saranno influenzati anche da quanto acquisiranno durante la loro esperienza universitaria. Prestare attenzione alle tematiche di sostenibilità e sviluppare iniziative di sensibilizzazione però non è sufficiente.

È necessario fare rete, diffondere le buone pratiche e mettere a sistema le

conoscenze dei singoli Atenei, andando oltre i confini della propria Università, per dare avvio a uno scambio proficuo e a una contaminazione positiva a livello territoriale, regionale, nazionale e internazionale. Ca' Foscari, insieme agli altri Atenei veneti, è membro attivo della RUS (Rete delle Università per lo Sviluppo Sostenibile) che ha tra i suoi principali obiettivi proprio la disseminazione e il trasferimento di buone pratiche e lo sviluppo congiunto di iniziative e progetti in ambito educativo e non solo.

Queste finalità sono ampiamente condivise e messe in pratica anche a livello regionale, attraverso una stretta collaborazione tra gli Atenei sui temi dello sviluppo sostenibile.

Nel 2022, per la prima volta, le quattro Università venete hanno lavorato insieme nell'ambito dei progetti di arte e sostenibilità, sviluppati a Ca' Foscari fin dal 2013, consapevoli del valore che la forma artistica ha come mezzo per raccontare le sfide globali. Si tratta di progetti che stimolano la riflessione e il comportamento individuale e collettivo, aumentano l'impegno intellettuale ed emotivo di studenti e studentesse, del personale e del territorio, verso la sostenibilità,

innescando una sintesi inedita che porta a soluzioni creative e a nuovi percorsi collaborativi.

La collaborazione tra gli Atenei è nata nell'ambito del Sustainable Art Prize, un premio istituito da

Ca' Foscari nel 2017 in collaborazione con ArtVerona, che ha visto le quattro Università entrare a far parte della giuria del Premio, e nel 2023 lavorare insieme alla realizzazione del progetto dell'artista vincitrice, Laura Pugno.

Arte e Sostenibilità: un progetto di apprendimento attivo

Mal d'aria, un progetto il cui titolo, con sole due parole, spiega in maniera più che esaustiva il problema a cui siamo tutte e tutti esposti, chi più chi meno: l'inquinamento dell'aria. Una tematica molto sentita a Venezia, così come a Padova e a Verona e in generale in tutta l'area della Pianura Padana.

Il progetto di Arte e Sostenibilità 2023 era incentrato su questa importante quanto mai urgente problematica, che accomuna le tre città in cui si trovano gli Atenei partecipanti alla realizzazione del progetto.

Il tema, dalle forti implicazioni ambientali, è stato trattato da diversi punti di vista: in primis dalla prospettiva scientifica, quella medica con le ricadute sulla salute umana, la dimensione architettonica e non ultima quella sociale, che troveranno ampio approfondimento nei capitoli che seguono.

Ogni Università, con le sue specificità, ha dato il suo contributo scientifico e accademico, attraverso l'organizzazione di seminari tematici, dove la problematica è stata trattata e analizzata da docenti, ricercatori e ricercatrici che da anni studiano questo argomento, alla ricerca di nuove possibili soluzioni.

Il progetto, quindi, aveva l'obiettivo di trattare una specifica tematica dello

sviluppo sostenibile con uno sguardo multidisciplinare, non limitandosi a guardare al problema da una sola prospettiva ma ampliando il campo di analisi, incrociando diversi ambiti disciplinari e generando così sinergie e collaborazioni indispensabili nell'approccio allo sviluppo sostenibile.

Dal 2017 i progetti di Arte e Sostenibilità nascono dalla collaborazione con il vincitore o la vincitrice del Sustainable Art Prize, un premio incentrato sui temi della sostenibilità dedicato alle artiste e agli artisti presenti all'annuale fiera ArtVerona.

Il progetto *Mal d'aria* dell'artista Laura Pugno, vincitrice del Premio nel 2022, è dunque la prima esperienza di collaborazione in questo campo tra gli Atenei del territorio, che ha portato alla partecipazione di 40 studenti e studentesse, dieci per ciascuna università, che hanno preso parte a quattro seminari tematici: uno per ogni Ateneo; il percorso creativo è proseguito con attività pratiche e laboratoriali. Questa nuova organizzazione del progetto ha indubbiamente permesso a studenti e studentesse di apprendere nuove conoscenze, in molti casi davvero molto lontane dal loro ambito di studio,

e allo stesso tempo di sviluppare nuove competenze, proprio grazie al confronto e alla collaborazione tra persone provenienti da diversi Dipartimenti e, per la prima volta, da diversi contesti universitari. Le attività pratiche (redazione di testi, realizzazione di un programma radio, documentazione foto e video delle fasi del progetto e laboratori con l'artista) hanno inoltre permesso loro di mettere in pratica e acquisire conoscenze in ambito artistico e organizzativo, dando vita a una contaminazione feconda e innovativa. Un'esperienza, che nell'ottica del *learning by doing*, permette alla componente studentesca di formarsi e di ampliare il proprio curriculum personale, agendo in prima persona, entrando in contatto con esperti ed esperte e con l'artista, scoprendo le fasi del processo creativo e come questo prenda forma a partire dalle sollecitazioni raccolte durante i seminari.¹

L'idea alla base dei progetti di arte e sostenibilità è di utilizzare il mezzo dell'arte per comunicare concetti spesso

complessi attraverso il linguaggio emozionale, portando i fruitori e le fruitrici delle opere d'arte a porsi domande, ad approfondire il tema e in molti casi a cambiare prospettiva riguardo alle problematiche trattate.

L'arte, mostrandoci le sfide dei nostri giorni, si fa leva del cambiamento e uno stimolo per diventare tutte e tutti noi fautrici e fautori di un futuro migliore attraverso l'assunzione di atteggiamenti responsabili e proattivi.

Questo volume, attraverso gli scritti di chi è stato parte attiva del progetto, illustra il percorso che da ottobre a dicembre 2023 ha portato studenti e studentesse, docenti e l'artista stessa ad analizzare la problematica e a sviluppare una riflessione attorno alla tematica, nel tentativo di trasmettere a chi legge, oltre alle mere nozioni scientifiche, possibili soluzioni e spunti di riflessione che instillino una maggiore consapevolezza e stimolino un senso di responsabilità necessario per rendere il nostro futuro più sostenibile.

1 Mantoan, D.; Bonfante, A.; Barea, F. (2019). *You are (NOT) welcome: Barriere (im)percettibili nel contesto urbano contemporaneo*. Venezia: Edizioni Ca' Foscari, 14. <https://phaidra.cab.unipd.it/o:488026>.

Il respiro come sottrazione gentile

Si tramanda, nei suoi frammenti raccolti, che Anassimene di Mileto identificasse l'*arché* con il *pneuma*: «il soffio e l'aria abbracciano tutto il mondo». Questo filosofo presocratico concepiva l'universo come un unico grande organismo che respira, il principio originale e universale. Per Anassimene e, più in generale per la tradizione greca e romana dalla quale deriva la nostra cultura, l'aria è una delle quattro 'radici', come le chiamava Empedocle di Agrigento, assieme a terra, fuoco e acqua. «Come la nostra anima, che è aria, ci stringe assieme così pure il soffio e l'aria abbracciano il mondo intero», si legge nel poema di Parmenide *Intorno alla natura*. Quest'idea del respiro come sinonimo di vita è ricorrente nella varie cosmogonie occidentali e orientali, dallo 'spirito' nelle teologie ebraica (*ruah*) e cristiana (*pneuma*) allo *akasha* (etere) come essenza di tutte le cose esistenti nell'induismo. L'aria compare sempre come uno degli elementi vitali dal cui equilibrio dipende la sopravvivenza del cosmo. Alla base di questa concezione di armonia tra la dimensione microcosmica umana e macrocosmica naturale, necessaria al mantenimento dell'esistenza, sussiste tuttavia una dicotomia tra mondo e vivente. Ma se non fosse possibile separare materialmente i due elementi? Questo è l'esercizio che più di recente ci ha invitati a compiere Emanuele Coccia, che propone una nuova cosmogonia a partire dalla concezione di 'atmosfera' ispirata alle piante, e al processo di fotosintesi come dimostrazione della relazione di 'immersione' tra vita e mondo. Grazie all'esempio dei vegetali, il filosofo italiano evidenzia la mescolanza tra gli organismi, la transattività della vita che circola ovunque, nel respiro proprio e altrui. Nel suo saggio *La vita delle piante. Metafisica della mescolanza* (2016) scrive:

L'aria che respiriamo, la natura del suolo, le linee della superficie terrestre, le forme che si disegnano nel cielo, il colore di tutto ciò

che ci circonda sono gli effetti immediati della vita nello stesso senso e nella stessa misura in cui ne sono i principi. Il mondo non è un'entità autonoma e indipendente della vita, il mondo è la natura fluida di ogni ambiente: clima, atmosfera.¹

1 Coccia, E. (2018). *La vita delle piante. Metafisica della mescolanza*. Bologna: il Mulino, 64.

L'atmosfera, quindi, è il principio stesso che rende il mondo abitabile, spazio della mescolanza in cui ogni respiro è immersione, medium tra forme di vita che abitano il mondo. Se conoscere il mondo significa quindi respirarlo, se respirare non è solo un atto di pura sopravvivenza dell'animale che siamo ma la forma stessa del mondo, non è più possibile pensare il vivente come un'entità separata dall'ambiente.

A partire da queste premesse filosofiche muove la più recente ricerca di Laura Pugno sull'aria, intitolata *Mal d'aria* (2023). Con un'espressione che sembra quasi rimandare a un sentimento di nostalgia o a una sorta di malessere causato dalla mancanza di un'aria perduta,² la sostanza è

2 Si pensi all'espressione comune 'mal d'Africa' con la quale ci si riferisce alla nostalgia e al desiderio di tornare in Africa.

qui intesa tanto nella sua accezione metafisica come radice di vita quanto nella sua composizione fisica in base alla cui qualità si modifica l'ecosistema. Intrecciando un dialogo diretto con docenti e ricercatori e uno studio che abbraccia molteplici prospettive (ambientale, architettonica, medica e sociale), Pugno riflette sull'aria come emblema di sostenibilità dello sviluppo globale e più nel dettaglio sui danni causati dall'inquinamento, in particolare nella Pianura Padana, e le possibili soluzioni messe a disposizione dalle tecnologie.

La qualità dell'aria di queste aeree è, infatti, fortemente influenzata dall'inquinamento industriale, dal traffico veicolare e dall'uso domestico di combustibili che incidono sull'acidificazione del suolo e la perdita della biodiversità acquatica, oltre ad aggravare problemi di salute pubblica con effetti nocivi sulla salute respiratoria e cardiovascolare causati da particelle sottili come PM10 e PM2.5.

Nonostante sia una delle principali fonti di vita, senza la quale l'esistenza non sarebbe possibile (gli uccelli non sarebbero in grado di volare, le piante appassirebbero e gli umani soffocherebbero) l'aria resta difficilmente percepibile, e tutte le problematiche a essa connesse meno tangibili e comprensibili proprio per la sua natura volatile.

La sua invisibilità rende l'aria meno evidente ma non per questo meno presente, comunemente infatti l'essere umano si definisce abitante della Terra, ma riprendendo nuovamente Coccia:

Noi non abitiamo la Terra. Attraverso l'atmosfera, abitiamo l'aria. Vi siamo immersi proprio come il pesce nel mare. E ciò che chiamiamo respirazione non è altro che l'agricoltura dell'atmosfera.³

3 Coccia, E. (2018). *La vita delle piante. Metafisica della mescolanza*, 80.

Con la recente pandemia di COVID-19 il tema dell'aria è tornato alla ribalta nel dominio pubblico, si è diffuso globalmente l'uso di un lessico aero-centrico ed è diventato comune sentir parlare di 'sindromi respiratorie', usi e comportamenti quotidiani sono stati fortemente modificati a causa della natura di un virus che si diffonde per vie 'aeree'. Non solo, il nesso tra la malattia e gli agenti inquinanti è stato studiato, proprio nelle aree di interesse di Pugno, come anche il 'traino' dei decessi prematuri di persone già affette da patologie aeree come cancro, malattie polmonari o diabete di tipo 2.⁴

4 Si veda ad esempio Borruso, G. et al. (2020). «COVID-19. Diffusione spaziale e aspetti ambientali del caso italiano». *Semestrale di studi e ricerche di geografia*, 32(2), 39-56. https://rosa.uniroma1.it/rosa03/semestrale_di_geografia/article/view/17031.

Si è temuto globalmente per la tenuta degli equilibri, non solo sanitari e ambientali ma anche politici ed economici, ma come già nel 2012 scriveva Serge Latouche nel suo *Limite*, nel momento in cui si disequilibra la relazione tra mondo e vivente si rivela l'incapacità umana di stare nell'infinità del cosmo: «Noi non distruggiamo il pianeta, ma solo il nostro ecosistema, cioè le nostre possibilità di sopravvivervi».⁵

5 Latouche, S. (2012). *Limite*. Torino: Bollati Boringhieri.

La pandemia ha contribuito ad accrescere un elefante che era nella stanza probabilmente già da più di un secolo, ovvero da quando i paesi occidentali intrapresero la strada del *terzo industriale*.

Nel 1962 Rachel Carson scriveva un saggio rivoluzionario, *Primavera silenziosa*, nel quale denunciava la gravità della crisi ecologica e le minacce incombenti sull'avvenire, prevedeva gli effetti in agricoltura dell'uso di insetticidi chimici e sostanze velenose inquinanti. Con lei, dopo di lei, si sono fatte sentire altre autorevoli voci, come quella di Laura Conti, ad esempio, considerata la madre dell'ambientalismo italiano, che narrò il disastro di Seveso del 1976 – in *Visto da Seveso* (1977) e *Una lepre con la faccia di bambina* (1978). L'incidente nell'industria chimica ICMESA in Brianza, che causò la fuoriuscita di una nube tossica di diossina, è stato considerato dalla rivista *Time* l'ottavo incidente ambientale più grave di sempre nel mondo,⁶

6 Si veda https://content.time.com/time/specials/packages/article/0,28804,1986457_1986501_1986449,00.html.

preceduto tra gli altri da quello nucleare a Chernobyl in Ucraina (1986), dal disastro di gas tossico a Bhopal in India (1984), e dall'esplosione di olio in Kuwait alla fine della Guerra del Golfo (1991). Nonostante le urgenze climatiche siano ormai questioni politiche di interesse globale, dall'Agenda ONU 2030 per lo Sviluppo Sostenibile al Green Deal europeo, il raggiungimento degli obiettivi è ancora lontano.

Ispirata, tra le altre, all'azione di queste donne pioniere dell'ambientalismo, Pugno compie con *Mal d'aria* un atto simbolico di resistenza, trascinando assieme a un gruppo di studentesse e studenti lungo le calli di Venezia otto tavole di legno, dipinte con pastelli a olio e ricoperte da pittura nera spray. Il lento e faticoso

traino sul suolo urbano disomogeneo, aggravato dal peso di sacchi di cemento, notoriamente materiale ad alto impatto di produzione inquinate, provoca un'abrasione del colore, una cancellazione che rivela un'istantanea del presente. Attraverso il generarsi di una mancanza, quella del colore grattato dall'impatto del contatto con il suolo, il tema invisibile dell'aria diventa immediatamente presente, tangibile proprio nel segno dell'assenza.

La cancellazione come processo creativo, così come l'azione diretta su materiali e per luoghi, è una prassi per Pugno che già in opere come *Moto per luogo* (2018) – una serie di fotografie in parte abrase dal contatto con il corpo dell'artista impresso sul suolo del paesaggio in esse ritratto – e *A futura memoria* (2018) – un calco di neve realizzato con un gesso ceramico che attraversandone gli strati superficiali e solidificando l'aria genera una sorta di fossile polare – pratica una sorta di gentile sottrazione. Attraverso l'alterazione che i corpi esercitano sull'ambiente, il negativo che risulta dall'azione di Pugno diventa immagine parlante e altamente visibile di un materiale notoriamente impalpabile. Con *Mal d'aria*, Pugno ci invita ad abbracciare quella metafisica della mescolanza, proposta da Coccia, che unisce mondo e vivente in un unico grande respiro, e a muovere da queste consapevolezza un'azione concreta di sopravvivenza. Per riprendere le parole di Carson, che già più di cinquant'anni fa poneva all'attenzione pubblica l'urgenza di rivedere la prassi sregolata del rapporto mondo-vivente, ci troviamo ancora oggi davanti allo stesso bivio:

La via percorsa finora ci sembra facile, in apparenza: si tratta di una bellissima autostrada, sulla quale possiamo procedere ad alta velocità ma che conduce a un disastro. L'altra strada – che raramente ci decidiamo a imboccare – offre l'ultima e unica probabilità di raggiungere una meta che ci consenta di conservare l'integrità della Terra.⁷

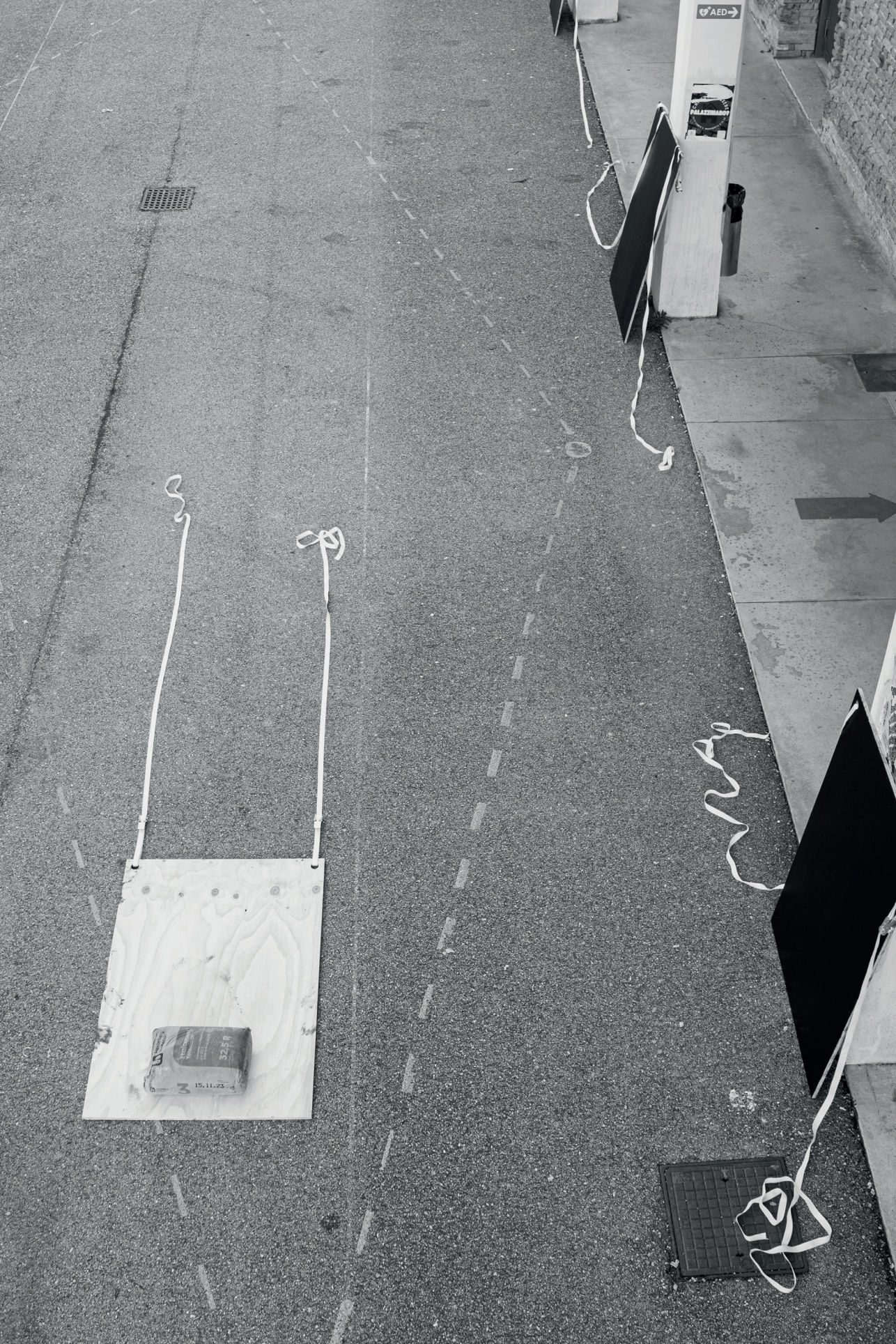
7 Carson, R. (1963). *Primavera silenziosa*. Milano: Feltrinelli.

19.12.2023

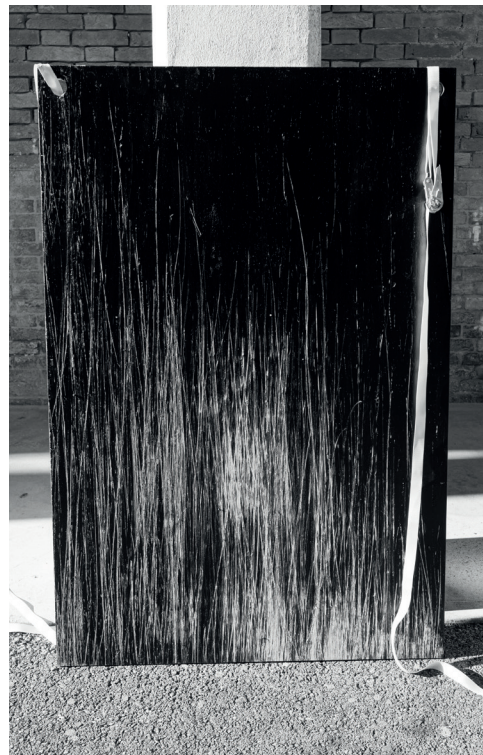
Performance

Anna Bonfante
Eleonora Bordiga
Gloria Borsoni
Emma Gudiy Caresia
Alice De Biasio
Daniela Decaro
Vania Levorato
Nicolò Olivieri
Donatella Ottoboni
Laura Pugno
Daria Romanova











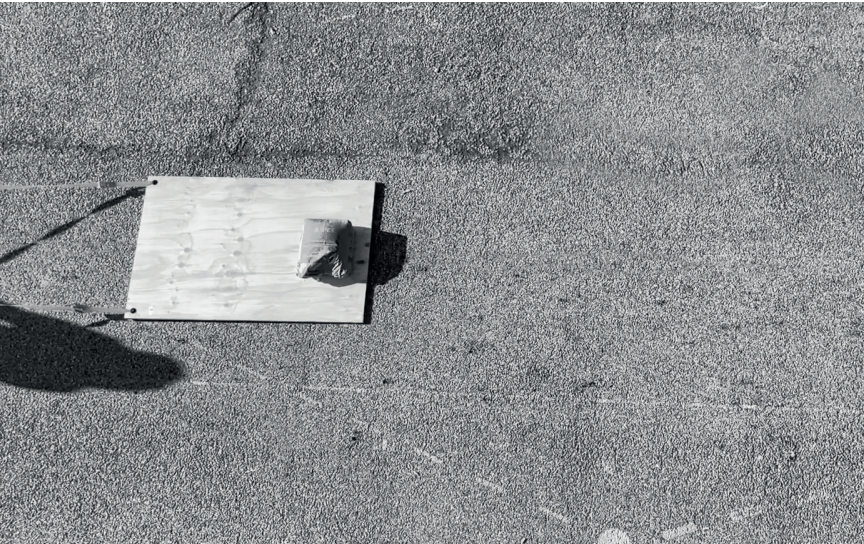














Contributi Accademici

Fabio Piccinelli

Paolo Giardullo

Beatrice Rosso

Alberto Pivato

Valeria Tatano

Elena Giacomello

Shaul Bassi

Aria pesante: un problema da risolvere

Gas serra, gas inquinanti e particolato: una minaccia per la vita futura del nostro pianeta

Introduzione

L'aria che respiriamo tutti i giorni ha una composizione adatta alla vita degli organismi che popolano la terra. Tale concentrazione non è troppo bassa da impedire la vita degli organismi aerobi eterotrofi come l'essere umano, e non è troppo alta da produrre una miscela gassosa troppo reattiva (esplosiva) nei confronti del materiale organico. Non considerando il vapore acqueo presente (aria secca) l'aria è costituita da azoto (N_2) al 78% in volume, ossigeno (O_2) al 21%, argon (Ar) al 0.9% e anidride carbonica (CO_2) 0.04%. L'origine del gas argon deriva dal decadimento radioattivo dell'isotopo 40 dell'elemento potassio (^{40}K) che si trasforma nell'isotopo argon 40 (^{40}Ar). Il potassio, come ione, si trova diffusamente nei minerali e nelle rocce della crosta terrestre. Tuttavia, la composizione dell'aria nell'atmosfera della terra ha subito evoluzioni nel tempo. Cinque miliardi di anni fa, essa era priva di ossigeno e non esistevano organismi aerobi. Le prime tracce di

ossigeno comparvero solo 2-1,5 miliardi di anni fa, quando i primi organismi autotrofi furono in grado di produrre O_2 cibandosi della CO_2 prodotta da organismi eterotrofi che vivevano in assenza di ossigeno. Nel periodo che va tra 540 milioni di anni fa ad oggi la concentrazione di ossigeno è aumentata fino a un massimo del 30%, per poi stabilizzarsi all'attuale valore (Holland 2006). La presenza nell'aria di gas come CO_2 e H_2O nella troposfera,¹ garantisce il mantenimento di una temperatura media sulla terra di 15°C, compatibile con la vita, e una limitata escursione termica giorno/notte. Ciò è dovuto al cosiddetto effetto serra. Il 50% dei raggi provenienti dal sole (ultravioletti, visibili e infrarossi) vengono assorbiti dalla crosta terrestre che si scalda. Ogni corpo che si scalda diventa sorgente di radiazioni infrarosse. In questo caso, tali radiazioni vanno dalla crosta terrestre all'atmosfera dove incontrano i due gas CO_2 e H_2O (denominati gas serra), i quali hanno la

1 Lo strato di aria che si estende dalla superficie della terra verso l'atmosfera per circa 18 km.

caratteristica di assorbire tale radiazione emettendo calore, che si traduce nella riemissione di altra radiazione infrarossa. Tale radiazione, in una certa percentuale, raggiunge la crosta terrestre e questo processo di assorbimento ed emissione si ripete varie volte. L'effetto finale è quello di un riscaldamento della troposfera (effetto serra). Un'altra molecola molto importante per la vita sulla terra è l'ozono (O_3) che è presente nei primi strati della stratosfera.² La molecola di ozono che si forma per

reazione fotochimica tra l'atomo e la molecola di ossigeno, è in grado di assorbire praticamente tutta la radiazione ultravioletta (UV-B e C) proveniente dal sole (100-315 nm), lasciando passare le radiazioni con lunghezza d'onda da 315 nm in su, incluse le radiazioni visibili e infrarosse. Le radiazioni ultraviolette che grazie alla molecola di ozono non arrivano sulla terra sarebbero estremamente nocive per la salute degli organismi che popolano la terra, poiché possiedono una elevata energia.

Emissioni gassose e particolato

Sebbene le attività umane siano rivolte allo sviluppo e al progresso della civiltà, inevitabilmente hanno un impatto non sempre positivo sulla salute del pianeta terra e dei suoi abitanti. Tali attività producono sia gas che particolato, che vengono immessi nell'atmosfera. Prendendo come riferimento gli Stati Uniti d'America, settori come il commercio, i trasporti, le attività industriali, il riscaldamento residenziale e la produzione di energia elettrica consumano quantità ingenti di combustibili fossili (a base di idrocarburi o carbone). In particolare, i trasporti consumano principalmente

i derivati del petrolio, per la generazione di elettricità si usa molto il carbone, per le attività industriali in misura paragonabile petrolio e gas naturale (metano CH_4 , ad esempio).³ Quest'ultimo è molto sfruttato nel riscaldamento residenziale. I gas e il particolato che vengono immessi principalmente nell'atmosfera, a seguito delle attività umane sono di seguito passati in rassegna.

Si segnalano le emissioni gassose primarie, secondarie e il particolato primario e secondario. Partiamo dai gas primari, quelli direttamente emessi nell'atmosfera da attività umane.

Emissioni gassose primarie

Metano (CH_4)

A seguito dell'estrazione e della distribuzione del metano per la produzione di energia, si possono avere perdite significative di questo gas nella troposfera. Anche le discariche di rifiuti sono fonti di metano, a seguito di processi fermentativi

anaerobici (in assenza di ossigeno) a opera di batteri, che portano alla formazione del cosiddetto biogas. Anche microorganismi coinvolti nei processi digestivi del bestiame producono metano; conseguentemente il settore agricolo che coinvolge

2 Lo strato di aria che si estende a partire da 18 km dalla superficie della terra fino a circa 50 km.

3 U.S. Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov>.

l'allevamento di bestiame, contribuisce a immettere quantità significative di tale gas nell'atmosfera. Il metano ha un importante effetto serra e la sua immissione nell'atmosfera ha contribuito a incrementare il fenomeno del surriscaldamento globale. Infatti, un accumulo, oltre misure di gas serra nell'atmosfera esaspera il processo di assorbimento e riemissione di radiazione infrarossa, con conseguente sviluppo di calore.

È ben noto che il metano ha un effetto serra più importante dell'anidride carbonica. Infatti, l'indice di impatto sul riscaldamento del pianeta

(Global Warming Potential – GWP) del metano è 23 volte più elevato rispetto alla CO₂. Tale indice tiene conto dell'efficacia con cui il gas assorbe la radiazione infrarossa, del suo tempo di residenza nell'atmosfera ma non della quantità con cui è presente. Vista la maggiore facilità con cui si può rimuovere il metano dall'atmosfera (esso ha un tempo di residenza nell'atmosfera di 10-15 anni) e il suo significativo effetto serra, gli esperti suggeriscono di concentrare l'attenzione su tale gas per potere avere un significativo miglioramento del problema nei prossimi 25 anni.

Anidride carbonica (CO₂)

Il principale prodotto che si origina dal consumo di combustibili fossili, di cui le attività umane fanno un gran uso, è l'anidride carbonica. Tale gas, pur avendo il più basso indice GWP tra quelli emessi, è talmente

abbondante da preoccupare gli esperti in merito agli sconvolgimenti climatici dovuti al riscaldamento globale. Inoltre, l'anidride carbonica rimane residente nell'atmosfera per migliaia di anni.

Monossido di carbonio (CO)

Tale gas, molto pericoloso per gli organismi che trasportano ossigeno molecolare alle cellule tramite sistemi bioinorganici quali l'emoglobina per esempio, viene prodotto in discreta quantità, a seguito della combustione di materiale fossile in carenza di ossigeno molecolare (O₂). Ciò accade

nei motori a scoppio e nelle stufe a combustione. Nel secondo caso, il pericolo per la salute è molto più rilevante poiché il CO (incolore e inodore) una volta accumulatosi nell'ambiente chiuso di una abitazione si concentra e causa avvelenamento mortale.

Ossidi di azoto (NO_x)

La produzione di energia attraverso l'utilizzo di combustibili fossili necessita di reazioni di combustione che normalmente hanno luogo ad alta temperatura. A questa temperatura, l'azoto dell'aria (N₂) si combina con l'ossigeno (O₂) per produrre gli ossidi di azoto. Nei motori a combustione il 98% di tali ossidi è

costituito da NO (monossido di azoto), la rimanente parte è costituita dal biossido di azoto (NO₂). Quest'ultimo è molto pericoloso per il sistema respiratorio degli umani. Dall'industria dei fertilizzanti, basata sulla produzione di acido nitrico, si ottengono quantità rilevanti di NO e N₂O (ossido di diazoto o protossido di azoto)

come prodotti secondari. N_2O mostra un importante effetto serra con un indice

GWP di circa 300 (contro 23 per metano e 1 per CO_2).

Ossidi di zolfo (SO_x)

I combustibili fossili contengono sempre zolfo, in misura variabile a seconda del giacimento da cui vengono estratti. I combustibili ad alto tenore di zolfo producono discrete quantità di ossidi di zolfo (SO_2 e SO_3).

Questi gas, a parte essere nocivi per l'apparato cardiocircolatorio, sono i precursori di alcune delle sostanze che costituiscono il particolato secondario, trattate di seguito nel testo.

Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Questa classe di composti il cui capostipite è il benzopirene, assieme al benzene, hanno origine dalle benzine e rappresentano una famiglia di molecole refrattarie alla combustione e perciò più facilmente emessa nell'atmosfera

dai veicoli a combustione. Permangono nell'atmosfera per circa tre anni, hanno caratteristiche lipofile ed è dimostrato un loro accumulo nei tessuti adiposi degli organismi viventi. Sono pericolosi per documentati effetti cancerogeni.

Diossine

Le diossine, in particolare la capostipite 2,3,7,8-tetracloro dibenzo-p-diosina (TCDD) vengono prodotte a seguito dell'incenerimento dei rifiuti organici in presenza di materie plastiche contenenti

cloro, ad esempio il polivinilcloruro (PVC) contenuto nei sacchetti di plastica. Le diossine hanno documentate proprietà cancerogene e la loro pericolosità è analoga a quella degli IPA.

Clorofluorocarburi (CFC)

Sono sostanze perlopiù gassose utilizzate verso la fine del secolo scorso come gas refrigeranti per frigoriferi, condizionatori e come propellenti. I CFC, immessi abbondantemente nell'atmosfera, hanno due effetti principali: i) un importante effetto serra (indice GWP = fino a 10.600) e ii) riducono lo spessore dello strato di ozono della stratosfera. In particolare, queste molecole a contatto con la radiazione UV del sole reagiscono fotochimicamente producendo atomi di cloro. Tali atomi, reagiscono a loro volta con la molecola di ozono, consumandola. La riduzione dello strato

d'ozono (il famoso buco nello strato di ozono) ha avuto importanti effetti sulla salute umana. Infatti, in deficit di tale molecola parte delle radiazioni UV ad alta energia (a lunghezza d'onda minore di 300 nm) arrivano sulla terra ed entrano in contatto con la nostra epidermide, per esempio, procurando a seguito di una prolungata esposizione tumori alla pelle. L'uso dei CFC è stato bandito nel mondo occidentale a partire dal 1996. I CFC sono stati sostituiti dai HFC (il cloro è stato sostituito da idrogeno) che seppur innocui nei confronti dell'ozono, rimangono gas a effetto serra.

Emissioni gassose secondarie

Tali emissioni costituiscono lo smog fotochimico e sono il prodotto di reazione fotochimica tra i gas primari (tipicamente NO_x e i composti organici volatili a base di carbonio e idrogeno emessi dai veicoli di trasporto) e la radiazione solare. I principali costituenti dello smog

fotochimico sono due: la molecola di ozono (O_3) e i perossiacetilnitrati (PAN). Queste sostanze sono particolarmente irritanti per gli occhi e per l'apparato respiratorio umano. L'ozono inoltre ha un impatto negativo anche sull'ecosistema e la vegetazione.

Particolato primario

È costituito dalle polveri che vengono immesse direttamente nell'atmosfera dalle attività umane e naturali. Il particolato primario a seguito di fenomeni naturali è dovuto ad esempio, a eruzioni vulcaniche, a spore batteriche, al polline e alle polveri derivanti da fenomeni erosivi di rocce. Normalmente le polveri emesse da tali attività naturali sono piuttosto grossolane, con una dimensione media di 10 micrometri⁴ (polveri PM10). Per tale motivo, tali polveri non penetrano

in profondità nell'apparato respiratorio umano e vengono ben trattenute a livello di naso e faringe. Il particolato primario derivante dalle attività umane invece ha dimensioni molto più ridotte, inferiori a $0,1 \mu\text{m}$ (PM01). Tale particolato molto fine può raggiungere pure gli alveoli polmonari ed entrare nel sistema circolatorio sanguigno. Processi quali, traffico veicolare, processi produttivi e di riscaldamento immettono quantità non trascurabili di tale particolato.

Particolato secondario

Grazie a fenomeni chimico-fisici che avvengono nell'atmosfera, il particolato primario evolve in particolato secondario. Tra i fenomeni fisici ricordiamo la coagulazione e la condensazione di vapori a dare particelle composite di dimensione maggiore. Tra i fenomeni chimici ricordiamo invece la combinazione dei vapori come NO_x e SO_x con le goccioline di acqua disperse in atmosfera a dare acido nitrico (HNO_3) e solforico (H_2SO_4), rispettivamente. Si forma un particolato secondario che prende il nome di *droplets*, che può crescere di dimensione a seguito di un ulteriore processo coagulativo. Queste goccioline a base acquosa a carattere acido hanno un importante impatto non

solo per le opere umane, quali gli edifici, i monumenti e i materiali metallici, ma hanno importanti conseguenze per l'ecosistema. Ad esempio, le foglie delle piante subiscono un danneggiamento e il suolo, che diventa acido, è così in grado di sciogliere i nutrienti per le piante che quindi non risultano più accessibili alle radici. Inoltre, la produzione in ambiente acido dello ione alluminio libero rappresenta un ulteriore problema per le piante, per le quali questo costituisce una sostanza tossica. Infine, nel caso delle *droplets* a base di acido solforico si deve segnalare il fenomeno della solfatazione dei carbonati contenuti nelle rocce delle nostre montagne (Dolomiti, in particolare). A seguito di

4 1 micrometro (μm) = 10^{-6} m.

tale processo, si verifica il fenomeno di dilavamento delle rocce che si frantumano e con l'ausilio dell'acqua vengono erose.

Sebbene il particolato secondario rappresenti una sorta di evoluzione anche dimensionale del particolato primario, le dimensioni in gioco

rimangono sopra la soglia di pericolo. Il particolato secondario, di dimensione media non superiore a $1\ \mu\text{m}$ (PM1), può infiltrarsi in profondità nell'apparato respiratorio. Il particolato è anche un importante vettore di virus, batteri e di vapori o sostanze tossiche per la salute umana.

Tossicità a confronto ed evoluzione temporale delle emissioni

In una scala relativa in cui il monossido di carbonio ha indice 1 di tossicità, gli idrocarburi volatili rilasciati in atmosfera dal traffico veicolare hanno indice 2, gli ossidi di zolfo indice 28 e quelli di azoto 78. Il pericolo numero uno per la salute umana è comunque il particolato fine, in particolare le polveri sottili con dimensione molto ridotta (PM<1).

Dal Novecento ad oggi, le emissioni di gas a effetto serra sono aumentate in continuazione, anche se la vera impennata in tali emissioni è avvenuta dal 1970 in poi e in particolare riguarda l'emissione di CO_2 . Ciò vuol dire che la quantità di combustibili fossili impiegata per la produzione di energia è aumentata in maniera esponenziale a partire da tale anno.⁵

Dal 1990 ad oggi, tra i gas serra emessi solo l'anidride carbonica ha un trend in deciso aumento.⁶ La composizione media in volume della miscela di gas serra presente in atmosfera è: CO_2 (85%); N_2O (8%); CH_4 (6%); $\text{CFC}+\text{HFC}+\text{SF}_6 + \text{O}_3$ (1%). L'impatto di ogni componente di questa miscela nel determinare un riscaldamento globale è commisurato all'indice GWP sopra discusso. In particolare, la CO_2 impatta per il 52%, il metano per il 17%, l'ozono per il 13%, la miscela $\text{CFC}+\text{HFC}+\text{SF}_6$ per il 13% e N_2O per il 5%.⁷ Gas nocivi come SO_x e NO_x registrano emissioni in netto calo già a partire dagli anni Ottanta dello scorso secolo ma tale diminuzione risulta essere meno decisa negli ultimi anni.⁸

Strategie di controllo e di riduzione delle emissioni

Tra le molteplici strategie di controllo messe in atto, quelle più significative saranno brevemente illustrate in questo paragrafo. Per il trattamento del particolato molte aziende si sono dotate di 'cicloni', che sono macchinari in grado di separare il particolato di un

gas inquinato in entrata, restituendo aria pulita in uscita. Molte aziende si sono munite di questo accessorio a valle dell'apparato di emissione. Per evitare emissioni ricche di SO_x una possibile adeguata soluzione è l'impiego di sistemi di desulfurizzazione del combustibile.

5 Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Australian Government. <https://www.csiro.au>.

6 Rhodium group. <https://rhg.com/>.

7 IPCC – Focal Point Italia. <https://www.emcc.it/>.

8 Fonte per SO_x : IIASA (www.iiasa.ac.at); fonte NO_x : NAEI (National Atmospheric Emissions Inventory; <https://naei.beis.gov.uk/overview/index>).

Per gli ossidi di azoto, un'interessante soluzione è rappresentata dalla conversione degli NO_x prodotti durante la combustione in ammoniaca, tramite l'impiego di catalizzatori e idrogeno a una certa temperatura. Il controllo delle emissioni di CO_2 è un problema molto sentito. L'attuale strategia che consente di ridurre le emissioni di tale gas è definita 'cattura e sequestro del diossido di carbonio' (CCS) grazie alla quale la CO_2 prodotta da combustioni non viene rilasciata nell'atmosfera ma viene confinata e stoccata nell'impianto che l'ha prodotta.

Chiaramente, per risolvere questo problema globale riguardante le emissioni antropiche nell'atmosfera è necessario uno sforzo globale. Bisogna che scienziati e politici si mettano insieme, nel tentativo di produrre una soluzione credibile ed efficace a questo problema. Nuove tecnologie e nuovi combustibili devono essere impiegati tenendo conto non solo del rapporto costi/benefici ma anche, e forse principalmente, della salute del nostro pianeta, che include l'intero ecosistema che comprende tutti gli esseri che lo abitano. In tal senso, proposte affascinanti sulle quali riversare le nostre speranze sono rappresentate dalle fonti di energia rinnovabile. Il petrolio, come capostipite dei combustibili fossili, non è una fonte rinnovabile e quindi va sostituito al più presto. Non solo, l'uso del petrolio inquina l'aria, inquina il nostro pianeta. Sono invece promettenti fonti di energia rinnovabile: i) il fotovoltaico, che sfruttando l'energia solare per produrre altra energia, è una fonte che

si esaurirà solo quando la stella sole cesserà di vivere.; ii) la combustione di idrogeno molecolare (H_2) a dare acqua, che non contenendo carbonio non produrrebbe CO_2 , con tutti i vantaggi che questo comporta. Inoltre, potendo potenzialmente essere ottenuto dall'acqua può essere considerato un combustibile rinnovabile. Infatti, l'idrogeno potrebbe essere riottenuto dal prodotto della sua combustione, l'acqua appunto. L'uso di batterie, almeno nell'ambito del trasporto veicolare, sarebbe una buona soluzione al problema ambientale delle emissioni, anche se la gestione e lo smaltimento delle batterie esauste sarebbe un argomento di cui tenere conto. Altre possibili soluzioni potrebbero riguardare il contenimento dei consumi e/o il miglioramento tecnologico per rendere più efficienti i processi di conversione energetica.

Tecnologie quali il fotovoltaico e l'impiego di idrogeno come combustibile sono ancora piuttosto costose, tanto che una loro massiccia industrializzazione non risulta ancora sostenibile. Per arrivare a un abbassamento dei costi di produzione, la ricerca scientifica ha un ruolo cruciale: individuare processi produttivi di idrogeno e di impianti fotovoltaici a costi ridotti. I governi degli stati mondiali dovrebbero avere come priorità il finanziamento della ricerca scientifica. Non solo la ricerca porta progresso e quindi benessere ma può brillantemente risolvere problemi come quello trattato in questo contributo, che minacciano la vita dell'intero pianeta terra e di chi lo abita.

Bibliografia

Holland, H.D. (2006). «The Oxygenation of the Atmosphere and Oceans». *The Philosophical Transaction of the Royal Society B*, 361, 903-15. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1578726/pdf/rstb20061838.pdf>.

L'inquinamento atmosferico e i suoi paradossi sociali: tra sviluppo e conseguenze per la salute

Introduzione

L'inquinamento atmosferico è un caso paradigmatico della relazione tra società e ambiente. Infatti, è davvero difficile individuare un'attività umana che non sia responsabile, in una qualche misura, dell'emissione nell'aria di sostanze inquinanti con conseguenti ricadute per la salute umana (WHO 2023). La produzione di energia, i riscaldamenti domestici, le attività agricole così come i mezzi di trasporto che scegliamo per i nostri spostamenti di tutti i giorni sono tutte fonti che emettono nella troposfera sostanze dannose (EEA 2023). Lo spettro di attività umane capaci di compromettere la qualità dell'aria che respiriamo è dunque ampio e, come riportato da diverse fonti (EEA 2022; Barker, Tingey 2012), riguarda anche gli ecosistemi nel loro complesso. Si direbbe un fenomeno che interessa tutti in ugual misura e, in effetti, è facile da interpretare in questo modo. Esattamente come si è soliti dire 'viviamo tutti sotto lo stesso cielo' si

potrebbe agevolmente traslare questa formula affermando che 'respiriamo tutti la stessa aria'. Un'interpretazione di questo tipo ha un fondo di verità ma nasconde delle insidie. In uno studio dei primi anni Settanta, pionieristico per l'epoca, William Burch (1971) rilevava che negli Stati Uniti le classi sociali con il reddito più basso sono anche quelle esposte in maniera sproporzionatamente più alta a concentrazioni elevate di inquinanti. In effetti esistono delle differenze, geografiche ma soprattutto sociali ed economiche, che danno luogo a disuguaglianze rispetto all'esposizione agli inquinanti. Non solo. Come si vedrà, anche la possibilità di intervenire per ridurre i livelli dell'inquinamento, attraverso l'uso di tecnologie e normative, sia su fonti stazionarie (case e impianti produttivi) sia su quelle mobili (automobili e più in generale i mezzi di trasporto) di sostanze responsabili della contaminazione dell'aria. Questo breve contributo intende affrontare tali

aspetti che riguardano l'inquinamento outdoor¹ con lo scopo di aggiungere alcuni spunti di riflessione: senza pretesa di esaustività, nelle prossime pagine si evidenzieranno aspetti connessi all'inquinamento atmosferico a partire dalle dimensioni dello sviluppo industriale ed economico, le conseguenze

sull'ambiente (le cosiddette esternalità negative) e i rimedi previsti. Oltre ai divieti, le politiche sono spesso orientate all'utilizzo di nuove tecnologie volte a contenere le emissioni e anche su questo fronte si registrano elementi paradossali che emergono sia nel confronto tra stati sia all'interno del nostro stesso Paese.

Un passo indietro: ricchezza, benessere e rischi ambientali

Ulrich Beck, uno dei più importanti sociologi degli ultimi trent'anni a livello mondiale, deve la sua fama all'intuizione del ruolo cruciale che hanno i rischi tecnologici e ambientali nel configurare la società contemporanea (Beck 2000). In sostanza, sostiene Beck, la società e le parti che la compongono possono essere lette alla luce dell'esposizione ai rischi. Soprattutto, tali rischi provengono direttamente dalle attività umane che hanno portato al benessere a cui ci siamo abituati: nel vivere da cittadini e cittadine di società occidentali, del nord-globale possiamo godere di un benessere diffuso che ha contraddistinto la fase della modernità successiva al secondo conflitto mondiale. I cosiddetti 'trenta gloriosi' ovvero il periodo di trent'anni successivo al 1945, ha visto un progresso industriale dall'enorme portata. Questo è avvenuto soprattutto per alcuni paesi, quelli del nord-globale, in cui si sono affermati servizi e l'accesso a beni di consumo che hanno effettivamente migliorato la qualità della vita per ampie fasce di popolazione (Pellizzoni, Osti 2008) e solo in un secondo momento anche altri paesi. Facendo un breve elenco di questi progressi possiamo facilmente richiamare alla mente le basi del benessere che

contraddistinguono le nostre società dedite al consumo, sostenute dalla produzione agricola capace di soddisfare una popolazione in crescita grazie ai successi della chimica applicata ai fertilizzanti e della zootecnia; case sempre più confortevoli dotate di sistemi di riscaldamento e, più recentemente di raffrescamento; energia elettrica a disposizione in maniera capillare per un numero crescente di tecnologie fisse e mobili. Se pensiamo alla mobilità, poi, non possiamo che rilevarne l'importanza per le società industrializzate, prodotto di massa che ha spinto l'occupazione nel settore industriale, simbolo di ricchezza raggiunta ma prima ancora mezzo concreto su cui si fondano le relazioni lavorative oltre che quelle quotidiane (Mattioli, Colleoni 2016). In questo contesto, la tesi di fondo della società del rischio proposta da Beck, fatalmente pubblicata poco meno di un anno prima del disastro di Chernobyl nella prima edizione in tedesco nel 1986, ci invita a ragionare sul lato oscuro della nostra società: che da un lato ha garantito benessere per molti – anche se non per tutti – esponendoci tutti a una serie di minacce dalla portata enorme. Si tratta di minacce direttamente connesse al

¹ Si distingue tra qualità dell'aria indoor e qualità dell'aria outdoor: nel primo caso si parla della contaminazione dell'aria in ambienti chiusi; nel secondo invece ci si riferisce all'inquinamento all'aperto, cf. anche nota 2. In entrambi i casi, si riporta che sono sempre i paesi più poveri a registrare le conseguenze più gravi in termini di morbilità e mortalità imputabile alla scarsa qualità dell'aria. Per quanto riguarda l'inquinamento indoor è notevole il peso di combustibili fossili (carbone e lignite) e della legna che sono utilizzati in case spesso non dotate di un'adeguata areazione.

nostro sviluppo tecnologico, alle modalità connaturate al sistema di produzione economica dominante (quello capitalista) e ai nostri stili di consumo. Accanto a disuguaglianze economiche e sociali, che comunque non spariscono nel contesto delle società più benestanti, quelle stesse tecnologie che ci soddisfano ampiamente i nostri bisogni produrrebbero anche una sorta di livellamento: le tecnologie che garantiscono benessere per molti produrrebbero rischi a cui, in maniera crescente, tutti siamo ugualmente esposti. Le disuguaglianze sociali prodotte dal reddito, dalle rendite della famiglia in cui si è nati, così come quella di ceto (titoli di studio, stili di vita) sarebbero controbilanciate dal fatto di essere esposti tutti e tutte ai medesimi rischi. Lo slogan di Beck che ben riassume questo principio si trova in apertura del suo celebre libro: «La fame è gerarchica, lo smog è democratico» sottolineando appunto un'azione livellante.

Respireremmo tutti la stessa aria dunque. Un'affermazione del genere non è del tutto inesatta: un'area densamente popolata, carica di infrastrutture e realtà produttive (agricole e industriali), quale è ad esempio il bacino della Pianura Padana, mantiene il livello di concentrazioni di alcuni inquinanti piuttosto uniforme al suo interno. Allo stesso modo, zone come la Polonia meridionale, dove si fa un ampio uso di carbone per il riscaldamento domestico hanno concentrazioni di inquinanti costantemente elevate nei mesi invernali

come ci mostrano i dati più recenti dello European Air Quality Index.² L'interpretazione di Beck sembra dunque tenere: il confort e il benessere, così come uno dei beni di consumo più utilizzati e diffusi come l'automobile che ci garantisce autonomia negli spostamenti, si porta dietro un effetto perverso, il rovescio della medaglia di un rischio per la salute e per l'ambiente.

Tuttavia, se cambiamo prospettiva ci scontriamo con alcuni elementi che stridono con la visione di Beck. In primo luogo, le morti premature da inquinamento sono decisamente più alte in alcune regioni del mondo anziché in altre: si tratta di quelle aree in cui più facilmente troviamo un uso diffuso di combustibili fossili e biomasse per le pratiche quotidiane come cucinare o scaldare, ma anche di aree in cui sono presenti grandi impianti manifatturieri che emettono inquinanti in elevata quantità. È un tratto che caratterizza i paesi più poveri rispetto a quelli più ricchi (Hekmatpour, Leslie 2022). Sebbene i decessi prematuri imputabili all'inquinamento atmosferico siano in calo negli ultimi trent'anni nei 169 stati considerati nello studio, quelli più poveri mantengono un livello sensibilmente superiore rispetto ai paesi più ricchi. Geograficamente, le morti da inquinamento si concentrano nell'Africa Subsahariana, nel Sud-Est asiatico e nei paesi Arabi, inclusi quelli della sponda meridionale del mediterraneo.³ Questi dati non devono però farci pensare che il problema dell'inquinamento

2 <https://airindex.eea.europa.eu/AQI/index.html>.

3 Va specificato che questo dato riguarda anche l'inquinamento indoor: l'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO 2023) riporta che sono sempre i paesi più poveri a registrare le conseguenze più gravi in termini di morbilità e mortalità imputabile alla scarsa qualità dell'aria. Per quanto riguarda l'inquinamento indoor è notevole il peso di combustibili fossili (carbone e lignite) e della legna che sono utilizzati in case spesso non dotate di un'adeguata areazione: poche finestre o assenza di canne fumarie per la dispersione dei fumi. Su questo punto si evidenzia anche una marcata incidenza del genere (Chan, Brende, Mohammed 2016): le donne, che in quei paesi trascorrono più tempo in casa, sono più esposte assieme ai bambini più piccoli. Allo stesso modo le persone anziane. In sostanza, nei paesi più poveri, il fatto di non lavorare (inattività) e il lavoro di cura sono fattori che portano a una maggiore esposizione ad agenti inquinanti con conseguenti ricadute sulla salute.

atmosferico sia legato soltanto a contesti lontani dal nostro; infatti, l'Europa orientale è comunque caratterizzata da tassi di mortalità da inquinamento paragonabili a quelli dei paesi asiatici (Hekmatpour, Leslie 2022). In effetti, paesi membri dell'Unione europea quali ad esempio Bulgaria, Polonia e Romania hanno un'incidenza di morti premature imputabili all'inquinamento atmosferico spiccatamente elevate, rispettivamente 8,92 ogni 1.000 decessi, 8,13 e 7,94 ogni 1.000.⁴ Dunque, ci sono delle differenze tra chi risiede in paesi poveri e chi invece risiede in paesi ricchi; esistono degli svantaggi derivanti dall'assenza di norme stringenti per la tutela dell'ambiente, ma come si spiega allora che paesi membri dell'Unione europea abbiano un così elevato livello di morti premature? Un aspetto rilevante riguarda la crescita economica: attualmente a livello globale esistono paesi specializzati nella produzione manifatturiera. I processi di delocalizzazione hanno portato i paesi con manodopera a basso costo ad accogliere imprese che producono beni che saranno esportati verso altri paesi. Si parla ad esempio della Cina come fabbrica globale (Zhang 2006) ma anche in altri contesti sono molti i paesi specializzati nella produzione, dove si concentrano molte realtà manifatturiere: queste realtà si portano dietro però numerose ricadute ambientali, tra cui anche spiccano le emissioni di sostanze nocive. In sostanza, ci dicono le rielaborazioni su dati economici di lungo periodo, ci troviamo davanti a uno scenario di questo tipo: i paesi più poveri anche quando vedono crescere il proprio

PIL perché producono per, ed esportano verso, i paesi più ricchi, vedono crescere gli svantaggi per i propri cittadini da un punto di vista della salubrità dell'aria che respirano (Hekmatpour, Leslie 2022). È quello che viene chiamato uno scambio ecologico negativo: una contropartita economica relativamente bassa per un peggioramento delle condizioni ambientali che colpisce i paesi meno ricchi. Pertanto, non possiamo che constatare come uno squilibrio di potere economico tra le diverse aree del mondo riproduca disparità nelle conseguenze in termini di salute per quanto riguarda l'inquinamento atmosferico. Come se non bastasse, questa disparità si aggrava in termini di potenziali ricadute sui sistemi sanitari: prima delle morti premature vi sono tutte le patologie connesse a elevate concentrazioni di inquinanti i cui effetti che ricadono pesantemente in termini di spesa per i sistemi sanitari e, come se non bastasse, sulla produttività economica in termini di giornate non lavorate per malattia (Lanzi 2016).

Appare evidente che la prospettiva di Beck non si attaglia molto bene a come si sviluppano le problematiche connesse all'inquinamento atmosferico: anche lo smog, soprattutto nei suoi effetti per la salute umana, segue un asse gerarchico (Giardullo 2018; Maturo, Moretti 2018; Burch 1971).

In tempi recenti però emerge come lo squilibrio non è soltanto rilevabile rispetto alle conseguenze, anzi si sta rendendo evidente la distanza tra paesi che sono in grado di applicare strategie per la riduzione dell'inquinamento e altri che non lo sono.

4 La media tra gli Stati membri dell'Unione europea è pari a 4,24 decessi per 1.000 abitanti. L'Italia fa registrare un valore comunque superiore alla media con 7,33 decessi per 1.000 abitanti. Rielaborazione condotta dall'Autore a partire da dati Eurostat aggiornati al 2022.

Paradosso: condizioni per fare meglio inegualmente distribuite

Molto spesso le soluzioni volte a ridurre le emissioni e, di conseguenza, le concentrazioni nell'aria di sostanze inquinanti sono di tipo tecnologico. Accompagnandosi al divieto di utilizzo di alcuni mezzi o combustibili gli interventi che si possono registrare nel corso della storia dell'inquinamento si caratterizzano per tentativi condotti attraverso nuove tecnologie, siano filtri o macchine più performanti. In buona sostanza, si tenta di porre rimedio agli effetti perversi di alcune tecnologie con altre tecnologie (Giardullo 2018). Ci sono molte aspettative da parte dei decisori politici e dei legislatori rispetto alle tecnologie sviluppate da aziende e vi sono anche molti investimenti in ricerca attraverso piani di finanziamento.⁵ Tuttavia, ci sono diversi aspetti controversi connessi a questo tipo di impegno: in primo luogo non tutti i paesi sono in grado di stanziare cifre importanti per sviluppare nuove tecnologie o anche solo acquistarle. Alle disuguaglianze economiche, poi, si possono aggiungere quelle rispetto agli standard: infatti, se è vero che alcune innovazioni meno inquinanti hanno un costo che va sostenuto in qualche modo, è altrettanto vero che il divieto di alcune soluzioni inquinanti è qualcosa che occorre potersi permettere. Questo aspetto rilancia le differenze tra paesi poveri e paesi ricchi: lo scambio ecologico negativo a cui si è accennato prima si basa proprio sul fatto che i paesi più poveri, dove si delocalizza in virtù di garantirsi occupazione e ritorno economico con investimenti di capitali esteri tendono ad accettare quella condizione. Non è una storia nuova: già ai tempi della prima conferenza

mondiale sull'ambiente, Indira Gandhi (1972) richiamava l'attenzione sul fatto che i paesi più poveri sono costretti ad abbracciare l'estrazione di risorse (vegetali, fossili, animali) a favore dei paesi più ricchi che consumano per garantire la propria sussistenza.⁶ Questo stesso processo riguarda, al giorno d'oggi, gli impianti industriali più inquinanti. Abbiamo però anche altri elementi che ci fanno prefigurare uno scambio ecologico ineguale: è sufficiente pensare a una delle fonti mobili di inquinamento più rilevanti, ovvero le automobili. I più recenti interventi proposti in Italia, ad esempio, uniscono incentivi all'acquisto di auto meno impattanti (elettriche soprattutto) e divieti di utilizzo di quelle che non soddisfano gli standard più elevati: nei mesi invernali alcune auto con motorizzazione diesel non possono circolare in tutto il bacino padano se i livelli inquinanti sono oltre la soglia di allarme. Questo ha comportato un mercato in uscita di auto più inquinanti verso l'estero, in particolare i paesi della parte orientale dell'Unione europea. Dai tassi di motorizzazione e dal parco veicolare circolante in Polonia e Romania notiamo un'ulteriore forma che può assumere lo scambio ecologico negativo: proprio quei paesi dell'Unione con alti tassi di mortalità da inquinamento acquistano le auto che altri paesi, come l'Italia, non accettano più.

I dati più recenti mostrano che Polonia e Romania hanno visto crescere la flotta di auto circolanti e il loro uso, quasi raddoppiando in un ventennio anche grazie all'importazione delle auto dismesse da paesi della parte occidentale

5 A titolo di esempio, l'Innovation Fund dell'Unione europea prevede oltre 3 miliardi di euro per progetti di ricerca innovazione votati alla transizione energetica.

6 <http://lasulawsenvironmental.blogspot.com/2012/07/indira-gandhis-speech-at-stockholm.html>.

dell'Unione europea. Polonia e Romania hanno oltre il 70% delle auto circolanti con più di dieci anni, mentre su quello stesso dato, paesi come la

Germania e l'Olanda non arrivano al 40%. Si conferma dunque lo scambio iniquo già precedentemente rilevato su questo frangente (Giardullo 2018).

Conclusioni: non solo una questione internazionale

L'inquinamento atmosferico, dunque, non è un rischio che colpisce alla cieca ma ricalca disuguaglianze preesistenti e anzi le rende più profonde. Questo è evidente tra paesi ricchi e paesi poveri ma avviene anche in contesti più ristretti geograficamente e più uniformi da un punto di vista giuridico in materia di ambiente, dove cioè ci sono i medesimi standard, come nel caso dell'Unione europea.

Queste disuguaglianze sono presenti anche nel nostro Paese e riguardano due aspetti fondamentali che rendono più evidente il paradosso.

Come è noto, l'Italia è un paese particolare caratterizzato da una certa eterogeneità: oltre alle note differenze tra Nord e Sud ci sono anche altre disuguaglianze, non meno serie da considerare, che emergono se cambiamo le lenti con cui leggiamo la penisola. Da un punto di vista delle concentrazioni di inquinanti il Nord dell'Italia, in particolare la Pianura Padana, è un'area che risente particolarmente della sua conformazione: un catino che tende

a trattenere le emissioni che sono lì prodotte. Il Mezzogiorno, invece, non soffre di questi aspetti seppure le città più grandi abbiano comunque gravi problemi di inquinamento da traffico.

Le regioni del Sud hanno il parco auto più vecchio, stando ai dati ACI più recenti (2023), e soprattutto hanno la minore dotazione di veicoli privati elettrici. Non è questa la sede per approfondire se tali differenze siano imputabili a un minore livello di ricchezza delle famiglie o a una minore disponibilità da parte dei governi regionali a dare incentivi. Tuttavia tali elementi fanno presagire, anche per quanto riguarda l'Italia, che gli strumenti per limitare l'inquinamento siano maggiormente disponibili in alcune regioni e sproporzionatamente scarse nelle regioni più povere. Anche in assenza di uno scambio ecologico, concentrazioni, fonti e tentativi di porre rimedio all'inquinamento sono distribuiti in maniera iniqua anche nel nostro Paese. Tutto questo ribadisce come i problemi ambientali siano, ineluttabilmente, problemi di disuguaglianza sociale.

Bibliografia

- ACI (2023). «Annuario statistico 2023». <https://www.aci.it/laci/studi-e-ricerche/dati-e-statistiche/annuario-statistico/annuario-statistico-2023.html>.
- Barker, J.R.; Tingey, D.T. (2012). «The Effects of Air Pollution on Biodiversity: A Synopsis». Barker, J.R.; Tingey, D. T (eds), *Air Pollution Effects on Biodiversity*. Berlin; Heidelberg: Springer Science & Business Media.
- Beck, U. (2000). *La società del rischio*. Roma: Carocci.
- Burch, W.E. (1971). «The Peregrine Falcon and the Urban Poor. Some Sociological Interrelations». Chan, M.; Brende, B.; Mohammed, A. (2016), *Air Pollution and Impacts on Women's and Children's Health and Climate Change*. <https://www.ccacoalition.org/news/air-pollution-and-impacts-womens-and-childrens-health-and-climate-change>.
- European Environment Agency (EEA) (2022). *Air Quality in Europe 2022*. <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2022>.
- European Environment Agency (EEA) (2023). *European Union Emission Inventory Report 1990-2021 – Under the UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution*. <https://www.eea.europa.eu/publications/european-union-emissions-inventory-report-1990-2021/download>.
- Giardullo, P. (2018). *Non è aria: cittadini e politiche contro l'inquinamento atmosferico*. Bologna: il Mulino.
- Hekmatpour, P.; Leslie, C.M. (2022). «Ecologically Unequal Exchange and Disparate Death Rates Attributable to Air Pollution: A Comparative Study of 169 Countries from 1991 to 2017». *Environmental Research*, 212, 113161.
- Lanzi, E (2016). *The Economic Consequences of Outdoor Air Pollution. Organization for Economic Cooperation and Development*. <https://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/Policy-Highlights-Economic-consequences-of-outdoor-air-pollution-web.pdf>.
- Mattioli, G.; Colleoni, M. (2016). «Transport Disadvantage, Car Dependence and Urban Form». Pucci, P.; Colleoni, M. (eds), *Understanding Mobilities for Designing Contemporary Cities*. Berlin: Springer, 171-90.
- Maturo, A.; Moretti, V. (2018). «Sociological Theories on Air Pollution: Between Environmental Justice and the Risk Society Approach». Capello, F.; Gaddi, A.V. (eds), *Clinical Handbook of Air Pollution-related Diseases*. Cham: Springer International Publishing, 603-20.
- Pellizzoni, L.; Osti, G. (2008). *Sociologia dell'ambiente*. Bologna: il Mulino.
- World Health Organization (WHO) (2023). *Air Pollution: The Invisible Health Threat*. <https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/air-pollution-the-invisible-health-threat>.
- Zhang, K. H (2006). *China as the World Factory*. Londra: Routledge.

Le microplastiche in ambiente sono ovunque: ma possono contaminare anche l'aria?

L'incredibile invenzione della plastica comincia già alla fine dell'Ottocento con il nitrato di cellulosa, fino a diventare in tutto il Novecento uno dei principali materiali di utilizzo dall'industria chimica, tessile, medica e anche artistica. Il motivo principale è che la plastica è un materiale economico, veloce e facile da lavorare, facilmente accessibile a tutti! Grazie al continuo e sofisticato progresso tecnologico, oggi esistono innumerevoli composizioni di materiali plastici, ideati e progettati ad hoc, per ogni uso. Basti pensare alla plastica e ai 'termopolimeri' utilizzati per produrre, per esempio i caschi spaziali degli astronauti, le lenti a contatto, gli scudi antiproiettile, o parti del motore di autovetture.

La spinta che ha portato lo scorso secolo a una sintesi così massiccia del materiale plastico è stata influenzata da numerosi fattori, quali economici, tecnologici, estetici e bellici durante il secondo dopoguerra, portando questo materiale a essere parte integrante e (indispensabile) delle nostre vite.

Che cosa ha determinato dal punto di vista ambientale tutto ciò? Ci troviamo in un'epoca in cui il forte impatto antropico, causato dalle attività umane, come quelle industriali, agricole,

domestiche o causate dal traffico veicolare, sta fortemente cambiando il mondo in cui viviamo. L'immissione di inquinanti di diversa natura derivanti dalle diverse sorgenti antropiche sta profondamente cambiando il clima globale, le comunità biologiche e vegetali, gli ecosistemi, i sistemi di circolazione oceanici e atmosferici, oltre che a un rischio diretto per la salute umana. Tra questi inquinanti, le microplastiche, frammenti molto piccoli provenienti dall'uso massiccio e globale della plastica, sono considerati dei nuovi inquinanti 'emergenti', scoperti da pochi anni dagli scienziati di tutto il mondo ma che hanno già attirato l'attenzione globale per il loro potenziale rischio per la salute degli organismi viventi e anche per l'uomo (Corami, Rosso 2023).

La definizione di microplastica è stata argomento di dibattito negli ultimi anni, finché nel 2019 l'European Chemical Agency (ECHA), le ha classificate come particelle o fibre composte da materiale plastico con dimensioni ben precise, da 5 mm a 1 μm (come scala dimensionale corrisponde a una dimensione mille volte più piccola di un mm). Le particelle che si trovano nel range dimensionale del millimetro possono, con fatica, essere visti anche

a occhio nudo, ma abbassando la scala dimensionale c'è bisogno di sofisticate tecniche analitiche strumentali per la loro quantificazione e identificazione (come il Micro-FTIR). Queste tecniche permettono di dare una specifica caratterizzazione chimica delle microplastiche che possono essere presenti in diverse matrici ambientali (ECHA 2019). Per esempio, plastiche molto diffuse in ambiente sono il polietilene (PE), la poliammide (PA o nylon), le plastiche fluorurate, o il polipropilene (PP). Dare quindi il 'nome e cognome' delle microplastiche che si trovano in ambiente risulta essere fondamentale per comprendere la loro provenienza, trasporto e impatto per gli organismi viventi e l'essere umano. Inoltre, anche la dimensione e la forma possono fornire informazioni importanti sul loro destino. Le microplastiche sono state identificate in tutto il mondo dai sedimenti, acque fluviali, lagunari, oceaniche, organismi come pesci crostacei, e anche nell'aria che respiriamo (Corami et al. 2021).

L'atmosfera è formata dall'aerosol, ovvero l'insieme di tutte quelle particelle solide o liquide che si trovano in sospensione in un gas. Tra queste particelle sono state identificate anche piccolissime particelle e fibre microplastiche che possono essere trasportate dai venti anche per numerosi chilometri e raggiungere il suolo tramite deposizioni per gravità o attraverso le piogge o la neve.

Le microplastiche in aria, possono avere molteplici sorgenti, come le attività industriali, edilizie (basti pensare a quanto materiale plastico viene utilizzato per le costruzioni degli edifici, come cappotti, tubazioni, pitture), o anche il traffico veicolare. Secondo recenti studi, l'usura degli pneumatici per il continuo sfregamento sull'asfalto può rilasciare piccole particelle nere di gomma sul manto stradale, che poi

grazie al vento e al movimento dei veicoli può essere risospeso in aria.

Recentemente, le microplastiche sono state identificate anche nell'ambiente indoor (all'interno di un ambiente confinato come quello domestico o lavorativo). I tessuti sintetici sono considerati le principali sorgenti rilasciate nell'aria dall'usura, sfregamento e lavaggio dei tessuti, tra cui il poliestere (PES), poliammide (nylon) e le fibre acriliche utilizzati soprattutto in tessuti per vestiti, ma anche tappeti e tende. Anche il deteriorarsi nel tempo di oggetti e mobili plastici può rilasciare nell'aria microplastiche o additivi di diversa composizione (Habibi et al. 2022).

Ad oggi, non sono ancora presenti metodologie standard di riferimento normate dalla legge per poter analizzare questi inquinanti, dunque la ricerca si sta continuamente spingendo nel mettere a punto metodi per la loro quantificazione e identificazione al fine poi di fornire un limite legge per garantire la sicurezza degli esseri viventi e dell'essere umano. Sono stati effettuati degli studi sul possibile impatto sulla salute dell'essere umano, per esempio dovuto all'inalazione delle microplastiche e microfibre dall'aria che respiriamo, ma maggiori approfondimenti sono ancora necessari per capire eventuali effetti tossicologici (Lu et al. 2022).

Infatti, per approfondire quante e quali microplastiche possono essere rilasciate nell'atmosfera, il gruppo di ricerca dell'Università Ca' Foscari Venezia (dottoressa Rosso e professor Gambaro) insieme al CNR-ISP, l'Istituto di Scienze Polari (dottoressa Corami) già dal 2018 sta approfondendo nello specifico la tematica e mettendo a punto dei metodi analitici per analizzare in ambiente le microplastiche più piccole, le *small microplastics* (con dimensione <100 μm), poiché queste sono quelle più

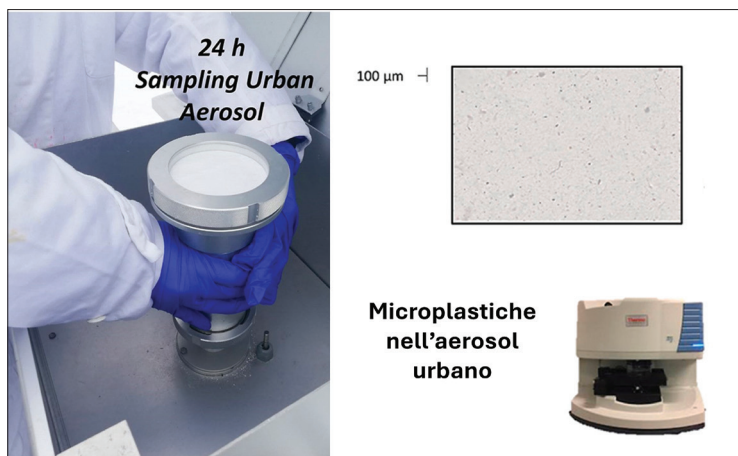


Figura 1
Campionamento e analisi di microplastiche in aerosol urbano in uno studio dell'Università Ca' Foscari Venezia insieme al CNR-ISP di Venezia

facilmente trasportabili in ambiente con possibilità di essere ingerite o inalate dagli organismi viventi.

Nello specifico, è stato effettuato uno studio per capire quante e quali microplastiche fossero presenti in atmosfera in un contesto urbano, posizionando un campionatore di aerosol sul tetto di un edificio del campus scientifico universitario Ca' Foscari di Via Torino, a Mestre (Venezia). Sono stati raccolti così dei filtri che sono stati trattati all'interno di una Clean Room, uno speciale laboratorio pulito fatto interamente in acciaio per analizzare composti in concentrazioni molto basse, evitando tutto il materiale plastico che potrebbe contaminare le analisi. I risultati ottenuti sono stati pubblicati in una rivista scientifica internazionale nel 2023 [fig. 1]. Sono state identificate e contate microplastiche in tutti i campioni analizzati, avente tutte dimensioni molto piccole, presenti nell'intervallo dai 5-100 µm. Il polietilene (HDPE) e il politetrafluoroetilene (PTFE) sono stati rilevati in concentrazioni maggiori potenzialmente derivanti da attività industriali, edili, meccaniche e automobilistiche, presenti nei dintorni del campus e presenti frequentemente

nelle zone più urbane. Inoltre, nello stesso studio, sono stati identificati anche additivi plastici e fibre naturali o semi-sintetiche (Rosso et al. 2023).

Le particelle più piccole (*small microplastics* e nanoplastiche, nell'ordine dei nanometri), dato il loro minor peso viaggiano più facilmente nell'aria, e possono essere risospese, trasportate dal vento e dalle correnti atmosferiche anche per chilometri. Una volta presenti nell'aria, le microplastiche possono raggiungere il suolo, il ghiaccio o il mare attraverso le deposizioni (caduta tramite gravità o tramite le piogge o neviccate). Negli ultimi anni sono stati effettuati numerosi studi sul loro trasporto e sulle loro dinamiche di trasporto in tutto il mondo, confermando anche la loro presenza nei poli.

Per esempio, diverse tipologie e forme di microplastiche sono state trovate nella neve e nell'aerosol del Polo Nord, dove è presente la base di ricerca italiana 'Dirigibile Italia' del CNR-ISP presso le isole Svalbard (1.000 km circa dal Polo Nord), in cui i ricercatori dell'Università Ca' Foscari, insieme ai colleghi del CNR-ISP, stanno svolgendo importanti progetti a livello internazionale su diverse tematiche ambientali e climatiche, come lo studio delle sorgenti

e flussi di inquinanti emergenti. Inoltre, da recenti studi sembra che la presenza di queste particelle, soprattutto di colore più scuro (come appunto quelle provenienti dalle gomme di pneumatico) nei poli, possa contribuire ad avere effetti negativi, come quello di assorbire maggiormente la luce e contribuendo allo scioglimento del ghiaccio e della neve con implicazioni sul cambiamento climatico globale (Chen et al. 2022; Mishra, Sing, Mishra 2021).

Dai più recenti risultati della ricerca scientifica, emerge che le microplastiche possono dunque viaggiare nell'atmosfera dalle medie

alle alte latitudini, essere trasportate anche per migliaia di chilometri e depositarsi in aree estremamente remote. Essendo la qualità dell'aria oggi una sfida per il futuro prossimo, il dialogo, la divulgazione alla società e la ricerca scientifica e multidisciplinare sui nuovi inquinanti emergenti è diventata indispensabile. Comprendere le loro fonti, trasporti e impatti sull'ambiente sta diventando una priorità nell'ambito della ricerca che viene considerata una sfida per mettere a punto soluzioni di riduzione della loro emissione in ambiente, per un futuro sostenibile e sicuro.

Bibliografia

- Chen, Y.; Li, X.; Zhang, X.; Zhang, Y.; Gao, W.; Wang, R.; He, D. (2022). «Air Conditioner Filters Become Sinks and Sources of Indoor Microplastics Fibers». *Environmental Pollution*, 292, 118465. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118465>.
- Corami, F.; Rosso, B. (2023). *MOSTRI di PLASTICA. Come le microplastiche stanno cambiando l'ambiente a livello globale*. Milano: Phoresta Ets.
- Corami, F.; Rosso, B.; Morabito, E.; Rensi, V.; Gambaro, A., Barbante, C. (2021). «Small Microplastics (< 100 mm), Plasticizers and Additives in Seawater and Sediments: Oleo-Extraction, Purification, Quantification, and Polymer Characterization Using Micro-FTIR». *Science of The Total Environment*, 797, 148937. <https://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148937>.
- ECHA (European Chemicals Agency) (2019). *Annex Xv Restriction Report Proposal for a Restriction. Report Version Number 1*, 20 March. Helsinki.
- Habibi, N.; Uddin, S.; Fowler, S.W.; Behbehani, M. (2022). «Microplastics in the Atmosphere: A Review». *Journal of Environmental Exposure Assessment*, 1(6), 10-20517. <https://doi.org/10.20517/jeea.2021.07>.
- Lu, K.; Zhan, D.; Fang, Y.; Li, L.; Chen, G., Chen, S.; Wang, L. (2022). «Microplastics, Potential Threat to Patients with Lung Diseases». *Frontiers in Toxicology*, 4, 958414. <https://doi.org/10.3389/ftox.2022.958414>.
- Mishra, A.K.; Singh, J.; Mishra, P.P. (2021). «Microplastics in Polar Regions: An Early Warning to the World's Pristine Ecosystem». *Science of the Total Environment*, 784, 147149. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147149>.
- Rosso, B.; Corami, F.; Barbante, C.; Gambaro, A. (2023). «Quantification and Identification of Airborne Small Microplastics (<100 mm) and Other Microliter Components in Atmospheric Aerosol Via a Novel Elutriation and Oleoextraction Method». *Environmental Pollution*, 318, 120889. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120889>.

Riflessioni sulle strategie da adottare per la riduzione dell'inquinamento atmosferico nel bacino padano

Introduzione

L'inquinamento atmosferico potrebbe costituire l'impatto ambientale più rilevante sull'ecosistema nel prossimo futuro, come rilevato da diversi studi disponibili nella letteratura di settore. Ad esempio, lo studio di Lelieveld et al. (2019) pubblicato nella rivista *European Heart Journal* riporta che l'incremento annuale di mortalità in Europa per inquinamento dell'aria è di 790.000 unità, pari a un tasso specifico di mortalità di 133 su 100.000 abitanti, con conseguenti effetti sulla diminuzione dell'attesa di vita media.

Questa situazione riveste un'importanza critica, soprattutto nella vasta area del bacino padano, caratterizzata da un ampio territorio pianeggiante che si estende per circa 47.000 km². Le peculiarità orografiche di questa regione influenzano le condizioni meteorologiche, con una limitata velocità del vento e frequenti

inversioni termiche durante l'inverno, creando spesso un ambiente poco favorevole alla dispersione degli inquinanti nell'atmosfera. In aggiunta, la Pianura Padana è caratterizzata da fattori legati alle attività umane che possono influenzare negativamente la qualità dell'aria. Quest'area rappresenta una delle zone più densamente popolate d'Europa, con un significativo sviluppo infrastrutturale e produttivo. A conferma della criticità della situazione i dati che emergono dalla ricerca «European City Air Quality Viewer» (2023), l'agenzia Europea per l'Ambiente ha evidenziato che tra le 25 città più inquinate d'Europa, per presenza di polveri sottili nell'aria, ci sono Padova, Venezia, Vicenza, Verona e Treviso.

Per quanto riguarda il quadro normativo, la proposta di revisione delle direttive sulla qualità dell'aria ambiente secondo il Green Deal Europeo, ovvero

Il professor Alberto Pivato ha preso parte attivamente al progetto *Mal d'aria* già dal novembre 2023, intervenendo, insieme ad altri colleghi, al seminario *L'aria che respiriamo. Tre voci a confronto* tenutosi a Padova nell'autunno scorso. Quest'articolo è frutto delle considerazioni che il professor Pivato ha saputo elaborare nel suo percorso di ricerca e collaborazione con gli enti istituzionali e produttivi del territorio. Il professor Alberto Pivato con la sua attenta presenza e il suo contributo scientifico ha certamente lasciato un segno in quante e quanti hanno avuto l'occasione di incontrarlo.

l'insieme di iniziative strategiche che mira ad avviare l'UE sulla strada di una transizione verde, fisserà per il 2030 norme comunitarie più stringenti e più in linea con gli orientamenti dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, indirizzando nel contempo l'UE nel percorso verso l'azzeramento dell'inquinamento atmosferico entro il 2050, in sinergia con gli sforzi dedicati alla neutralità climatica [tab. 1]. Se questi limiti fossero confermati costituirebbero un'ulteriore incognita per le amministrazioni pubbliche: l'Italia è infatti già interessata da tre infrazioni europee su un totale di 84 in materia di qualità dell'aria e più nello specifico relative alle concentrazioni di PM10, PM2.5 e biossido di azoto [tab. 1] (Presidenza del Consiglio dei Ministri 2023).

Anche nella stampa la questione dell'inquinamento atmosferico è molto dibattuta. Gli articoli pubblicati dai principali quotidiani italiani dal 2010 al 2023 che parlano di crisi ecologica corrisponde all'1,14% del totale degli articoli pubblicati. Di questo insieme il 22,96% tratta della crisi ecologica in riferimento all'inquinamento

atmosferico e alla qualità dell'aria. A differenza di grandi eventi catastrofici, le notizie date su smog e scarsa qualità dell'aria sono costanti nel corso del tempo con poche impennate di copertura (eccezione è il caso dell'ILVA di Taranto che è un'altra cosa).

In questo sistema complesso molte sono le proposte da enti pubblici, associazioni ambientaliste ed esperti del settore per ridurre l'inquinamento atmosferico nel bacino padano attraverso differenti misure atte a prevenire e ridurre l'inquinamento atmosferico. Si ricorda infatti come queste iniziative siano attuate già da tempo, come testimoniano i trend temporali sulla qualità dell'aria che forniscono indicazioni importanti sull'efficacia di queste azioni implementate nel tempo. Ad esempio lo studio di Pivato et al. (2023) ha indagato in modo sistematico serie storiche di dieci anni di dati sulla qualità dell'aria (dal 2011 al 2021) nella regione Veneto. I risultati riportati [tab. 1] evidenziano sostanzialmente un miglioramento per tutti i composti analizzati in tutte le tipologie di stazioni di monitoraggio.

Tabella 1 Riduzione delle concentrazioni in aria di alcuni inquinanti nelle stazioni di monitoraggio della Regione Veneto (2011-21)

Tipologia di stazione di monitoraggio	PM10%	NO%	NO₂%
Fondo rurale	-20.5%	-48.4%	-24.4%
Fondo urbano	-16.2%	-35.0%	-19.5%
Traffico	-19.9%	-43.1%	-38.1%
Industriale	-9.40%	-33.2%	-25.2%

Il presente documento mira dunque a descrivere queste proposte e a riportare alcune riflessioni su un percorso virtuoso per l'attuazione di strategie efficaci per la loro corretta esecuzione e monitoraggio. Rientrano in questo lavoro i ragionamenti discussi nell'incontro «L'aria che respiriamo: tre voci a confronto» nell'ambito del progetto *Mal d'aria*, tenuto il 17 novembre 2023 a Padova, presso l'archivio antico del Palazzo del Bo dell'Università degli Studi di Padova.

Si evidenzia, infine, fin d'ora che le variegiate proposte specificatamente pensate per la lotta ai cambiamenti climatici non rientrano nello stesso campo di applicazione delle misure

per il controllo dell'inquinamento atmosferico. Se è pur vero che le emissioni climalteranti rientrano in senso lato in questa tematica generale, qui l'attenzione è rivolta prevalentemente a quegli inquinanti, come particolato atmosferico (PM_{2.5}, PM₁₀), ossidi di azoto (NO_x, NO₂, NO), ozono (O₃), ammoniaca (NH₃) ecc., che hanno un impatto immediato sulla salute umana e sull'ecosistema. Pertanto, azioni come l'adozione di interventi forestali compensativi in ambito urbano non saranno prese in considerazione. Anche la questione degli odori, se pur connessa, non rientra nella trattazione del presente lavoro.

Tabella 2 Limiti attuali (Air Quality Directive, 2008/50/EC), limiti proposti dalla direttiva secondo il Green Deal e limiti da WHO per i principali contaminanti in aria per la protezione della salute umana. Nella tabella si riportano anche i riferimenti delle procedure di infrazione europea in materia di qualità dell'aria

Pollutant	Periodo di mediazione	Air Quality Directive, 2008/50/EC⁽¹⁾	Proposta di direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa secondo il nuovo Green Deal⁽²⁾	World Health Organization (WHO) Air Quality Guidelines (AQG's) and Estimated Reference Levels (RLs) (WHO 2021; 2023)⁽³⁾	Procedure di infrazione europea⁽⁴⁾
Particolato fine (PM2.5)	Media annuale	25 µg/m ³	10 µg/m ³	5 µg/m ³	Infrazione 2020_2299
Particolato fine (PM2.5)	Media giornaliera	-	25 µg/m ³ , da non superare per più di 18 volte in un anno civile	15 µg/m ³ , 99 percentile (3-4 giorni di superamento annuo)	Cattiva applicazione in Italia della direttiva 2008/50/CE del 21 maggio 2008, relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa, per quanto concerne i valori limite per il PM2.5.
Particolato (PM10)	Media annuale	40 µg/m ³	20 µg/m ³	15 µg/m ³	Infrazione 2014_2147
Particolato (PM10)	Media giornaliera	50 µg/m ³ , da non superare per più di 35 volte in un anno civile	45 µg/m ³ , da non superare per più di 18 volte in un anno civile	45 µg/m ³ , 99 percentile (3-4 giorni di superamento annuo)	Cattiva applicazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente. Superamento dei valori limite di PM10 in Italia.

Pollutant	Periodo di mediazione	Air Quality Directive, 2008/50/EC⁽¹⁾	Proposta di direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa secondo il nuovo Green Deal⁽²⁾	World Health Organization (WHO) Air Quality Guidelines (AQG's) and Estimated Reference Levels (RLs) (WHO 2021; 2023)⁽³⁾	Procedure di infrazione europea⁽⁴⁾
Biossido di azoto (NO ₂)	Media annuale	40 µg/m ³	20 µg/m ³	10 µg/m ³	Infrazione 2015_2043
Biossido di azoto (NO ₂)	Media giornaliera	-	50 µg/m ³ , da non superare per più di 18 volte in un anno civile	25 µg/m ³ , 99 percentile (3-4 giorni di superamento annuo)	Applicazione della direttiva 2008/50/CE sulla qualità dell'aria ambiente e in particolare obbligo di rispettare i livelli di biossido di azoto NO ₂ .
Biossido di azoto (NO ₂)	Media oraria	200 µg/m ³ , da non superare per più di 18 volte in un anno civile	200 µg/m ³ , da non superare per più di una volta in un anno civile	200 µg/m ³	
Biossido di zolfo (SO ₂)	Media annuale	-	20 µg/m ³		
Biossido di zolfo (SO ₂)	Media giornaliera	125 µg/m ³ , da non superare per più di 24 volte in un anno civile	50 µg/m ³ , da non superare per più di 18 volte in un anno civile	40 µg/m ³ , 99 percentile (3-4 giorni di superamento annuo)	
Biossido di zolfo (SO ₂)	Media oraria	350 µg/m ³ , da non superare per più di 3 volte in un anno civile	350 µg/m ³ , da non superare per più di una volta in un anno civile	-	
Biossido di zolfo (SO ₂)	10 minuti	-	-	500 µg/m ³	
Ozono	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	120 µg/m ³ da non superare per più di 25 volte in un anno civile	120 µg/m ³ da non superare più di 18 volte per anno civile come media su tre anni ⁽⁵⁾	100 µg/m ³ , 99 percentile (3-4 giorni di superamento annuo)	
		-	100 µg/m ³ nell'arco di un anno civile ⁽⁵⁾		

Pollutant	Periodo di mediazione	Air Quality Directive, 2008/50/EC⁽¹⁾	Proposta di direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa secondo il nuovo Green Deal⁽²⁾	World Health Organization (WHO) Air Quality Guidelines (AQG's) and Estimated Reference Levels (RLs) (WHO 2021; 2023)⁽³⁾	Procedure di infrazione europea⁽⁴⁾
Ozono	Picco stagionale ⁽⁶⁾	-	-	60 µg/m ³	
Benzene	Anno civile	5 µg/m ³	3.4 µg/m ³	1.7 µg/m ³ ⁽⁶⁾	
Monossido di carbonio	Anno civile	-	4 mg/ m ³ da non superare più di 18 volte per anno civile	-	
Monossido di carbonio	1 giorno	-	-	4 mg/m ³	
Monossido di carbonio	Valore medio massimo giornaliero su 8 ore	10 mg/m ³	10 mg/ m ³	10 mg/m ³	
Monossido di carbonio	1 ora	-	-	30 mg/m ³	
Piombo (Pb)	Anno civile	0.5 µg/m ³	0.5 µg/m ³	0.5 µg/m ³	
Arsenico (As)	Anno civile	6.0 ng/m ³	6.0 ng/m ³	6.6 ng/m ³ ⁽⁷⁾	
Cadmio (Cd)	Anno civile	5.0 ng/m ³	5.0 ng/m ³	5.0 ng/m ³	
Nickel (Ni)	Anno civile	20 ng/m ³	20 ng/m ³	25 ng/m ³ ⁽⁷⁾	
Benzo(a)pirene (BaP)	Anno civile	1.0 ng/m ³	1.0 ng/m ³	0.12 ng/m ³	

Note:

(1) https://environment.ec.europa.eu/topics/air/air-quality/eu-air-quality-standards_en.

(2) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2022%3A542%3AFIN>.

(3) <https://www.eea.europa.eu/publications/status-of-air-quality-in-Europe-2022/europes-air-quality-status-2022/world-health-organization-who-air>.

(4) Presidenza del Consiglio dei Ministri 2023.

(5) Valori obiettivi per l'ozono: <http://eurinfra.politichecomunitarie.it/ElencoAreaLibera.aspx>.

(6) Media della concentrazione media giornaliera massima su otto ore di O₃ nei sei mesi consecutivi con la più alta concentrazione media mobile semestrale di O₃.

(7) Poiché l'OMS non ha stabilito un limite guida di qualità dell'aria (AQG) per C₆H₆, As e Ni, il livello di riferimento stimato (RL) è stato calcolato assumendo un rischio accettabile di un rischio aggiuntivo di cancro nell'arco di vita di circa 1 su 100.000.

Le misure per la prevenzione e riduzione dell'inquinamento atmosferico

Misure per la prevenzione e riduzione dell'inquinamento atmosferico sono in gran parte conosciute e già introdotte in diversi piani per la protezione e il miglioramento della qualità dell'aria del bacino padano. Tra questi ultimi si annoverano: il Primo Accordo tra le regioni del bacino padano per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento atmosferico (2007); il nuovo accordo

di programma per l'adozione coordinata e congiunta di misure per il miglioramento della qualità dell'aria nel bacino padano (2017); il Piano Regionale di Qualità dell'Aria (PRQA) del Piemonte (2018), ecc.

Nei paragrafi che seguono si riporta una sintetica descrizione delle principali categorie di queste misure, accompagnate da alcuni esempi significativi.

Misure per migliorare la consapevolezza del problema

Si tratta di misure per migliorare la consapevolezza del problema mediante progetti di comunicazione e divulgazione. Esse possono essere rivolte sia a esperti che a non esperti.

Nel primo gruppo rientrano prevalentemente misure quali convegni tecnici, workshop e redazione di documenti tecnici atti a condividere le esperienze di esperti nel settore.

Nel secondo gruppo rientrano misure

quali: i) l'informazione della qualità dell'aria in tempo reale, mediante piattaforme digitali di pubblico accesso; ii) le campagne di sensibilizzazione per la popolazione sugli effetti dell'inquinamento atmosferico e sulle possibili soluzioni mediante anche testimonial noti al pubblico; iii) i progetti formativi ed educativi sulle buone pratiche per la cittadinanza attraverso il mondo scolastico.

Il controllo e il monitoraggio delle emissioni e dello stato di qualità dell'aria

Il controllo e il monitoraggio delle emissioni e dello stato di qualità dell'aria è la misura iniziale e fondamentale sulla quale impostare le politiche ambientali sull'impatto atmosferico.

Per quanto riguarda le emissioni possono essere determinate attraverso

misure sperimentali o, più facilmente, facendo ricorso a database dove sono raccolte le emissioni specifiche per molte tipologie di sorgenti. Quest'ultimo approccio è di gran lunga il più utilizzato e per il bacino padano è significativo il progetto INEMAR (INventario EMISSIONi ARia).¹

La prevenzione e la minimizzazione

La prevenzione e la minimizzazione mirano a prevenire la generazione di

emissioni gassose attraverso misure gestionali e tecnologiche. Esse

1 INEMAR. <https://www.inemar.eu/xwiki/bin/view/Inemar/>.

sicuramente rappresentano la misura più efficace, ma richiede un drastico intervento strutturale sulle infrastrutture e probabilmente sugli stili di vita. Pertanto, una sua piena applicazione è possibile solo in arco temporale lungo.

Nel campo degli impianti fissi, un esempio è costituito dalla selezione e riduzione dei rifiuti contenenti cloro (PVC) conferiti negli impianti di incenerimento, con la conseguente riduzione della potenziale formazione di diossine (Cheng, Hu 2010).

Sul fronte della combustione non industriale altri esempi di misure prioritarie sono rappresentate dalla rottamazione di stufe inquinanti e conseguente sostituzione con apparecchi tecnologicamente più performanti o da interventi per il miglioramento

delle prestazioni energetiche degli edifici. Nel campo del trasporto, un esempio è costituito dalla riduzione del piombo tetraetile nelle benzine che ha comportato una drastica riduzione del piombo nelle aree urbane, così come dalle politiche del *car sharing* per minimizzare il parco veicolare circolante. Altri interventi di riduzione sono volti a promuovere la mobilità di massa al fine di ridurre quella individuale con l'obiettivo di ridurre il numero complessivo di veicoli contemporaneamente in circolazione (ad esempio il *car sharing*, il trasporto pubblico, ecc.).

Sempre nei trasporti, una misura proposta molto comune è quella della rottamazione di veicoli inquinanti e la sostituzione con veicoli a basse emissioni (motori elettrici).

Sistemi tecnologici su impianti fissi

Si tratta di misure basate sulla diretta installazione nell'impianto stesso di apparecchiature atte a trattare il flusso gassoso una volta generato

dal processo produttivo. In questa casistica rientrano i filtri a manica, gli scrubbers, le torri di lavaggio, i biofiltri, ecc.

Sistemi tecnologici su sorgenti mobili

Si tratta di misure aventi la stessa funzione del caso di cui sopra. In questo caso rientra la ben nota misura

costituita dalla marmitta catalitica per le auto e del Selective Catalytic Reduction (SCR) per l'abbattimento degli NO_x .

I sistemi di contenimento e dispersione del flusso gassoso

I sistemi di contenimento e dispersione del flusso gassoso mirano da un lato a contenere e/o convogliare in modo controllato le potenziali emissioni da una sorgente; dall'altro, tendono a massimizzare la dispersione del flusso gassoso in aria. Nel primo gruppo si possono annoverare misure nel settore dell'agricoltura per il contenimento dell'emissione dell'ammoniaca come la copertura delle vasche di stoccaggio dei

liquami e lo spandimento interrato di materiali organici non palabili (effluenti zootecnici, frazioni non palabili da separazione meccanica solido/liquido di effluenti zootecnici e di altre matrici organiche, anche digerite). Nel secondo gruppo, invece, rientrano la progettazione e realizzazione di camini per impianti fissi; analogamente anche le marmitte per le sorgenti mobili (marmitte) applicano gli stessi principi.

Le misure di ‘carattere urbano’

Queste sono misure da realizzarsi prevalentemente nei tessuti urbani pensati per altre funzioni, ma che possono concorrere a un parziale miglioramento della qualità dell’aria. Rientrano in questo gruppo, ad esempio, le aree verdi e l’utilizzo di

cemento additivato con fotocatalizzatori (p.e. grafene o ossidi di titanio) per ridurre specifici composti chimici. Si evidenzia, invece, come una delle strategie più utilizzate a ‘costo quasi zero’ per le amministrazioni è quello delle domeniche ecologiche.

Progetti di cittadinanza attiva

Queste sono attività ‘partecipate’ dalla popolazione senza specifiche competenze nella materia. Esempi sono i progetti cosiddetti di *citizen science*, per

la promozione della partecipazione attiva del cittadino nella definizione e proposta di strumenti per la gestione dei conflitti ambientali.

Le misure di carattere economico

Le misure di carattere economico ovvero misure indirette che determinano l’applicazione di una

delle misure precedentemente discusse facendo leva su meccanismi economici premiali o di mercato.

Lo sviluppo di una strategia integrata

L’implementazione delle azioni/misure precedentemente descritte concorrono al miglioramento della qualità dell’aria secondo modalità differenti. Occorre fin da ora evidenziare che non esiste un’unica misura o una ricetta ‘magica’ per affrontare la grave situazione dell’inquinamento atmosferico in un bacino come quello padano. Vi è pertanto la necessità di definire una strategia integrata che sia efficace nel raggiungere gli obiettivi attesi. Questi ultimi devono essere principalmente stabiliti considerando il contesto normativo attuale [tab. 2] e devono includere anche altri fattori legati all’ambiente, all’economia e alla dimensione sociale.

Queste strategie, intese come insieme di misure da attuare in parallelo, si possono differenziare per scala di intervento, per gli inquinanti prioritari da gestire e per la tipologia di settori

produttivi coinvolti dalle misure.

In termini di scala di indagine, i fenomeni di inquinamento dell’aria risultano influenzati sia dai processi atmosferici che dalle proprietà delle sostanze chimiche. Gli impatti che ne derivano coinvolgono scale spaziali e temporali tra loro molto diverse.

Si distinguono le seguenti scale:

- Scala locale (local scale).

La lunghezza caratteristica è inferiore a 5 km. In generale, il flusso d’aria è molto complesso a questa scala, poiché dipende fortemente dalle caratteristiche della superficie: topografia, edifici, ecc. Ad esempio, il monossido di carbonio (CO) emesso dai veicoli a motore porta a concentrazioni elevate vicino alle strade, con concentrazioni che generalmente diminuiscono con la distanza.

- Scala urbana (urban scale). Questa scala si estende all'ordine di 50 km in orizzontale e 1-2 km in verticale. Nelle aree urbane, eventi ed episodi di inquinamento acuto possono essere registrati quando le condizioni meteorologiche sono caratterizzate da scarso ricambio d'aria (ad esempio velocità del vento basse, come accade spesso nell'area del bacino padano). L'ozono troposferico (O_3) è uno dei problemi a scala urbana più rilevanti e deriva dalla formazione di inquinanti secondari.
- Scala regionale o mesoscale (regional scale). Le lunghezze caratteristiche sono comprese tra 50 km e 1.000-2.000 km. Ad esempio, gli inquinanti primari, come gli NO_x , a lenta degradazione in atmosfera, costituiscono un problema a questa scala e le cosiddette piogge acide ne sono un esempio eclatante.
- Scala globale (global scale). Questa scala si estende a livello mondiale. Alcuni esempi sono costituiti da: Clorofluorocarburi (CFC) usati come propellenti in bombolette spray e il loro effetto nello strato di ozono in alto nell'atmosfera; Cambiamenti climatici generati da eccessive quantità di gas serra (GHG), specialmente metano (CH_4) e anidride carbonica.

Per quanto riguarda i composti inquinanti prioritari da considerare nel bacino padano, sono sulla base

della conoscenza attuale il particolato atmosferico (PM_{2.5}, PM₁₀), gli ossidi di azoto (NO_x , NO_2 , NO), l'ozono (O_3) e l'ammoniaca (NH_3).

Un aspetto peculiare da considerare consiste nel fatto che gli inquinanti emessi da diverse fonti subiscono processi di trasformazione chimico-fisica in atmosfera, che possono portare alla formazione di nuove specie chimiche rispetto agli inquinanti originali. La reattività chimica degli inquinanti consente di classificarli in due categorie principali: inquinanti primari, emessi direttamente nell'atmosfera e il cui rilascio nell'ambiente proviene da sostanze o particelle prodotte dalla fonte emissiva (ad esempio il monossido di carbonio (CO) e le polveri di origine naturale); e inquinanti secondari, che si formano in atmosfera attraverso reazioni chimiche tra diverse sostanze presenti. Un esempio tipico è l'ozono (O_3), che si genera attraverso complesse reazioni fotochimiche a partire dai suoi precursori, come ossidi di azoto (NO_x) e composti organici volatili non metanici (NMVOC). Per alcuni inquinanti, come il particolato (PM), risultano rilevanti sia le componenti primarie che quelle secondarie.

Per quanto riguarda la scelta delle priorità da assegnare ai differenti settori produttivi da coinvolgere nelle strategie di intervento, si fa spesso riferimento alle stime di macroinquinanti per macrosettore. Si vedano quelle stimate in Veneto e Lombardia nel 2019 [graf. 1].

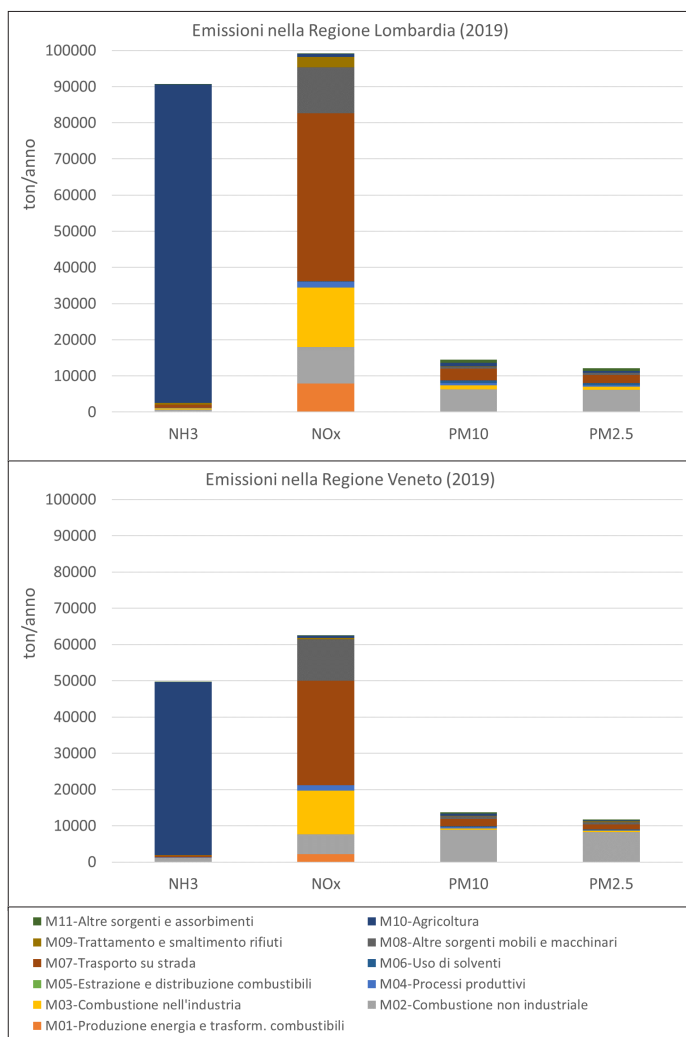


Grafico 1
Emissioni di macroinquinanti in Veneto e Lombardia nel 2019 ripartite per macrosettore secondo la procedura INEMAR

Gestire la complessità: l'importanza del monitoraggio delle strategie attuate

Parafrasando la citazione di Umberto Eco tratta da *Il pendolo di Foucault*, che afferma «Per ogni problema complesso c'è una soluzione semplice, ed è sbagliata», si può concludere che il problema della riduzione dell'inquinamento atmosferico è intrinsecamente complesso e privo di soluzioni semplici.

Nonostante si osservino trend positivi nel miglioramento della qualità dell'aria, il cammino per raggiungere gli obiettivi del nuovo Green Deal, considerando le condizioni morfologiche, meteorologiche e antropiche del bacino padano, rappresenta ancora una sfida significativa per il futuro.

È quindi essenziale sviluppare strategie organiche, strutturali, logicamente coese e trasparenti per implementare nel medio e lungo termine una pluralità di azioni, al fine di raggiungere un livello di qualità dell'aria salubre. Si sottolinea in questo contesto l'importanza del successivo monitoraggio dell'intero processo di attuazione delle misure, anche al fine di controllare la coerenza con gli obiettivi e implementare azioni correttive ove necessario. Un ruolo cruciale in questa fase è attribuito alle misurazioni delle concentrazioni dei composti chimici, ottenute attraverso

la rete ufficiale di monitoraggio conforme alla normativa in vigore. Queste rappresentano l'unica fonte accettabile per verificare il rispetto dei limiti stabiliti dalla direttiva europea e prevenire eventuali procedimenti di infrazione. Tali dati dovrebbero essere divulgati al pubblico attraverso pubblicazioni regolari e resi accessibili tramite database ufficiali gestiti dagli enti di controllo. Un contributo supplementare può derivare dall'approccio della *citizen science*, utilizzando anche sensori a bassa tecnologia, sebbene con le limitazioni associate (ARPAV 2020).

Bibliografia

- ARPAV (2020). «Potenzialità e limiti nell'utilizzo di sensori low-cost per la misura del particolato atmosferico PM10 in aria ambiente».
- Cheng, H.; Hu, Y. (2010). «Curbing Dioxin Emissions from Municipal Solid Waste Incineration in China: Re-Thinking About Management Policies and Practices». *Environmental Pollution*, 158(9), 2809-14. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.06.014>.
- European City Air Quality Viewer (2023). <https://www.eea.europa.eu/themes/air/urban-air-quality/european-city-air-quality-viewer>.
- Lelieveld, J.; Klingmüller, K.; Pozzer, A.; Pöschl, U.; Fnais, M.; Daiber, A.; Münzel, T. (2019). «Cardiovascular Disease Burden from Ambient Air Pollution in Europe Reassessed Using Novel Hazard Ratio Functions». *European Heart Journal*, 40(20), 1590-6. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz135>.
- Pivato, A.; Pegoraro, L.; Masiol, M.; Bortolazzo, E.; Bonato, T.; Formenton, G.; Cappai, G.; Beggio, G.; Giancristofaro, R.A. (2023). «Long Time Series Analysis of Air Quality Data in the Veneto Region (Northern Italy) to Support Environmental Policies». *Atmospheric Environment*, 298, 119610. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2023.119610>.
- Presidenza del Consiglio dei Ministri (2023). «Elenco procedure». <http://eurinfra.politichecomunitarie.it/ElencoAreaLibera.aspx>.

Verde urbano e qualità dell'aria per città più vivibili

I dati sulla qualità dell'aria: l'inquinamento atmosferico decresce troppo lentamente

L'emergenza dell'inquinamento dell'aria nelle città italiane è sempre più pressante.

La qualità dell'aria che respiriamo è essenziale per tutelare la salute pubblica e il rispetto dei limiti normativi fissati dall'Unione europea è la condizione necessaria, ma non sufficiente, per la salubrità dell'ambiente urbano. Infatti, le soglie fissate dalla Commissione europea per il 2030¹ (non quelle attuali, che sono molto meno stringenti) sono ancora significativamente più alte rispetto ai valori indicati dall'OMS – Organizzazione Mondiale della Sanità (Commissione europea 2022).

I dati pubblicati nel 2023 da Legambiente (Minutolo, Frasso, Pandolfo 2023) e da Ispra – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (2023) restituiscono un quadro critico, spesso molto critico, della qualità dell'aria di molte città italiane.

Osservando i valori dei principali inquinanti dell'aria registrati nell'anno 2022 emerge una situazione di diffusa violazione dei limiti normativi per gli sforamenti delle polveri sottili PM10 e PM2.5 (stabilito in 35 giorni in un anno, in cui è stata registrata una concentrazione media giornaliera di polveri superiore a 50 µg/mc, come previsto dalla normativa vigente), del biossido di azoto e di altre sostanze inquinanti.

In sintesi, i dati dimostrano che:²

- 29 città su 94 di cui è disponibile il dato (sono escluse le principali città delle Regioni Abruzzo, Basilicata e Campania) hanno più che doppiato il limite di 35 giorni di sfioramento previsti per il PM10: Torino (98 sforamenti), Milano (84), Asti (79), Modena (75), Padova e Venezia (70). Inoltre il 76% delle 94 città monitorate, quindi 72 città su 94,

1 Grazie alla *Direttiva del Parlamento europeo* (Commissione europea 2022) ha preso avvio il processo che porterà ad aggiornare i valori limite della qualità dell'aria nell'Eurozona. Attualmente il Consiglio sta avviando i colloqui con il Parlamento europeo per la negoziazione della proposta in materia di qualità dell'aria da conseguire entro il 2030 e avvicinare l'UE all'obiettivo inquinamento zero entro il 2050.

2 Tutti i dati elencati di seguito sono ricavati da Commissione europea 2022, 4-5.

superano i limiti previsti della futura direttiva³ della qualità dell'aria che dimezza la concentrazione media annuale ammissibile, dagli attuali 40 µg/mc ai 20 µg/mc previsti al 2030;

- 71 città su 85 di cui è disponibile il dato, hanno registrato valori superiori a quelli previsti dalla prossima direttiva del 2030 che riduce il valore limite da 25 µg/mc a 10 µg/mc: Monza (25 µg/mc), Milano, Cremona, Padova e Vicenza (23 µg/mc), Alessandria, Bergamo, Piacenza e Torino (22 µg/mc), Como (21 µg/mc);
- 57 città su 94, pur non superando gli attuali limiti di legge per il biossido di azoto (NO₂), hanno registrato concentrazioni superiori del 40% rispetto al limite di 20 µg/mc a partire dal 2030: Milano (38 µg/mc), Torino (37 µg/mc), Palermo e Como (35 µg/mc), Catania (34 µg/mc) e poi Roma, Monza, Genova, Trento e Bolzano.

Questi valori evidenziano che nei prossimi sei anni sarà necessario attuare politiche e azioni di riduzione dell'inquinamento atmosferico urbano molto efficaci per riuscire a raggiungere i nuovi obiettivi della CE, nonostante l'andamento delle concentrazioni di inquinanti nelle città italiane decresca, ma troppo lentamente.

L'inquinamento degli edifici: valori e tendenze

È opinione diffusa che l'inquinamento atmosferico urbano sia causato in buona misura dai mezzi di trasporto circolanti, in particolare dai veicoli di proprietà individuale ossia le autovetture, i motocicli e i ciclomotori.

In effetti l'attuale sistema di mobilità (privato e pubblico) incide per quasi un quarto delle emissioni di gas serra in Europa, e abitudini e scelte di mobilità

Legambiente dichiara che «la ricetta per le città italiane è già scritta, mancano ancora gli ingredienti per poterla realizzare» (Minutolo, Frasso, Pandolfo 2023, 6-8) elencando le principali proposte per il raggiungimento delle soglie massime:

1. introduzione delle ZEZ-Zero emission zone al posto delle ZTL-Zone traffico limitato;
2. LEZ-Low emission zone per il riscaldamento degli edifici (che implica una massiccia riqualificazione energetica dello stock edilizio e degli impianti);
3. potenziamento del TPM-Trasporto pubblico di massa (potenziamento dell'infrastruttura ferroviaria, metropolitana e viaria, includendo il parco mezzi),
4. sharing mobility (mobilità elettrica condivisa e realizzazione di ciclovie, predisponendo programmi di incentivazione della mobilità attiva bike-to-work, bike-to-school),
5. spazio pubblico urbano a misura d'uomo (città 15 minuti, città 30 all'ora),
6. tutto elettrico in città.

quotidiane differenti possono generare una rilevante riduzione dei volumi di emissioni di inquinanti migliorando la qualità dell'aria, oltre che la sicurezza del traffico urbano. Per questo motivo, in coerenza con il Green Deal, l'Unione europea ha programmato per il periodo 2021-27 importanti interventi di collaborazione con le città (fondi SIE, PON Metro) per sostenere forme di

3 Cf. nota 1.

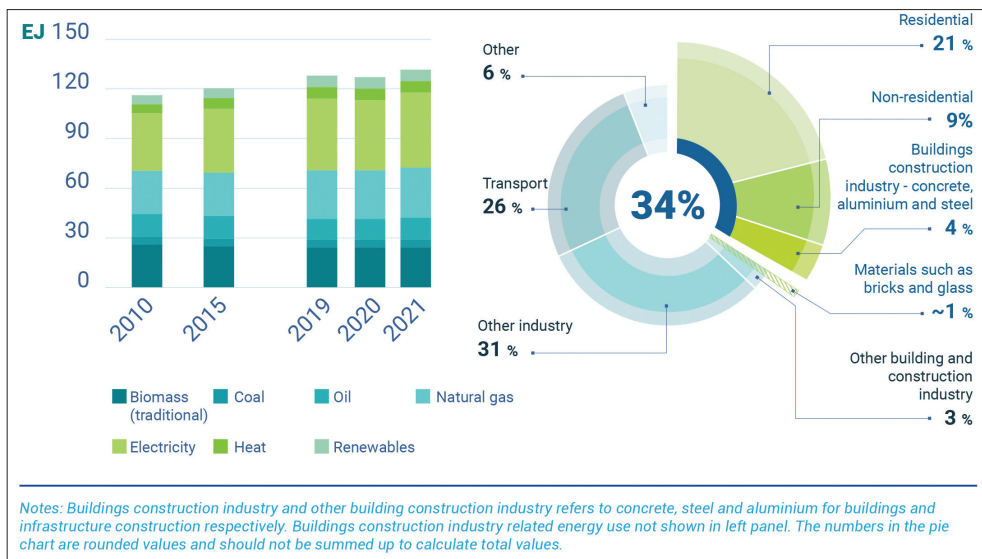


Grafico 1 Consumo di energia in edifici per combustibile negli anni 2010-20 a sinistra e quota percentuale di consumi di energia in edifici nel 2021 a destra. Fonte: UNEP 2022, 41 e International Energy Agency 2022

trasporto privato e pubblico più pulite, più economiche, più sane e, in generale, una maggiore decarbonizzazione del settore energetico attraverso alcune strategie in corso di sperimentazione in molte città europee, fra cui la mobilità a emissioni 0, la mobilità lenta e sharing, la digitalizzazione della mobilità e la mobilità resiliente.

Per comprendere gli impatti sull'inquinamento atmosferico derivati dalle attività umane, in particolare l'uso di energia da parte degli edifici e del settore delle costruzioni, ci viene in aiuto il Report 2022 sullo stato degli edifici e delle costruzioni delle Nazioni Unite (UNEP 2022) che mette in correlazione vari dati sui consumi energetici per settori.

Dal grafico 1 si evince che la quota percentuale di consumi energetici 'in edifici' è pari al 34% dei consumi energetici totali. È importante leggere i valori di dettaglio: i consumi energetici per lo stato di esercizio degli edifici residenziali (per riscaldamento

e raffreddamento, riscaldamento dell'acqua, illuminazione, cottura e altri usi domestici) corrispondono al 21% del totale, mentre quelli degli edifici non residenziali al 9%; tutta l'industria delle costruzioni ('concrete, aluminium, steel; bricks, glass; other building construction industry') consuma l'8%, mentre il resto dell'industria ('other industry') il 31% dell'energia totale. I consumi energetici dell'intero settore dei trasporti, relativo al trasporto di persone e merci, è pari al 26% del totale, quindi 8 punti percentuali in meno rispetto ai consumi di energia in edifici e industria delle costruzioni.

In sostanza la domanda di energia per lo stato di esercizio degli edifici residenziali e non residenziali è pari al 30% ed è cresciuta a 135 EJ, che è un aumento di circa il 4% dal 2020 e supera il precedente picco del 2019 del 3% (International Energy Agency 2022). Confrontando il grafico 1 con il grafico 2, si rileva una capacità di emissioni di CO₂ del settore costruzioni superiore rispetto ai settori

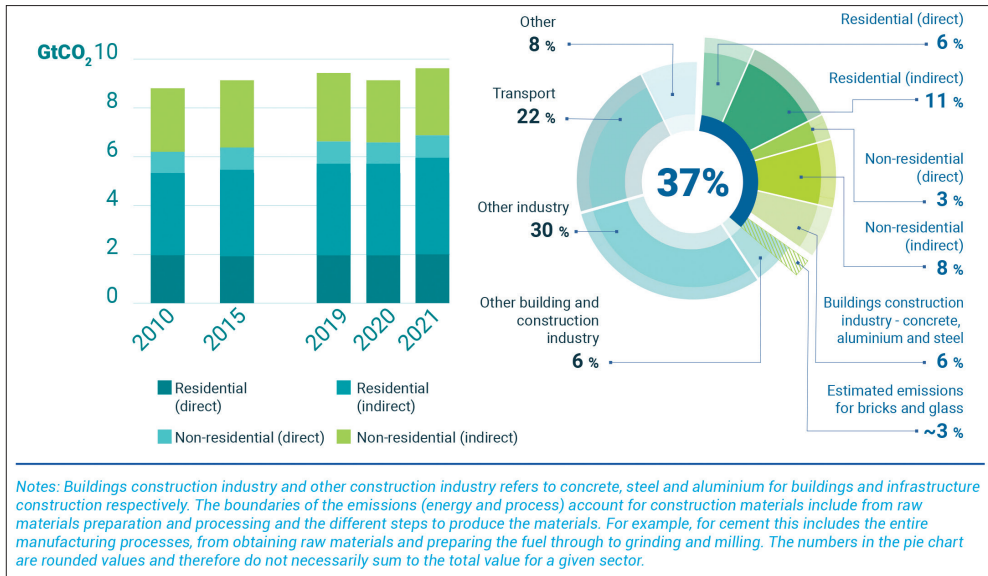


Grafico 2 Emissioni di CO₂ in edifici nel periodo 2010-21 a sinistra e quota percentuale di energia globale e di emissioni di processo in edifici nel 2021 a destra. Fonte: UNEP 2022, 42 e International Energy Agency 2022

del resto dell'industria e dei trasporti, infatti, a fronte di un consumo energetico del 34% del totale, le emissioni di CO₂ in edifici corrispondono al 37% del totale. Emerge che il settore edifici non residenziali e l'industria delle costruzioni emettano proporzionalmente più CO₂ rispetto ai consumi del settore degli edifici residenziali e questo dato appare comprensibile se si pensa agli impianti e ai processi produttivi dei materiali edilizi che necessitano di temperature elevatissime durante il ciclo produttivo (cemento, laterizi, metalli), per cui l'uso di combustibili fossili e gas risulta favorevole.

L'IEA – Agenzia internazionale dell'energia stima l'aumento di

emissioni di CO₂ al maggiore utilizzo di combustibili fossili sia nelle economie avanzate che in quelle emergenti, con una maggiore incidenza di queste ultime (2022).

La situazione attuale non è affatto incoraggiante: in sostanza, il settore edilizio è fuori strada rispetto alla decarbonizzazione entro il 2050!

In Europa questo settore rappresenta il 40% della domanda energetica, di cui l'80% proveniente dai combustibili fossili; ciò lo rende un'area che necessita azione immediata, investimenti e politiche per promuovere la sicurezza energetica a breve e lungo termine.

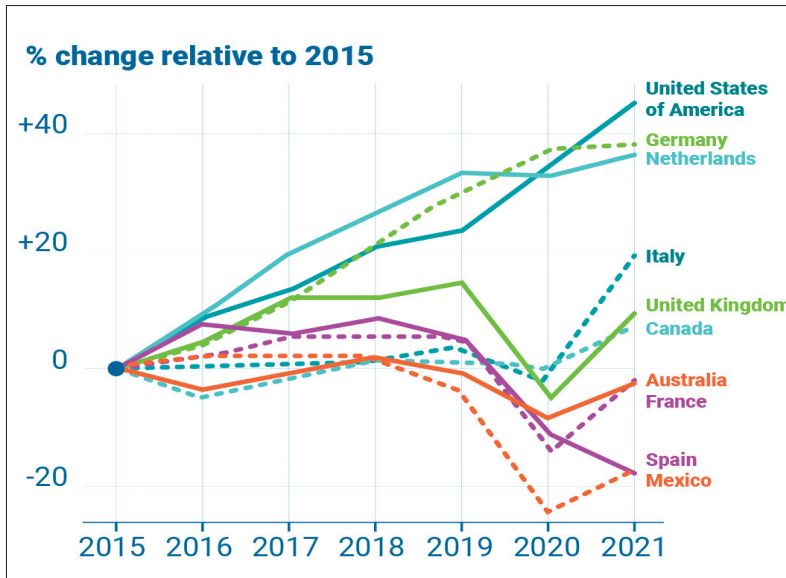


Grafico 3
 Variazione delle attività relative alle costruzioni in una selezione di Paesi del G20 negli anni 2015-21, rispetto all'anno 2015. Fonte: UNEP 2022, 38

Uno sviluppo basato sulla conquista di suolo naturale

Viene spontaneo chiedersi come mai, a tanti anni di distanza dall'emanazione e dall'applicazione di leggi e norme per il contenimento dei consumi energetici degli edifici e dopo un'evoluzione tecnologica che ha reso sempre più efficienti macchine e impianti, le costruzioni siano ancora così energivore e inquinanti.

Il Report 2022 sullo stato degli edifici e delle costruzioni delle Nazioni Unite ci dà una risposta inequivocabile:

nel 2021, gli investimenti nell'efficienza energetica degli edifici sono aumentati a livelli senza precedenti: del 16% nel 2021 rispetto ai livelli del 2020, a 237 miliardi di dollari. L'intensità energetica degli edifici (cioè il consumo totale di energia legato a riscaldamento, raffrescamento, elettrodomestici) per metro quadrato è rimasta

invariata negli ultimi tre anni a circa 150 kWh/mq. Il problema è stato la crescita delle superfici costruite che ha superato gli sforzi per l'efficienza. L'aumento della superficie globale edificata tra il 2015 e il 2021 è equivalente alla superficie totale coperta da edifici in Germania, Francia, Italia e Paesi Bassi: se fosse un edificio costruito su un unico livello, a circa 24.000 km². Questa crescita ha fatto sì che nel 2021 la domanda operativa di energia per riscaldamento, raffreddamento, illuminazione e apparecchiature negli edifici sia aumentata di circa il 5% dal 2020 e del 3% dal 2019: dieci miliardi di tonnellate di CO₂ equivalente, un record assoluto secondo l'UNEP. Per l'80% questi consumi hanno fatto ricorso a fonti fossili.

La situazione qui descritta è confermata dai dati pubblicati dall'Ispra sul consumo di suolo in Italia (Munafò 2021): per l'ennesimo anno consecutivo, nel 2022, il consumo di suolo in Italia è aumentato del 7,14%.

Il consumo di suolo continua a trasformare il territorio nazionale con velocità elevate e crescenti. Nell'ultimo anno [2022], le nuove coperture artificiali hanno riguardato altri 76,8 km², il 10,2% in più del 2021. Si tratta, in media, di più di 21 ettari al giorno, il valore più elevato degli ultimi 11 anni, in cui non si erano mai superati i 20 ettari. La crescita delle superfici artificiali ha interessato 2,4 m² di suolo ogni

secondo ed è stata solo in piccola parte compensata dal ripristino di aree naturali, (che ha riguardato 6 km², per lo più associati al recupero di aree di cantiere o di altro suolo consumato reversibile), facendo risultare ancora lontano l'obiettivo di azzeramento del consumo di suolo netto, che, negli ultimi dodici mesi, è invece risultato pari a 70,8 km².

Secondo l'ultimo rapporto Ispra, ogni secondo l'Italia perde quasi 2,2 m² di superfici naturali e agricole per effetto della costruzione di edifici, strade, centri commerciali e logistici, capannoni industriali e altri manufatti a copertura artificiale e impermeabile (Munafò 2021).

Il ruolo del verde urbano e del verde tecnico per la qualità dell'aria nelle città

Le NbS, Nature based Solutions, sono soluzioni (sistemi, tecnologie) che impiegano la natura (intesa come l'insieme di componenti, funzioni e processi che le sono propri) per favorire la resilienza delle città, del territorio e del mare, favorendo la biodiversità e supportando una vasta gamma di servizi ecosistemici (Giacomello et al. 2023).

La Commissione europea le definisce come:

soluzioni ispirate e supportate dalla natura, che sono convenienti, forniscono contemporaneamente benefici ambientali, sociali ed economici e aiutano a costruire la resilienza. Tali soluzioni portano natura, caratteristiche e processi naturali

sempre più diversificati nelle città, nei paesaggi terrestri e in quelli marini, attraverso interventi adattati localmente, efficienti sotto il profilo delle risorse e dei sistemi.⁴

Da anni la CE investe risorse economiche crescenti nella ricerca e nelle politiche di integrazione delle NbS essendo stati dimostrati molti vantaggi ambientali derivanti dalla loro diffusione, fra cui l'adattamento ai cambiamenti climatici, la riduzione del rischio di disastri naturali, l'incremento della biodiversità e innumerevoli benefici indiretti strategici per la qualità della vita delle persone nell'ambiente antropizzato.

L'integrazione della vegetazione in ambiente urbano, nei modi e

⁴ European Commission, *Nature-Based Solutions*. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/environment/nature-based-solutions_en.



Figura 1 La vegetazione può ricoprire gli edifici grazie alla presenza di piante rampicanti con apparato radicale posto alla base, secondo un sistema che possiamo definire low-tech, oppure può rivestire le superfici ponendosi direttamente su queste, con piante di vari tipi, il cui apparato radicale è collocato sulle superfici stesse, con un sistema high-tech

nelle forme che sono possibili, data l'elevata densità edilizia delle città italiane, rappresenta una contromisura giudicata efficace per il miglioramento della qualità dell'aria: le piante sono produttori primari e quindi producono composti organici dalla CO_2 liberando O_2 . Quindi, laddove ci sia vegetazione avviene lo scambio gassoso a noi favorevole. Forse il 'guadagno gassoso' è il vantaggio meno significativo per l'ambiente urbano, infatti altri benefici derivanti dalla presenza delle piante impattano in modo importante sulla qualità dell'aria.

Di seguito vengono citati alcuni fra i principali benefici che derivano dall'impiego delle NbS e della vegetazione in città:

1. uso di energia solare e mitigazione dell'isola di calore urbana: grazie all'evapotraspirazione (funzione vegetale che determina il passaggio di fase dell'acqua dallo stato liquido allo stato gassoso verso l'atmosfera) le superfici invedite sono 'superfici fredde'. Il fatto che la vegetazione abbia temperature inferiori a quelle delle superfici degli edifici e delle pavimentazioni stradali, soprattutto quelle asfaltate, riduce l'apporto termico all'ambiente – per irraggiamento, convezione o conduzione – migliorando il

- comfort urbano e limitando il fenomeno dell'isola di calore;
2. ombreggiamento: le temperature all'interno dei centri urbani risultano più alte rispetto alle zone limitrofe e alle campagne a causa della cementificazione e della presenza di ampie superfici asfaltate, pavimentate e impermeabilizzate che si surriscaldano. Questo problema si manifesta soprattutto nel periodo estivo e può essere mitigato dalla presenza di alberi che riducono le temperature dei materiali edilizi attraverso l'ombreggiamento. Inoltre, le alberature poste in prossimità delle superfici vetrate degli edifici e le piante rampicanti o decumbenti a diretto contatto con le facciate possono costituire un sistema di ombreggiamento e schermatura solare naturale (Tatano 2008). Selezionando alberi e piante a foglia caduca, la presenza di questi sistemi durante il periodo invernale consente il passaggio della radiazione solare;
 3. assorbimento di polveri sottili: le piante hanno la capacità di trattenere tramite le foglie, il tronco e le ramificazioni un'importante quantità di particolato atmosferico e sostanze inquinanti oltre a produrre ossigeno attraverso la fotosintesi clorofilliana. Parchi urbani, ma anche alberi collocati lungo le strade, terrazze piantumate e tetti giardino svolgono un ruolo importante nell'assorbimento degli inquinanti presenti in ampie concentrazioni nell'ambiente urbano;
 4. regimazione idrica, in funzione con il suolo drenante: l'acqua meteorica assorbita dalle superfici vegetate, inclusi i tetti verdi (Musacchio, Tatano 2014), non viene conferita al sistema di drenaggio urbano, con considerevoli vantaggi gestionali e di riduzione della pericolosità nel caso di piogge intense e prolungate (Giacomello 2011);
 5. amenità della città, funzionalizzazione degli spazi aperti, impatti sulle attività sociali-sportive-ricreative: l'integrazione della vegetazione nelle aree urbane contribuisce a rendere più vivibili gli spazi aperti pubblici garantendo un ambiente più bello, vivibile e salubre, facilmente utilizzabili per lo sport, il gioco, l'incontro sociale, il godimento dello spazio pubblico in varie forme.

Bibliografia

- Commissione europea (2022). *Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/it/txt/html/?uri=celex:52022pc0542>.
- Minutolo, A.; Frasso, C.; Pandolfo, E. (2023). «Mal'Aria di città. Cambio di passo cercasi». *Legambiente*. <https://www.legambiente.it/rapporti-e-osservatori/malaria-di-citta/>.
- UNEP (United Nation Environment Programme) (2022). «Global Status Report for Buildings and Construction». <https://www.unep.org/resources/publication/2022-global-status-report-buildings-and-construction>.
- International Energy Agency (2022). *Tracking Buildings 2022*. Paris: International Energy Agency. <https://globalabc.org/index.php/resources/publications/iea-tracking-report-buildings>.
- Munafò, M. (a cura di) (2021). «Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici, Edizione 2021. Report SNPA 22/21». www.snpambiente.it/wp-content/uploads/2022/07/it_Sintesi_Rapporto_consumo_di_suolo_2022.pdf. Ultimo accesso 15/01/2024.
- Giacomello, E. et al. (a cura di) (2023). *Le NbS-Nature based-Solutions per l'architettura e la città = L'approccio prestazionale alle tecnologie vegetate. Atti della conferenza* (Venezia, Università Iuav di Venezia, 13 ottobre 2023). Milano: FrancoAngeli.
- Tatano, V. (a cura di) (2008). *Verde: naturalizzare in verticale*. Santarcangelo di Romagna: Maggioli.
- Musacchio, A.; Tatano, V. (2014). *Tetti giardino. Storia, tecnica, progetto*. Santarcangelo di Romagna: Maggioli.
- Giacomello, E. (2012). *Copertura a verde e risorsa idrica. Implicazioni tecnologiche e benefici per l'ambiente urbano*. Milano: FrancoAngeli.

Venezia: aria e immaginario nell'Antropocene

Questa eccellentissima volta, l'aria, guardate, questo splendido firmamento sospeso, questo tetto maestoso scolpito di fuoco dorato, ecco, a me non sembra nient'altro che una immonda e pestilenziale congregazione di vapori.

William Shakespeare, *Amleto*, 2.2.292-7

Venezia sotto la neve (1841), oggi al Civico Museo Revoltella di Trieste, è un quadro di Ippolito Caffi in cui una classica vista del Canal Grande si apre verso il bacino San Marco. L'acqua è immobile, i tetti dei palazzi e la cupola della Chiesa della Salute, i cui contorni sono resi nitidi dalla luce invernale, sono imbiancati. Ma se il titolo dell'opera si riferisce al fenomeno atmosferico della neve, al centro della rappresentazione spicca l'ampio sbuffo di fumo che esce dalla ciminiera di un battello, circondato da gondole che sembrano disorientate da questa strana presenza senza vela e senza remi. In lontananza si intravede un veliero, simbolo di un glorioso passato in cui le navi avevano reso Venezia regina del Mediterraneo e oramai apparizione residua, spettrale, destinata a essere soppiantata definitivamente dalle nuove imbarcazioni a motore mentre le gondole cominciano la loro metamorfosi da mezzi di trasporto a veicoli turistici. Quel fumo che va a raggiungere le nuvole del cielo veneziano, moltiplicato per milioni di volte, ha portato a un

aumento esponenziale delle emissioni planetarie di anidride carbonica, ha surriscaldato l'atmosfera e ha reso l'aria della città, dove l'assenza di automobili fa pensare al contrario, una tra le più inquinate. Quel battello segnala l'entrata in una nuova epoca di crisi ambientale senza precedenti che ha reso lo scenario di una Venezia innevata sempre più improbabile.

L'aria che respiriamo e le sue proprietà materiali sono esaminate e misurate dalla scienza. La crisi ambientale richiede di essere analizzata anche da altre prospettive in un'ottica comparativa e interdisciplinare. Proprio questa è la vocazione delle Environmental Humanities o Scienze Umane per l'Ambiente, un nuovo campo di studi che sta crescendo in tutto il mondo. Secondo la definizione fornita dai suoi due più importanti esponenti italiani per l'Enciclopedia Treccani, le Scienze Umane per l'Ambiente sono animate dal progetto di esplorare «le dimensioni culturali della crisi ecologica, interpretandole in un orizzonte insieme critico e



Figura 1 Ippolito Caffi, *Venezia sotto la neve*, 1841-42. Olio su tela, inv. 2585.
© Archivio fotografico del Museo Revoltella – Galleria d'Arte Moderna, Trieste

creativo» (2020, 40). Il loro approccio, imperniato su «un *ménage à trois* tra discipline umanistiche, scienze sociali e scienze ambientali», non è solo teorico e analitico ma punta a «promuovere una cultura diversa, più inclusiva, critica e sostenibile» (40), proponendosi come una forma di discorso intellettuale e accademico portato intrinsecamente ad associarsi a diverse forme di attivismo e a perseguire una giustizia ambientale.

Forte dell'esperienza del suo ruolo pionieristico nelle scienze ambientali e di una ricerca trasversale diffusa in tutti i suoi dipartimenti, l'Università Ca' Foscari Venezia ha messo a sistema queste sue risorse inaugurando nel 2020 la prima laurea magistrale italiana in Environmental Humanities, il cui orientamento internazionale comincia dalla scelta di essere un corso

integralmente erogato in inglese. Si è trattato di un punto di arrivo del percorso iniziato nel 2017, quando veniva inaugurato il Center for the Humanities and Social Change con una conferenza di Amitav Ghosh intitolata emblematicamente *Humanities and Climate Change*. Lo scrittore indiano presentava il suo fondamentale studio *La grande cecità. Il cambiamento climatico e l'impensabile* (2016), in cui dichiarava programmaticamente: «La crisi climatica è anche una crisi della cultura, e pertanto dell'immaginazione» (16). Il libro, capace di una coraggiosa autocritica in cui l'autore di molti straordinari romanzi di grande spessore – anche politico – accusava la propria forma d'arte di inadeguatezza rispetto alla minaccia e dimensione del cambiamento climatico, è un accorato

appello a una presa di coscienza indispensabile rispetto alla diffusa tendenza a ignorare i rischi che stiamo correndo:

In un mondo sostanzialmente alterato, un mondo in cui l'innalzamento del livello dei mari avrà inghiottito le Sundarban e reso inabitabili città come Kolkata, New York e Bangkok, i lettori e i frequentatori di musei si rivolgeranno all'arte e alla letteratura della nostra epoca cercandovi innanzitutto tracce e segni premonitori del mondo alterato che avranno ricevuto in eredità. E non trovandone, cosa potranno, cosa dovranno fare, se non concludere che nella nostra epoca arte e letteratura venivano praticate perlò più in modo da nascondere la realtà cui si andava incontro? E allora questa nostra epoca, così fiera della propria consapevolezza, verrà definita l'epoca della Grande Cecità. (2016, 18)

Dopo alcuni anni di intensa attività e sperimentazione il centro di ricerca ha deciso di abbracciare organicamente le Scienze Umane per l'Ambiente e si è trasformato in NICHE – New Institute Centre for Environmental Humanities. La laurea magistrale, da far suo, conta già, a quattro anni dalla sua attivazione, centinaia di studentesse e studenti provenienti da tutto il mondo.

Come pensano l'aria – e il 'mal d'aria' – le Scienze Umane per l'Ambiente? Ecco alcuni esempi di come questo tema figura in alcune riflessioni critiche e artistiche accomunate dall'esigenza di ripensare radicalmente il nostro mondo e i nostri modi di abitarlo. Uno dei loro capisaldi è l'opera di rinominazione della nostra epoca, atto che riconosce

un'avvenuta cesura e l'importanza di una riconfigurazione planetaria complessiva della nostra condizione. La denominazione che si è meritata più popolarità e controversie, suscitando anche numerose – troppe! – alternative (Mentz 2017), è quella di Antropocene. Con questo neologismo gli scienziati Paul Crutzen e Eugene F. Stoermer hanno voluto definire addirittura una nuova era geologica, in cui l'essere umano da agente biologico è diventato agente geologico, capace di surriscaldare l'atmosfera e mettere a repentaglio l'intera biosfera del pianeta. Paul Crutzen colloca la nascita dell'Antropocene nel tardo Settecento, «quando le analisi dell'aria intrappolata del ghiaccio polare hanno evidenziato l'inizio di una crescente concentrazione globale di diossido di carbonio e metano» (Crutzen 2002), e sottolinea la coincidenza di questa datazione con l'invenzione del motore a vapore da parte di James Watt nel 1784. Sia il concetto che la datazione dell'Antropocene sono stati messi più volte in discussione, in particolare da chi ha chiesto di riconoscere da un lato che non tutti gli esseri umani hanno contribuito alle emissioni in egual misura e dall'altro che bisogna allargare l'arco temporale per considerare il capitalismo e colonialismo europei come veri motori (metafora appropriata!) del mutamento.

Tra i critici dell'Antropocene, il già citato storico italiano Marco Armiero ha proposto la definizione alternativa o supplementare di Wasteocene, che mette al centro il concetto di *waste* (scarto). Dando un ruolo preminente all'aria in una riflessione che è insieme scientifica e politica, e in qualche modo anticipata dall'Amleto shakespeariano, che nell'atmosfera trionfalistica dell'umanesimo rinascimentale percepisce invece un tanfo nauseabondo.

Criticando l'impersonalità delle narrazioni dell'Antropocene, Armiero propone di considerare il corpo umano come 'sensore potente' del Wasteocene, produttore di relazioni di scarto più ancora che di scarti materiali. «Il cattivo odore, la puzza è probabilmente il tropo più ricorrente in diverse autobiografie di tossicità» scrive Armiero, che poi cita lo storico francese Alain Corbin: «Il senso dell'odorato individua i pericoli nascosti nell'atmosfera, la sua capacità di valutare la proprietà dell'aria non ha pari». Segue un lungo brano dalla testimonianza di un'attivista napoletana di nome Nunzia, che descrive la sensazione di vivere a ridosso di una discarica, un fetore che pervade la persona, fa bruciare la gola, gli occhi, la faccia fino a che tutta la pelle si sente impregnata di queste sostanze tossiche e perfino un lavaggio accurato sembra incapace di liberare la donna da una puzza che sente penetrare fin dentro le ossa. Commenta Armiero:

Il racconto di Nunzia conferma che il naso può agire da terzo occhio, rendendo visibile la mappa nascosta del guasto. Mentre la puzza rivela su quale lato della linea di scarto ci si trova. [...] Collocare il naso al centro dell'Atto politico ci ricorda che la persona subalterna sperimenta il Wasteocene attraverso il suo stesso corpo. [...] Il naso mette anche in questione la rigida separazione tra esperienza e conoscenza, proponendo così molteplici modalità cognitive del Wasteocene. (2021, 46-7)

A partire da questa consapevolezza corporea e sensoriale, Armiero ci mette in guardia dalla tendenza a dare risalto al rifiuto come oggetto da eliminare, che a sua volta porta a enfatizzare le soluzioni tecnologiche e tecnocratiche

dello smaltimento. Prima di tutto è necessario identificare e contrastare le relazioni socio-ecologiche di scarto che arricchiscono pochi a scapito dei molti creando zone di sacrificio dove si accumulano insieme montagne di rifiuti e masse di persone condannate a convivervi, se non a volte, come in alcune famigerate discariche asiatiche o africane, a trarre il loro sostentamento da esse.

Che il naso sia una frontiera corporea delicata, vulnerabile e cruciale lo abbiamo imparato tutti a caro prezzo durante la pandemia di COVID-19, quando, insieme alla nostra bocca, è scomparso per vari mesi in pubblico dietro le indispensabili mascherine. Serenella Iovino, anche lei già menzionata, ha raccontato l'aria di Venezia in modo molto originale da un punto di vista ecocritico. Il suo saggio «I testi del paesaggio. Venezia e la sua Laguna», parte del suo illuminante volume *Paesaggio civile. Storie di ambiente, cultura e resistenza* (2022), comincia dall'esperienza della sua prima visita in città. Come molti prima di lei, Iovino esordisce raccontando Venezia come le appare alla vista, partendo dalla sua immagine, una delle più rappresentate nell'immaginario globale. Ma poi, dal paradigma visivo passa subito a un altro senso, emblematicamente associato a una presenza non-umana: «da quando è lì, in quel piccolo grembo di mare e terra al confine nordorientale d'Italia, la Laguna respira. E respira maree» (59). La personificazione di Venezia come 'vecchia fanciulla', ossimoro che arricchisce un'altra illustre tradizione della rappresentazione della città al femminile, è anch'essa associata allo stesso atto corporeo: «quella notte l'ho sentita ansimare, quella fanciulla. L'ho sentita annegare lentamente del suo stesso respiro» (60).

Come Armiero, Iovino mette i corpi al centro della rappresentazione, corpi umani e non-umani. Da un lato volge

il suo sguardo verso il lato meno noto e luminoso della Laguna, la Marghera del Petrolchimico che nel corso del secolo passato ha avvelenato aria e acqua in nome della modernizzazione industriale. Per questo l'autrice invoca prima di tutto una 'giustizia cognitiva', il diritto di lavoratrici e lavoratori e degli abitanti tutti di Marghera di sapere cosa stesse accadendo realmente nelle fabbriche, verità che si è affermata solo tardivamente per via processuale. La giustizia cognitiva è forse proprio il tratto distintivo delle Scienze Umane per l'Ambiente, il diritto a una rappresentazione di qualsiasi luogo che non releghi l'ambiente a sfondo inerte e passivo ma lo renda protagonista attivo. Contro il cliché che è sempre in agguato quando è in gioco Venezia, Iovino è abilissima nel rimodulare uno dei luoghi comuni più tenaci degli ultimi due secoli, quello della 'morte a Venezia'. Più oltre, Iovino rilegge proprio il classico di Thomas Mann *La morte a Venezia* non più solo come racconto esistenziale, ma come romanzo ambientale e pandemico, in un'interpretazione che l'autrice aveva presentato per la prima volta in versione inglese qualche anno prima del COVID-19. Ed è in questo contesto che la studiosa, citando lo scrittore tedesco, declina un'altra versione del respiro della città:

E Venezia stessa non è uno scenario, ma un personaggio, è una presenza corporea che si può annusare, sentire, toccare: "Sui vicoli stagnava una calura afosa e ripugnante; l'aria era così spesso che gli odori provenienti da abitazioni, botteghe, cucine – vapori oleosi, nuvole di profumo e molti altri – restavano sospesi senza dissolversi".

La città possiede anzi una propria misteriosa agenticità, che

diviene fatale quando entra in scena un altro attore: il colera. Basta un istante e le essudazioni si trasformano in respiro, un respiro affannoso. In questa atmosfera pesante, quasi insopportabile, Venezia e tutti i suoi corpi paiono piegarsi allo stesso destino. (92-3)

Alziamoci, letteralmente, in volo e libriamoci nell'aria. Alla Biennale Architettura di Venezia del 2021, è stata presentata un'altra importante prospettiva critica e creativa sull'Antropocene, quella dell'artista argentino Tomás Saraceno, che ha formato una comunità artistica interdisciplinare chiamata Aerocene. Come recita il loro manifesto, che promuove pratiche ecologiche mirate a una relazione etica con l'atmosfera, l'invito è a immaginare:

lo spazio come un luogo di proprietà comune, fisico e immaginario, libero dal controllo delle grandi società e dalla sorveglianza dei governi. Aerocene promuove un accesso libero, non soggetto a misure di estrema sicurezza, all'atmosfera. È una proposta, una scena nell'aria, sull'aria, per l'aria e con l'aria. (cit. in Margheri, Taurelli Salimbeni 2020)

Ispirandosi all'antico sogno umano di sfidare la forza di gravità, Aerocene organizza il lancio di sculture aerosolari in grado di sollevarsi grazie al calore del sole e alle radiazioni infrarosse emanate dalla superficie terrestre. Veicoli che si sollevano simbolicamente senza l'uso di energie fossili e che viaggiano per lunghe distanze seguendo i venti e in alcuni casi capaci perfino di trasportare delle persone per diverse centinaia di metri.

In piena sintonia con le Scienze Umane per l'Ambiente, nella pratica

di Saraceno è fondamentale la collaborazione internazionale con scienziati e attivisti, al di là di ogni antica divaricazione tra domini del sapere. Tra i progetti realizzati dalla Aerocene Foundation è nato per esempio la Float Predictor App, che permette di simulare i percorsi di volo virtuali delle sculture, di localizzare la comunità Aerocene, e di ammirare le varie sculture aerosolari e le loro traiettorie. La dimensione artistica non consta solo degli oggetti in sé ma anche della comunità stessa, aperta, trasversale, eclettica, di diversi luoghi ed età, che si riunisce per far volare le sculture e rappresentare una forma di mobilità che non altera l'equilibrio dell'atmosfera.

Wastocene, Aerocene... ma anche Capitalocene, Chthulucene, Pirocene, Negantropocene: potremmo inseguire il tema dell'aria nelle decine di definizioni alternative. Malgrado l'utilità di alcune, con i suoi limiti e il suo implicito riferimento a un'umanità indifferenziata che non distingue tra chi ha provocato e chi subisce le conseguenze del cambiamento climatico, ha comunque il merito di catalizzare un'attenzione globale sulla crisi ambientale. È in quest'ottica che è stato adottato in vari contesti, come per esempio l'Anthropocene Campus, laboratorio interdisciplinare e itinerante che nel 2021 si è svolto a Venezia. Da quella intensa esperienza che ha radunato decine di studiosi, artisti, attivisti, è nato il libro *Venezia e l'Antropocene. Una guida ecocritica*, pubblicato dall'editore Wetlands nel 2022. In quest'opera a più voci l'ultima delle sette sezioni è dedicata ai paesaggi d'aria. Nel 1581 Francesco Sansovino apriva la sua *Venetia città nobilissima et singolare* elogiando il clima lagunare:

quello, ch'è meraviglioso a udire,
ha quest'aria un privilegio spetiale

dalla natura, che ogn'uno di qualunque nazione, o sotto qual clima si voglia nato, si conforma con essa con la sua complessione, sentendone pari beneficio, così quelli che sono avezzi all'aria sottile, come alla grossa. (1968, 3)

Nell'Antropocene, come scrive Lucio De Capitani nell'introduzione alla guida, «l'aria di Venezia assume toni decisamente più inquietanti» (2022, 25). Il volume prende in considerazione due forme di aria 'antropocenica', quella che si respira e che si è fatta veicolo della pandemia di COVID-19, e quella che accelerando genera venti, tempeste e acque alte. Tra i brevi saggi che compongono la guida, quello di Fine Brendtner e Denise Frazier indaga il ruolo delle maschere come artefatto culturale e politico, collegando Venezia e New Orleans non solo per i loro famosi Carnevali ma nel contesto della pandemia e il suo rapporto con il collasso climatico e l'(in)giustizia sociale. Robert-Jan Wille parte dalla statua dell'arcangelo Gabriele che funge da banderuola sul vertice del campanile di San Marco per parlare dell'evoluzione delle concezioni della meteorologia a partire dal Cinquecento. Stefano Liberti descrive il ruolo del centro maree di Venezia nel creare una coscienza collettiva delle acque alte, oltre che a discutere la minaccia dell'innalzamento del livello del mare a Venezia. Jennifer Scappettone si sofferma sulla polisemia della parola italiana 'tempo', che indica sia quello cronologico che quello atmosferico, sottolineando «un ritmo proprio del luogo, basato sul modo in cui passano le ore e i decenni, di per sé condizionato dal tempo atmosferico» (197). Intrecciando dipinti, scritti, documentari e riflessioni storiche, il saggio che chiude anche l'intera opera ripercorre l'evoluzione del tempo, in tutte le sue accezioni, di Venezia, reso

tumultuoso e internamente conflittuale dall'Antropocene. Sono solo alcuni esempi di come l'aria sia ricchissima di significati che dobbiamo rileggere con tutti gli strumenti, scientifici e culturali, che abbiamo a disposizione.

Ho aperto con un quadro che, inconsapevolmente, immortalava l'avvento dell'Antropocene, tramite il fumo provocato dal carbone che brucia nella caldaia di un'imbarcazione. Chiudo con le opere astratte di Laura Pugno,

artista che guarda in faccia con coraggio il 'mal d'aria' come sintomo della crisi ambientale e la vuole catturare in strati di colore che sono insieme processo, performance, matericità, lavoro collettivo, riflessione critica. È anche nella dialettica tra arte del passato e arte del presente che possiamo sperare di trovare le energie intellettuali e creative, non inquinanti, per tornare a respirare un'aria più salubre, per 'ventilare' un futuro migliore.

Bibliografia

- Armiero, M.; Iovino, S. (2020). «Le Environmental Humanities». *Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti*, vol. 1. Roma: Istituto dell'Enciclopedia Italiana Treccani, 39-44.
- Armiero, M. (2021). *L'era degli scarti. Cronache dal Wasteocene, la discarica globale*. Torino: Einaudi.
- Baldacci, C.; Bassi, S.; De Capitani, L.; Omodeo, P. (a cura di) (2022). *Venezia e l'Antropocene. Una guida ecocritica*. Venezia: wetlands.
- Crutzen, P. (2002). «Geology of Mankind». *Nature*, 415, 23.
- Ghosh, A. (2016). *La grande cecità. Il cambiamento climatico e l'impensabile*. Vicenza: Neri Pozza.
- Iovino, S. (2022). *Paesaggio civile. Storie di ambiente, cultura e resistenza*. Milano: Il Saggiatore.
- Margheri, M.; Taurelli Salimbeni, C. (2020). «Dall'Antropocene all'Aerocene». <https://www.palazzostrozzi.org/dallantropocene-allaerocene/>.
- Mentz, S. (2017). «The Neologismcene». *Arcade: The Humanities in the World*. <https://shc.stanford.edu/arcade/interventions/neologismcene>.
- Sansovino, F. [1581] (1968). *Venetia città nobilissima et singolare*, vol. 1. Venezia: Filippi.

LAURA PUGNO

Esposizione

Mal d'aria

2023

pastelli a olio, acrilico spray

8 tavole di legno compensato

150 × 100 cm ciascuna

cinghie a cricchetto lunghe 5 m

sacco di cemento di 25 kg

Le opere sono l'esito della performance



































Approfondimenti di studentesse e studenti

Beatrice Boaretto
Paulo Isaque De Souza Pires
Irene Fenzi
Abramo Gallio
Jasmine Miraval
Elisa Popolizio

L'impatto dell'inquinamento atmosferico sul patrimonio culturale italiano

Il progressivo degrado dei beni culturali esposti all'aperto

Negli ultimi decenni, il degrado del patrimonio culturale italiano esposto all'aperto ha subito un'accelerazione, causata soprattutto dall'inquinamento atmosferico. Si tratta di un processo progressivo e irreversibile, che ha luogo in particolare nelle aree urbane dove si

concentra il maggior numero di beni culturali; questi sono privi di sistemi di smaltimento o di eliminazione delle sostanze inquinanti con cui vengono a contatto e quindi in breve tempo si assiste al loro accumulo sulle superfici (Bonanni et al. 2006, 67).

Fonti di emissione delle sostanze inquinanti

Le sostanze inquinanti possono essere emesse da diverse fonti, tra cui: il traffico veicolare, che produce ossidi di carbonio (CO), azoto (NO_x), e zolfo (SO_x), particolato (PM10, PM2.5), polveri provenienti dall'usura di manti stradali, di pneumatici e idrocarburi incombusti (HC); il riscaldamento domestico e i processi di combustione negli impianti industriali, che

producono CO, biossido di zolfo (SO_2), idrocarburi, aldeidi, ceneri composte da cloruro di sodio (NaCl) e di magnesio (MgCl_2), particelle carboniose, ecc.; la lavorazione dei manufatti nei processi industriali e la combustione dei rifiuti, che producono vapori di solventi organici, anidride solforica (SO_3), acido cloridrico (HCl), NO_x , HC, PM10, PM2.5 (Bonanni et al. 2006, 23).

Gli inquinanti atmosferici

Tra le sostanze inquinanti, quelle considerate maggiormente aggressive

per le superfici dei beni culturali sono: l'anidride carbonica (CO_2); gli ossidi di

zolfo (SO_x); gli ossidi di azoto (NO_x); il particolato atmosferico (PM10, PM2.5) (Gaddi 2021). La CO_2 , per esempio, che in questi anni è aumentata in maniera costante a causa dell'intensificarsi dei processi di combustione di combustibili fossili, reagisce con l'acqua presente in atmosfera e genera una soluzione di acido carbonico (H_2CO_3) che degrada le superfici calcaree o in arenaria a cemento calcareo (Bonanni et al. 2006, 18-19). Gli SO_x , poi, presenti in atmosfera come anidride solforosa o biossido di zolfo (SO_2), l'acido solforico (H_2SO_4) e i solfati metallici (MSO_4 , $\text{M}_2(\text{SO}_4)_3$), ecc., vengono emessi dai processi di combustione di combustibili fossili e di fusione dei minerali non ferrosi (19). Per NO_x ,

invece, si intendono tutti i composti tra l'azoto e l'ossigeno nei vari stati di ossidazione, che si formano nei processi di combustione ad alte temperature (19). Quando la SO_2 e gli NO_x entrano in contatto con il vapore acqueo o la pioggia presenti in atmosfera avvengono delle reazioni che producono rispettivamente H_2SO_4 e acido nitrico (HNO_3), e quindi le piogge acide che corrodono i beni culturali.¹

A questi si aggiunge il particolato sottile (PM), ossia un insieme eterogeneo di particelle solide e liquide che restano in sospensione nell'aria per via delle ridotte dimensioni, tra cui il PM10 con diametro aerodinamico inferiore a $10\ \mu\text{m}$, e il PM2.5 inferiore a $2,5\ \mu\text{m}$ (Bonanni et al. 2006, 20).

Le principali forme di degrado

L'inquinamento atmosferico comunque non agisce da solo, ma sinergicamente con i fattori climatici, accelerando i naturali processi di deterioramento dei beni culturali, comportando un danno di tipo estetico e/o strutturale che ne compromette la comprensione e la fruizione, causandone la perdita del valore (Gaddi et al. 2017, 7). I tempi e i modi del degrado differiscono in base al tipo di materiale, alle caratteristiche chimico-fisiche delle sostanze inquinanti coinvolte (Bonanni et al. 2006, 67), e alle condizioni climatiche e ambientali del territorio con cui interagiscono i beni culturali (Gaddi et al. 2017, 7).

Le principali forme di degrado sono: la perdita di materiale dalle superfici lapidee, causata da CO , CO_2 , SO_2 , HNO_3 , NO_2 , O_3 , PM10, RH (idrocarburi volatili) e piogge acide (Gaddi s.d.); lo sporcamento, causato dal deposito di particelle carboniose; la formazione delle croste nere, stratificazioni eterogenee che inglobano depositi di PM sulle superfici, soprattutto di natura calcarea;² la corrosione dei metalli, con conseguente alterazione cromatica (Gaddi et al. 2017, 7). Da menzionare anche la contaminazione biologica e lo stress fisico, causato da fattori climatici e microclimatici (Bonanni et al. 2006, 65, 68).

1 <https://www.legambientevicenza.it/territorio/vicenza-un-patrimonio-storico-artistico-da-tutelare-inquinamento-atmosferico-e-beni-culturali/>.

2 <https://www.legambientevicenza.it/territorio/vicenza-un-patrimonio-storico-artistico-da-tutelare-inquinamento-atmosferico-e-beni-culturali/>.

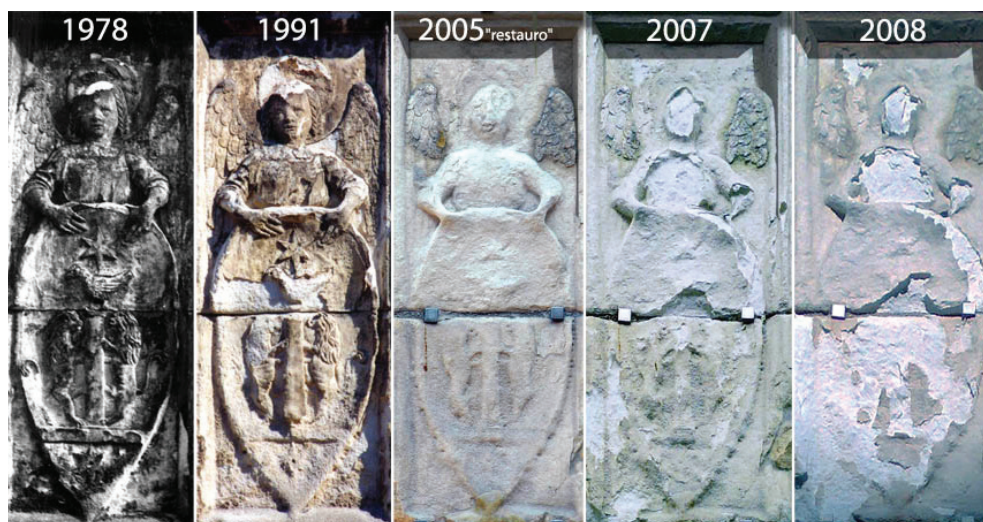


Figura 1 Antonio Rizzo, bassorilievo raffigurante un angelo con scudo (progressiva solfatazione). Seconda metà del XV secolo. Pietra calcarea. Venezia, Cannaregio, Rio Terà Frutariol

Beni culturali ‘cancellati’: un caso veneziano

Un ambiente come quello di Venezia, per esempio, risulta estremamente sfavorevole per la conservazione del suo patrimonio culturale, e a questo si aggiungono l'inquinamento urbano e industriale di Mestre e Porto Marghera (Fassina 1979, 61). Negli ultimi anni, infatti, i beni culturali veneziani esposti all'aperto hanno subito dei rapidi e profondi processi di deterioramento che, in molti casi, ne hanno compromesso irreversibilmente l'esistenza (59). Tra questi, il bassorilievo raffigurante un Angelo con scudo attribuito allo scultore

Antonio Rizzo (1430-1499) in Rio Terà Barba Frutariol, a Cannaregio, nei pressi del Campo Santissimi Apostoli.³ Nel giro di pochi anni, dal 1930 al 2011, la sua superficie calcarea appare ormai scomparsa a causa del fenomeno della solfatazione: la reazione fra H_2SO_4 e carbonato di calcio ($CaCO_3$) ha portato alla formazione di solfato di calcio (gesso; $CaSO_4$) che diffondendosi, penetrando e cristallizzando all'interno dei pori, essendo friabile ne ha causato la disgregazione (Bonanni et al. 2006, 19) [fig. 1].

Conclusioni

L'inquinamento dell'aria, dunque, non solo provoca il degrado del patrimonio culturale italiano, ma, come afferma la UNECE (United Nations

Economic Commission for Europe), rappresenta anche una grave perdita economica, caratterizzata da elevati costi di manutenzione e restauro e una

³ <https://nuovavenezia.gelocal.it/veneziana/cronaca/2015/03/21/news/l-angelo-di-rio-tera-barba-frutariol-ormai-e-scomparso-1.11094242>.

potenziale diminuzione del turismo.⁴

Al momento la legislazione italiana non definisce dei livelli di soglia specifici per gli effetti dell'inquinamento atmosferico sui beni culturali. Tuttavia l'Italia, in quanto custode di un importante patrimonio culturale, dovrebbe impegnarsi a ridurre notevolmente le emissioni di

sostanze inquinanti.⁵ A tal proposito, come indicato dai documenti europei per lo sviluppo sostenibile, per i prossimi anni ci si pone l'obiettivo di definire i valori limite degli inquinanti atmosferici in modo da consentire la formulazione di specifiche direttive per una tutela efficace (Bernardi, Morselli 2002, 11).

Bibliografia

- Bernardi, E.; Morselli, L. (2002). «L'interazione inquinanti/beni culturali». *RICHMAC Magazine*, 84, 11.
- Bonanni, P. et al (2006). *I risultati dello studio sperimentale APAT-ICR per la valutazione del danno dei beni storico-artistici esposti all'aperto*. Roma: APAT-ICR.
- Fassina, V. (1979). *L'inquinamento atmosferico e il degrado delle opere d'arte a Venezia*. Venezia: Associazione Civica Venezia Serenissima.
- Gaddi, R. (2021). *Gli effetti dell'inquinamento atmosferico e dei fattori climatici sul patrimonio culturale architettonico*. Roma: Ispra. <https://dgspatrimonioculturale.beniculturali.it/wp-content/uploads/2021/01/gli-effetti-dellinquinamento-atmosferico-e-dei-fattori-climatici-sul-patrimonio-culturale-architettonico-Elaborazione-dei-dati-di-Pericolosita-ambientale-Raffaella-Gaddi.pdf>.
- Gaddi, R. et al. (2017). *Inquinamento atmosferico e beni culturali: effetti sui materiali a Roma*. Rapporti 270. Roma: Ispra.

4 <https://romasitounesco.it/cambiamento-climatico-e-patrimonio-culturale/>.

5 https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/italiasicura/151contributo_itali.pdf.

Le microplastiche: una minaccia invisibile

Nel 1794 la Francia perse in pochi secondi qualcosa che avrebbe potuto riconquistare solo dopo cento anni. Questo è ciò che disse Joseph Gay-Lussac quando vide il suo mentore Antoine-Laurent de Lavoisier ghigliottinato durante la Rivoluzione francese. Tuttavia, Lavoisier, considerato il padre della chimica moderna, ha perpetuato i suoi insegnamenti fino ai giorni nostri coniato, ad esempio, la famosa frase «in natura nulla si crea, nulla si distrugge, tutto si trasforma». Partendo dal presupposto che in natura nulla si perde, dobbiamo riconoscere che ciò che non riusciamo a vedere è ancora lì, esiste ancora e quindi sta andando da qualche parte. È il caso delle microplastiche provenienti dall'industria che, sebbene minuscole, possono causare impatti sull'ambiente e sulla salute.

Nel 1987 il mondo ha iniziato a muovere i primi passi verso lo sviluppo sostenibile. In quell'occasione fu pubblicato il rapporto Brundtland, creato con la partecipazione di Paesi di tutto il mondo che miravano a garantire le esigenze della generazione presente senza compromettere quelle future.¹ Successivamente, si sono svolti altri importanti incontri internazionali, come il *Vertice della Terra* del 1992 a Rio de Janeiro, in Brasile, in cui sono stati presentati i vari aspetti dello sviluppo sostenibile, ossia quelli ambientali, sociali ed economici.² Un altro importante incontro si è svolto nel 2015 a Copenaghen in occasione della COP 15 (Conferenza delle Parti), dove si è discusso della riduzione delle sostanze inquinanti legate all'effetto serra.³

1 «1987: Brundtland Report». *Federal Office for Spatial Development ARE*. <https://www.aren.admin.ch/aren/en/home/media/publications/sustainable-development/brundtland-report.html>.

2 «A New Blueprint for International Action on the Environment». *United Nations*. <https://www.un.org/en/conferences/environment/rio1992>.

3 «COP15 / MOP5 – Copenhagen, Dinamarca (dezembro de 2009)». *CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo*. <https://cetesb.sp.gov.br/proclima/conferencia-das-partes-cop/cop-15-mop-5-copenhague-dinamarca-dezembro-de-2009/>.

Come si può notare, il dibattito sull'ambiente non si svolge in segreto o con scarse ripercussioni: da decenni le organizzazioni internazionali presentano le cause e gli effetti che il nostro stile di vita può avere sul pianeta e, di conseguenza, su chi lo abita, come ad esempio l'uso consapevole di fibre sintetiche per il mercato tessile, che possono rilasciare microplastiche (microparticelle o microfibre di dimensioni inferiori a cinque millimetri) (Mehinto et al. 2022) che a loro volta possono provocare danni all'essere umano e agli organismi viventi.

Sebbene sia una minaccia quasi invisibile a causa delle loro dimensioni, le conseguenze della sua produzione massiccia sono ben percepite e osservate negli oceani, nei laghi e persino nel lontano Artico, causando diverse risposte biologiche come alterazioni ormonali e la perdita di produzione alimentare (Thornton Hampton et al. 2022). Le microplastiche causano anche disturbi sulla terraferma, provocando infertilità del suolo a causa del rilascio di sostanze tossiche e danneggiando l'impollinazione delle colture.

L'essere umano non è immune a questo problema. Uno studio di Sorensen et al. (2012) ha rilevato l'influenza delle sostanze chimiche sulla fisiologia umana. E sebbene si tratti di uno studio molto nuovo e in continua evoluzione, è stato osservato che il bisfenolo A, un composto organico

utilizzato nella produzione di alcuni tipi di plastica,

può indurre vari disturbi come ginecomastia, disturbo da deficit di attenzione e iperattività, infertilità, sindrome dell'ovaio policistico, diabete, obesità, pubertà precoce e neoplasie. (Edaes, Ribeiro, Souza 2018)

Le complicazioni per la salute dipendono non solo dal composto chimico in sé, ma anche dalle dimensioni che una determinata microplastica può raggiungere. Ad esempio, se ridotta e classificata come PM2.5 (diametro aerodinamico di 2,5 µm o inferiore) e inalata dall'essere umano, potrebbe causare gravi problemi respiratori come asma e bronchite, nonché attacchi cardiaci.

Tuttavia, come anticipato, le organizzazioni internazionali si stanno già muovendo per comprendere e ridurre l'attuale situazione, come ad esempio la strategia europea per un'economia tessile sostenibile e circolare, che nel 2022 ha voluto evidenziare il problema definendo i cambiamenti che l'industria della moda dovrebbe adottare, come l'uso di fibre organiche e più durevoli, il riutilizzo di alcuni prodotti e la responsabilità estesa del produttore.⁴ Sta a noi consumatori informarci meglio sulle buone pratiche, condividerle con chi ci circonda, avere consapevolezza del problema e sostenere le iniziative sostenibili.

4 «Circular Economy for Textiles: Taking Responsibility to Reduce, Reuse and Recycle Textile Waste and Boosting Markets for Used Textiles». *European Commission*. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_3635.

Bibliografia

- Mehinto, A.C. et al. (2022). «Risk-Based Management Framework for Microplastics in Aquatic Ecosystems». *Microplastics and Nanoplastics*, 2. <https://doi.org/10.1186/s43591-022-00033-3>.
- Thornton Hampton, L.M. et al. (2022). «Research Recommendations to Better Understand the Potential Health Impacts of Microplastics to Humans and Aquatic Ecosystems». *Microplastics and Nanoplastics*, 2. <https://doi.org/10.1186/s43591-022-00038-y>.
- Edaes, F.S.; Ribeiro, S.M.; Souza, C.B. (2018). «Malefícios do bisfenol A na saúde humana e meio ambiente». *Revista UNILUS Ensino e Pesquisa*, 15(41), 146-61.
- Sørensen, K. et al. (2012). «Recent Secular Trends in Pubertal Timing: Implications for Evaluation and Diagnosis of Precocious Puberty». *Hormone Research in Paediatrics*, 77(3), 137-45.

Non Fungible Earth

Arte + Scienza + Tecnologia = Neo-visibilità della Terra

Land Art è il titolo del film che Gerry Schum girò nel 1969 per documentare il lavoro di artisti come Walter De Maria, Robert Smithson, Michael Helzer, Tennis Hoppenheim, Richard Long e Marinus Boezem. Da lì in poi, il nome definirà quelle operazioni artistiche in *en-plain-air* che invadono l'ambiente reale. L'artista fa del paesaggio naturale non solo il contesto dell'opera stessa, ma il mezzo fisico dell'opera, apportando interventi umani destinati a sopperire al ciclo della Natura. Si può paragonare la *Land Art* a una forma di sublime contemporaneo che dà un'immagine della natura potente e immensa, di fronte alla quale l'essere umano si ritrova a essere effimero e inutile.

Nel parlare di ambiente, negli ultimi anni una parola ha segnato uno spartiacque: Antropocene, introdotta nel dibattito dal premio Nobel per la chimica nel 2000 Paul Crutzen. Si è abbandonata così la speranza nella capacità della natura di autoripararsi per confermare l'esistenza di un

homo artifex sempre più creatore.

L'arte deve abbandonare il romanticismo sessantottino nel suo approccio con la tematica ambientale tenuto tra gli anni Sessanta e Ottanta, per dedicare ora la sua inimitabile capacità di creare visibilità, affiancandosi alla scienza e alla tecnologia.

Il 5 giugno 2020, in occasione del 46esimo anniversario del World Environment Day, UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change)¹ in collaborazione con Google Arts & Culture LAB, lancia la prima raccolta di opere d'arte sperimentali sui cambiamenti climatici: *Heartbeat of the Earth*. Le installazioni virtuali interattive traducono visivamente le principali questioni ambientali trattate dal Report 2018 dell'IPCC. Il declino della biodiversità marina e il surriscaldamento degli oceani sono al centro del lavoro di Cristina Tarquini, intitolato *Medusae*, che mostra l'incremento di ostilità;

1 È una delle tre convenzioni ambientali multilaterali adottate durante la Conferenza di Rio de Janeiro del 1992 e ha rappresentato la prima risposta globale alla sfida dei cambiamenti climatici, si veda: <https://www.mase.gov.it>.

Giorgia Lupi presenta *Plastic Air* che permette di zoomare l'aria che respiriamo e seguire il ciclo delle particelle di microplastica dai tessuti ai nostri polmoni; con *The Lagoon*, invece, Felicity Hammond dà consistenza visiva alla minaccia dell'innalzamento del livello del mare per la sopravvivenza umana; per chiudere Sey Min ha creato una macchina in grado di verificare chi (o meglio cosa) ha la capacità di sopravvivere al cambiamento climatico della Terra, il *Climate Change Impact Filter*.

Viene così a delinarsi, sempre più chiaramente,

il ruolo funzionale e ineludibile della tecnologia per il perseguimento degli obiettivi di sostenibilità ambientale, economica e sociale, ed allo stesso tempo si evidenzia la funzione dei criteri di sostenibilità quali elementi di indirizzo dello sviluppo tecnologico.²

Il dibattito sul paradigma digitale-sostenibile e i relativi SDGs (Sustainable Development Goals)³ ha coinvolto gli NFT (Non Fungible Token).⁴ La 'tecnica pittorica' degli NFT appare la più adatta a sensibilizzare alla problematica ambientale. Secondo la definizione fornita dall'Osservatorio Digital Innovation del Politecnico di Milano, un token è

un'informazione digitale, registrata su un registro

distribuito, univocamente associata a uno e un solo specifico utente del sistema.⁵

Si tratta, semplificando, di oggetti digitali unici e insostituibili garantiti da un certificato di proprietà irriproducibile.

La prima opera NFT che ha come protagonista il pianeta Terra è stata lanciata il 22 aprile 2021, per l'Earth Day, dal duo di street artist Motorefisico, (composto da Lorenzo Pagliara e Gianmaria Zonfrillo) in collaborazione con i creativi di Zon Productions. La descrizione dell'opera si riassume già nel suo titolo: *No Planet B*.⁶ Gli artisti spiegano che i materiali usati per la creazione sono stati i dati tratti da ourworldindata.org, che raccolgono le stime dei cambiamenti che la Terra ha subito dalla fine del XIX secolo in riferimento a due varianti: le emissioni di CO₂ (indicative del riscaldamento globale) e l'inquinamento da plastica. Le emissioni di CO₂ sono rappresentate da un progressivo aumento dei picchi rossi all'interno del pianeta, mentre la crescita dell'inquinamento plastico priva il mare del suo colore blu, rendendo gradualmente la superficie del pianeta interamente marrone. L'anello che si muove intorno al pianeta rappresenta il passare del tempo.

L'evoluzione della società ha portato ad alterare i ritmi della natura, affermando sempre più un modello fondato quasi esclusivamente sul profitto.

2 Nel novembre 2022, a Bologna, la Fondazione per la Sostenibilità Digitale ha dato vita alla prima edizione degli Stati Generali della Sostenibilità Digitale. In questo contesto, si è intrapreso un percorso che ha portato alla realizzazione del Digital Sustainability Paper da cui è tratta la citazione (<https://sostenibilitadigitale.it>). Per approfondire si veda Epifani 2020.

3 <https://unric.org/it/agenda-2030/>.

4 Per approfondire il tema dell'arte NFT si veda Quaranta 2021.

5 Si veda https://blog.osservatori.net/it_it/ico-e-token-blockchain.

6 L'opera è in vendita all'asta su nft.zonproductions.com. Il ricavato viene devoluto da Zon a Earth Day Italia.

Già la cultura greca aveva mitizzato questo conflitto, contrapponendo due definizioni del tempo: Chronos e Kairos.⁷ Dove per Chronos intendiamo il tempo oggettivo come successione di minuti, quindi quantificabile e misurabile, il tempo della società post-moderna tecnologica; per Kairos, il tempo soggettivo, umano, sincronizzato con i ritmi della natura. Per secoli si è imposta una cultura che ha fatto di tutto per rimuovere il tempo cosiddetto ‘ciclico’, cioè della natura, imponendo come unico modello il tempo lineare. L’essere umano moderno conosce la Natura attraverso una struttura culturale specifica che si chiama scienza. Nel tempo della razionalità tecnologica, la questione ambientale va posta come questione che riguarda l’essere umano e la sua formazione; per questo è fondamentale sottolineare l’importanza di educare a una responsabilità etica per la tutela dell’ambiente.

Vi sono beni e servizi che hanno un valore per la loro stessa esistenza,

a prescindere dal loro utilizzo. Con quali e quante unità di misura si stabilisce il valore di un albero, ad esempio? E se fosse l’ultimo albero della foresta o l’ultimo della sua specie? Esso diviene un bene non-fungibile.⁸

L’argomento clima è qualcosa che va oltre la propria persona: l’aria infatti collega gli uni agli altri attraverso il respiro (Ficino 2018). Un’opera d’arte è un manufatto, in quanto letteralmente prodotto della Τέχνη (arte) umana, capace di studiare e ridisegnare il rapporto di incontro-scontro tra interno umano ed estraneo naturale nell’ottica di portare al raggiungimento di una (forse) utopistica eco-umanità. Il paesaggio del mondo è il risultato di una serie di interconnessioni:

il suo principio fondante è l’essere partecipatore e come tale non esistono osservatori ma partecipanti che con la loro azione costruiscono il mondo. (D’Elia 2023, 119)

Bibliografia

- Alier, J.M. (2009). *Ecologia dei poveri. La lotta per la giustizia ambientale*. Milano: Jaca Book.
- Barletta, G. (1993). *Figure filosofiche del tempo*. Bari: Edizioni Dedalo.
- Epifani, S. (2020). *Sostenibilità digitale: perché la sostenibilità non può fare a meno della trasformazione digitale*. Roma: Digital Transformation Institute.
- D’Elia, A. (2023). *Arte per il pianeta*. Milano: Meltemi Linee.
- Ficino, M. (2018). *Scritti sull’astrologia*. Milano: BUR.
- Quaranta, D. (2021). *Surfing con Satoshi. Arte, blockchain e NFT*. Milano: Postmediabooks.

7 Si veda Barletta 1993.

8 Come afferma la scuola di economia ecologica di Joan Martínez Alier 2009, nessuna compensazione reale è possibile quando si tratta di beni irriproducibili e insostituibili.

Anima

Dodicimila litri, ecco la quantità d'aria che ogni giorno ognuno di noi respira; entrando dalle narici e dalle cavità orali, si fa strada oltre la trachea dove infine raggiunge i polmoni, i bronchi, e compie quel perpetuo e infinito scambio tra ossigeno e anidride carbonica, in una danza così occulta che, anche se ci permette la vita per come la conosciamo, ormai non ne sentiamo più la musica e la diamo per scontata; dopotutto, qualcuno ha mai contato il numero dei propri respiri?

L'aria come l'acqua rappresenta una delle fonti necessarie a mantenere le nostre funzioni organiche attive: l'ossigeno nel suo lunghissimo percorso dal sangue a tutte le cellule svolge processi fondamentali per la vita. Dopotutto nessuno di noi potrebbe vivere senza respirare, e a questo semplice problema non ci poniamo mai nessuna domanda, e lo risolviamo in una telegrafica risposta dicotoma: se respiriamo viviamo, e se non lo facciamo moriamo.

Ci chiediamo mai se potremmo sopravvivere respirando male?

Quando noi respiriamo, tuttavia, non pensiamo all'ossigeno, la parola più diffusa e comune che ci sovviene è proprio 'aria'; l'aria è sostanzialmente la miscela invisibile che inghiottiamo dall'atmosfera, il fluido limpido e impalpabile di cui sfruttiamo una minima parte; esattamente, poco più di un quinto di quello che respiriamo ci serve davvero, il resto è 'inerte'. Sebbene la parola 'inerte' rettifichi in modo efficace la composizione dell'aria (poiché l'azoto che la compone quasi del tutto è innocuo), non è del tutto veritiera, proprio perché una piccolissima percentuale, meno dell'uno per cento in volume, è quella che mette in pericolo non solo l'umanità, ma l'intera biosfera.

Sostanze nocive, polveri sottili, microplastiche, gas serra... siamo consapevoli tutti di questi fattori che vivono in sospensione nell'aria, ma il mondo sembra non preoccuparsene mai abbastanza, e anche se la parola 'inquinamento' è sulla bocca di tutti, nelle menti e nelle azioni di questi tutti non è così presente.

Tra scienza, pensiero e arte nasce questa mia personale riflessione:

perché è così difficile parlare di ‘mal d’aria’? La risposta risiede nella natura stessa dell’etere: come l’invisibile e incomprensibile struttura che sostiene il nostro io, anche l’aria non è altro che l’anima stessa della terra. La sua natura muta e impercettibile la condanna a una vita passiva e abusata: come può qualcosa che non viene visto e capito essere degno di attenzioni? Essere in pericolo?

Per le soluzioni che riguardano l’anima, l’essere umano è stato sempre chiaro: dove iniziava l’anima finiva la scienza e sottentrava la teologia, il fanatismo sconsiderato che nutriva il suo significato nell’essenza stessa e arcana dell’anima degli esseri umani. La terra, il pianeta in cui più di 8 miliardi di persone respirano, ha bisogno di aiuto per suturare e guarire quell’invisibile anima continuamente sfregiata. La soluzione è possibile e avvicinabile solamente dalla collaborazione delle tre grandi correnti sopracitate. L’arte è un mezzo potente per comunicare, non ha bisogno di conoscere un linguaggio, non si abbassa al significato letterale di ciò che rappresenta o non rappresenta, ma lo eleva, e soprattutto il messaggio che trasmette è infinitamente grande come la vastissima differenziazione che notiamo tra un individuo e l’altro. La scienza può canalizzare queste correnti con un impatto solido sui media

e una sensibilità sempre maggiore. È un pensiero attento e oculato verso la salvaguardia non solo del corpo della nostra terra, dove viviamo e creiamo, ma anche e soprattutto della sua invisibile e impalpabile anima.

È necessario, dunque, che, come gli altri malesseri della vita, anche avere il ‘mal d’aria’ inizi a rappresentare un significato accettato e condiviso; le politiche di controllo e inversione del fenomeno di inquinato sono lunghe e tediose e la burocrazia si frappone sempre come ostacolo in termini di tempo e possibilità di intervento, tra il pensiero e la volontà di agire e la possibilità di realizzarlo. È forte la necessità di imparare ad accettare la natura invisibile dell’aria, e di non fermarsi a quello che vedono gli occhi o che raggiunge in modo contorto i nostri sensi e le nostre orecchie. Questa importante realizzazione porterà sempre a farsi delle domande e a mettere in discussione il problema per cercare di risolverlo, dopotutto anche quando qualcuno ha risolto i più segreti e reconditi misteri dell’universo, resterà sempre a interrogarsi sulla propria anima e, in questo caso, sull’anima della terra che lo ospita e lo contiene; «dopotutto chi può calcolare l’orbita della propria anima»¹ e forse nessuno propriamente può calcolarla, ma è necessario e fondamentale continuare a provarci.

1 Wilde, O. (1993). *De Profundis*. Trad. di O. Del Buono. Milano: Mondadori.

Linguaggio come strategia per educare alla sensibilità ecologica

L'intento di questo scritto è quello di analizzare il linguaggio utilizzato nelle discussioni scientifiche, nelle rappresentazioni mediatiche e nei dibattiti ambientali, per esplorare le connessioni tra la comprensione del pubblico e la guida delle risposte politiche. Il linguaggio utilizzato nell'informativa è inteso a sensibilizzare la comunità sulla gravità del problema e suggerire nuove soluzioni. L'analisi linguistica è quindi una parte essenziale per comprendere e affrontare la questione ecologica.

Dall'analisi del linguaggio impiegato nelle discussioni, nelle politiche ambientali, nei media e nella comunicazione pubblica, emerge il potere della lingua di influenzare il modo in cui le persone percepiscono e comprendono questo problema (Hajer, Versteeg 2005, 176). Tale analisi non solo mette in evidenza l'enfasi posta su questo tema nel discorso pubblico, ma rivela anche come il linguaggio delle normative influisca sulla loro attuazione ed efficacia. L'esame delle sfumature linguistiche nei documenti politici, infatti, permette ai legislatori di capire come certi termini, definizioni e

interpretazioni possano influenzare la realizzazione e la lettura dei regolamenti, offrendo spunti di riflessione sulle sfide e le opportunità per una più efficace governance ambientale (177).

L'analisi del linguaggio diventa ulteriormente rilevante quando si parla di strategie di comunicazione, in quanto queste ultime sono essenziali per diffondere la consapevolezza e ispirare gli individui ad agire per la ricerca di soluzioni. Una comunicazione efficace consente di far luce sulle condizioni ecologiche, tenendo in considerazione le diverse forme linguistiche, i contesti culturali e i destinatari (William 2022, 458). A questo proposito, grazie all'estensione globale della loro copertura, i media hanno un forte impatto sulla costruzione dell'opinione pubblica in merito al dibattito sull'ambiente (Brimblecombe 2010, 231). Questa influenza può essere misurata attraverso vari metodi di ricerca, come i sondaggi di opinione per registrare quanto la conoscenza dei temi sia determinata dalla diffusione di contenuti mediatici (Riley et al. 2021, 2037); l'analisi

di questi ultimi, che valuta quanto spazio viene dedicato alle questioni ambientali, come vengono presentate e come il pubblico reagisce tramite commenti e condivisioni (Murukutla, Kumar, Mullin 2019, 4). Si potrebbero indagare eventuali differenze regionali nel modo in cui le persone parlano di inquinamento atmosferico o identificare alcuni stereotipi diffusi nei social media. Un altro metodo di ricerca potrebbe esporre un gruppo di individui a una campagna mediatica sull'inquinamento atmosferico e verificare se questa influisce sulle loro opinioni e comportamenti.

Esaminando il linguaggio usato nei social media, nei movimenti di base e nei circoli di attivisti, è possibile comprendere come vengono discusse le questioni ambientali (5). Questo rappresenta un'opportunità per analizzare il significato della lingua usata nell'attivismo ecologico e la sua potenziale capacità di condizionare attitudini e meccanismi di risposta della popolazione. I profili social di alcuni divulgatori che affrontano queste tematiche mostrano diversi esempi di come il linguaggio possa essere utilizzato per coinvolgere il pubblico. Tra gli account con maggior seguito su Instagram, Giovanni Storti si contraddistingue per il suo approccio umoristico e diretto per trasmettere messaggi importanti attraverso consigli pratici e piccole strategie da poter usare quotidianamente per fare la differenza. L'impegno ambientalista viene quindi veicolato da contenuti in cui il linguaggio di Giovanni è semplice e comprensibile e per questo funziona, attirando l'attenzione del pubblico in modo leggero e divertente.

Un altro profilo che si occupa di attivismo ambientale è quello di Extinction Rebellion. Si tratta di un movimento globale che si serve di un linguaggio immediato e incisivo per

comunicare un senso di urgenza e responsabilità nei confronti dei temi trattati. Questo gruppo è caratterizzato da un modo non convenzionale di suscitare la curiosità del popolo mediatico. Per esempio, le loro azioni per mobilitare la comunità hanno visto il lancio di zuppe, colle e vernici sui vetri di famosi dipinti per affermare che l'arte non può esistere su un pianeta distrutto. L'obiettivo di questi attivisti è sensibilizzare sull'emergenza del tema e il loro approccio, seppur notevolmente contestato, sembra aver raggiunto l'interesse del pubblico, che chiedendosi quale sarà la prossima opera d'arte presa di mira, alimenta la discussione sulla criticità della crisi ecologica.

Un ulteriore esempio di come il linguaggio possa orientare l'opinione e l'impegno collettivo si riscontra nel portale online Lifegate, una società benefit che tratta la sostenibilità attraverso una prospettiva di ottimismo, speranza e possibilità nei confronti della protezione dell'ambiente. Divulgando informazioni, iniziative e citazioni positive, suggerisce alla sua rete di seguaci un contatto più empatico con le questioni affrontate, predisponendo all'ascolto e a un'azione concretamente utile, basata su un sistema consapevole di valori ambientali, sociali ed economici.

Uno strumento innovativo per educare alla sensibilità ecologica è, inoltre, il linguaggio proposto dalle piattaforme digitali di podcasting. Un esempio di come si possano affrontare i problemi ambientali come l'inquinamento atmosferico in modo creativo e coinvolgente si trova nel podcast *On Air – Una particella in terapia*, realizzato in dieci puntate da un gruppo di studentesse nell'ambito del progetto *Mal d'aria*, in collaborazione con Radio Ca' Foscari. In questo podcast, il linguaggio crea una narrazione attorno alla storia di Aera, una particella d'aria che si trova in analisi

per affrontare paure e ansie causate dall'inquinamento. Attraverso le sessioni di terapia di Aera, emergono messaggi rilevanti sull'importanza di prendersi cura dell'ambiente e della qualità dell'aria. In questo modo, il linguaggio dei podcast si dimostra un'utile risorsa per avvicinare il pubblico a temi ambientali complessi.

I media rappresentano, dunque, un veicolo potente per la divulgazione di informazioni e per questo è importante esaminare il linguaggio che impiegano al fine di ridurre al minimo la presenza di distorsioni nel contenuto (Hajer, Versteeg 2005, 179), rivelando pregiudizi e tecniche di *framing* (Newman, Nisbet 2015, 370-1).¹

Alla luce delle suddette considerazioni, è possibile affermare che il linguaggio abbia un ruolo determinante nel plasmare la percezione, l'opinione, la consapevolezza e le conseguenti decisioni degli individui rispetto al dibattito ambientale (He, Zhang, Chen 2020, 386). La precisione del linguaggio è fondamentale nella comunicazione sociale, politica e scientifica, affinché i dati sui livelli di inquinanti, sulle fonti e sui potenziali impatti sulla salute siano chiari e accessibili per la popolazione (Murukutla, Kumar, Mullin 2019, 2, 6), ma anche per garantire l'integrità della ricerca.

Bibliografia

- Brimblecombe, P. (2010). «Air Pollution and Society». *EPJ Web of Conferences*, 9, 227-32.
- Hajer, M.; Versteeg, W. (2005). «A Decade of Discourse Analysis of Environmental Politics: Achievements, Challenges, Perspectives». *Journal of Environmental Policy & Planning*, 7(3), 175-84.
- He, Y.; Zhang, G.; Chen, L. (2020). «Analysis of News Coverage of Haze in China in the Context of Sustainable Development: The Case of China Daily». *Sustainability*, 12(1), 386.
- Murukutla, N.; Kumar, N.; Mullin, S. (2019). «A Review of Media Effects: Implications for Media Coverage of Air Pollution and Cancer». *Annals Of Cancer Epidemiology*, 3(3), 1-10.
- Newman, T.P.; Nisbet, M.C. (2015). «Framing, the Media, and Environmental Communication». Hansen, A.; Cox, R. (eds), *The Routledge Handbook of Environment and Communication*. London: Routledge, 361-75.
- Riley, R. et al. (2021). «How Do We Effectively Communicate Air Pollution to Change Public Attitudes and Behaviours? A Review». *Sustain Science*, 16, 2027-47.
- William, J. (2022). «Environmental Communication: An Overview». *Journal of Mass Communication & Journalism*, 12(4), 458.

¹ Le tecniche di *framing* consentono di orientare l'interpretazione di determinate tematiche, problemi o opinioni a seconda del modo specifico in cui vengono presentate.

Awareness art

La cultura come motore immobile di riflessioni e pratiche della sostenibilità

Non è un segreto che quello che respiriamo non è solo aria, un composto di azoto, ossigeno e altri gas in misura variabile. Tra le sue componenti più dannose per la salute umana, si riconoscono in genere il particolato (PM)¹ primario e secondario,² il diossido d'azoto (NO₂), l'ozono (O₃) troposferico,³ il diossido di zolfo (SO₂) e il monossido di carbonio (CO). Questi inquinanti di origine sia antropica che naturale hanno come maggiori fonti l'utilizzo di combustibili fossili, impiegati per i trasporti, la produzione di elettricità e i sistemi di riscaldamento; determinati processi industriali, l'agricoltura e l'allevamento,

in particolare la concimazione e la gestione degli effluenti; il trattamento dei rifiuti, ma anche le eruzioni vulcaniche, le emissioni organiche delle piante e le tempeste di sabbia e polvere.⁴

Da quanto si legge nelle linee guida pubblicate dall'OMS nel 2021, e nonostante il diritto all'aria pulita sia stato riconosciuto dalla UNECE nel 1998,⁵ più del 90% della popolazione mondiale vive in ambienti con tassi d'inquinamento eccedenti addirittura i livelli suggeriti nel 2005 dalla stessa organizzazione (WHO 2021, 6). Ancora, l'OMS stima che, ogni anno, quasi 7 milioni di persone muoiono a causa di malattie dovute all'esposizione

1 Con questo termine si è soliti identificare una grande varietà di particelle solide e liquide presenti nell'aria, le quali sono abbastanza piccole da non depositarsi sulla superficie terrestre per effetto della gravità e che sono classificate secondo il loro diametro in micrometri (µm). Tra i più presenti nell'aria e pericolosi – e per questo controllati da stringenti linee guida internazionali – ci sono sicuramente il PM2.5 e il PM10.

2 Il particolato si definisce primario quando viene emesso direttamente nell'aria e secondario quando, attraverso reazioni chimiche con altre sostanze presenti nell'atmosfera, muta rispetto all'elemento di partenza.

3 Si tratta di azoto che si trova in quella sezione dell'atmosfera a diretto contatto con la crosta terrestre.

4 Per approfondire l'argomento delle tempeste di sabbia e polvere si veda <https://www.unccd.int/land-and-life/sand-and-dust-storms/toolbox>.

5 Ratifica della *Convention on Access to Information, Public Participation in Decision-Making and Access to Justice in Environmental Matters* o Aarhus Convention promossa dalla United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) nel 1998.

(non necessariamente prolungata) all'inquinamento atmosferico, poiché causa infiammazione delle vie respiratorie, diminuzione delle difese immunitarie,⁶ nonché ictus, malattie cardiache e polmonari e l'insorgenza di tumori.

Diversi studi hanno chiarito che alcuni gruppi etnici sono maggiormente a rischio rispetto ad altri a causa di una maggiore esposizione all'inquinamento dell'aria: si tratta in particolar modo, talvolta anche prescindendo dallo status socio-economico, delle comunità afroamericane, ispaniche e asiatiche.⁷ Com'è ben noto, però, il fattore reddituale è tutt'altro che irrilevante: minori entrate determinano minori possibilità di scelta, di acquisto e di educazione e, come conseguenza, maggiore esposizione agli agenti inquinanti. I soggetti che rientrano negli strati economicamente più deboli della società abitano infatti più frequentemente nelle vicinanze delle fonti maggiori di inquinamento⁸ e, nei contesti non-occidentali, in case con elevati tassi di inquinamento indoor. Per questi individui è particolarmente complicato riuscire ad avvicinarsi a soluzioni più sostenibili e sane soprattutto a causa della loro limitante situazione reddituale (Tessum et al. 2019).

In taluni casi si è ritenuto di poter parlare di un vero e proprio «razzismo ambientale»,⁹ ovvero di «disuguaglianze

ambientali basate sul genere e sull'appartenenza a determinate categorie sociali svantaggiate»¹⁰ le quali, in contesti nazionali caratterizzati da alti livelli di povertà, risultano, per giunta, penalizzate da una ridotta accessibilità ai dati sull'inquinamento atmosferico e sui danni che ne conseguono.¹¹

D'altra parte – tornando a scenari a noi più vicini –, i Citizens Science Projects concorrono a una maggiore *awareness* e a diffusione di dati tra i non 'addetti ai lavori'. Si definisce *citizen science* tutta quella serie di attività di ricerca e analisi dei dati relativi all'inquinamento atmosferico portate avanti dai cittadini attraverso l'uso di strumentazione semplice e a prezzi contenuti, che ha come fine quello di implementare la mappatura dello stato d'inquinamento, nonché la diffusione della consapevolezza del problema. Tra tali virtuose iniziative rientra il progetto *Che aria tira?*, nato da una comune idea di alcuni gruppi e associazioni fiorentine, che sta diffondendo pratiche di cittadinanza attiva e di monitoraggio dell'inquinamento sul territorio nazionale.

Particolarmente attivi sul piano della comunicazione e della creazione di una maggiore consapevolezza, tanto dell'inquinamento dell'aria, quanto del cambiamento climatico e delle tematiche sociali, sono gli artisti. Già a partire dagli anni Sessanta, alcuni di

6 <https://www.who.int/teams/environment-climate.change-and-health/air-quality-and-health/health-impacts> (ultimo accesso 24/11/2023).

7 <https://www.lung.org/clean-air/outdoors/who-is-at-risk/disparities>.

8 Con tale espressione si fa riferimento, ad esempio, a inceneritori, stabilimenti industriali, vie di comunicazione trafficate.

9 Per quanto riguarda il nostro paese, non sembrerebbero essere influenti, in tal senso, discriminazioni razziali, come dimostrano le ricerche condotte dagli studiosi Germani, Rao, Rosignoli 2022.

10 Citazione tratta da un'intervista di Giorgio Vincenzi a Francesca Rosignoli per *Il Manifesto*, 2 novembre 2023. <https://ilmanifesto.it/il-razzismo-e-lambiente>.

11 Si tratta soprattutto di paesi in via di sviluppo e con reddito basso o medio-basso. Per approfondimenti: Avis, Bartington 2020.

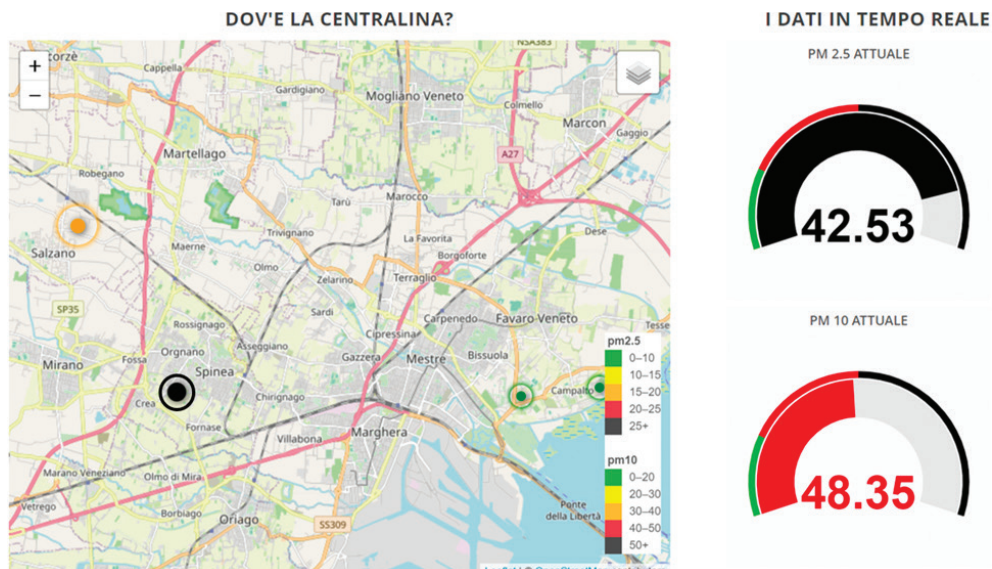


Figura 1 Dal sito *Che Aria Tira?*, dati relativi al 05 dicembre 2023 alle ore 10.30, comunicati dalla centralina di Spinea (VE). <https://www.cheariatira.it/centraline/venezia-provincia/spinea/centralina-qualita-aria-villaggio-dei-fiori/>

questi rivolsero il loro sguardo e le loro pratiche verso la natura e l'ambiente cercando di conferire spazio e voce a ciò che, nella narrazione del progresso capitalista, non ne aveva. Con il passare dei decenni e con l'acuirsi delle crisi climatiche e ambientali, certe pratiche artistiche sono diventate espressione di determinate convinzioni e comportamenti, nonché di riflessione sugli effetti negativi dell'antropizzazione. Un esempio di questa tendenza è *Wheatfield* di

Agnes Denes,¹² un'opera di *Land Art*, realizzata con l'intento di criticare e riflettere, tra le altre cose, anche sulle questioni ecologiche. Proprio la riflessione e la messa in discussione è attivata, in Italia, da Stefano Cagol¹³ con *Scintillio e Cenere*, un'operazione artistica tenutasi a Taranto nel 2010. Tramite la partecipazione attiva della cittadinanza, l'artista ha infatti messo in luce l'antitesi di cui è vittima la città ponendo su un'ideale bilancia a due piatti le sue contraddizioni.

12 Si tratta di un'opera, realizzata per la prima volta a New York nel 1982 e ripetuta a Milano nel 2015, consistente nel dislocamento di un campo di grano della dimensione di due acri a coprire la discarica di Battery Park allora presente nella zona sud di Manhattan. Come si legge nel sito web dell'artista: «Planting and harvesting a field of wheat on land worth \$4.5 billion created a powerful paradox. Wheatfield was a symbol, a universal concept; it represented food, energy, commerce, world trade, and economics. It referred to mismanagement, waste, world hunger and ecological concerns. It called attention to our misplaced priorities». <http://www.agnesdenesstudio.com/works7.html>.

13 L'artista, da sempre attento alla questione ambientale e climatica, ha recentemente ideato e curato il progetto *We are the Flood. Piattaforma liquida su crisi climatica, interazioni antropoceniche e transizione ecologica* del MUSE – Museo delle Scienze di Trento.



Figura 2 Stefano Cagol, *Scintillio e Cenere*. 2010. Installazione, bandiera in tessuto a intarsio 4 × 6 m, asta 12 m, strisce scintillanti. Castello Aragonese di Taranto. © Artista

Scintillio o cenere? Lavoro o salute?¹⁴
Natura o acciaieria? Il risultato di quest'azione partecipata è stato un monumento collettivo, forse un gesto apotropaico, che permettesse alla città di contrastare l'opacità del suo cielo.

Il pensiero creativo potrebbe dunque essere la chiave per ridiscutere le nostre abitudini, per ripartire da un grado zero, dal nostro semplice respirare conferendo nuovo valore a ciò che davvero conta per l'essere umano.

14 Un interessante studio relativo a questi due aspetti è quello prodotto da Domenico Depalo (Banca d'Italia) e Alessandro Palma (GSSI – Gran Sasso Science Institute) e presentato durante un workshop tenutosi il 3-4 ottobre 2022 organizzato dalla Banca d'Italia per presentare i risultati degli studi relativi alla connessione tra cambiamento climatico ed economia. <https://www.bancaditalia.it/pubblicazioni/altri-atti-convegni/2022-effetti-camb-climatico/index.html?dotcache=refresh>.

Bibliografia

- Avis, W.; Bartington, S. (2020). «Monitoring Air Quality in Low Income and Lower Middle-Income Countries, Helpdesk Report, K4D». Birmingham: University of Birmingham. https://opendocs.ids.ac.uk/opendocs/bitstream/handle/20.500.12413/15694/776_Monitoring_Air_Quality_in_Low_Income_and_Lower_Middle_Income_Countries.pdf?sequence=7&isAllowed=y.
- Germani, A.R.; Rao, M.; Rosignoli, F. (2022). «An Environmental Justice Indicator for Managing Environmental Risk in the Italian Provinces». *Socioscapes. International Journal of Societies, Politics and Cultures*, 3(1), 159-85.
- Tessum, C. et al. (2019). «Inequity in Consumption of Goods and Services Adds to Racial-Ethnic Disparities in Air Pollution Exposure». *PNAS*, 116(13). <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1818859116>.
- WHO (2021). *Global Air Quality Guidelines. Particulate Matter (PM2.5 And PM10), Ozone, Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide and Carbon Monoxide*. Geneva: World Health Organization.

Esposizione *Mal d'aria*
Università Ca' Foscari Venezia, dicembre 2023-febbraio 2024
Università degli Studi di Padova, maggio-giugno 2024
Università degli Studi di Verona, luglio-ottobre 2024

Biografia dell'artista

Laura Pugno (Trivero, 1975) esplora da molti anni il tema del paesaggio, letto in relazione ai meccanismi della visione e della percezione, con una prospettiva al tempo stesso sensibile alle tematiche ambientali ed ecologiche e alla sua natura di costruzione sociale. La sua ricerca si sviluppa in chiave processuale, con linguaggi che spaziano dal disegno alla fotografia, alla scultura, al video. Nel 2020 ha vinto la nona edizione dell'Italian Council, promosso dal Ministero dei Beni Culturali di Roma e nel 2013 ha vinto la quattordicesima edizione del Premio Cairo.

Le sue opere sono state esposte in mostre personali e collettive, tra cui *A Tale of a Tub* di Rotterdam; SÜDPOL di Lucerna; Centre d'Art Contemporain di Ginevra; Cittadellarte – Fondazione Pistoletto di Biella; Fondazione Zegna di Trivero; MAGASIN di Grenoble; Forum Stadtpark di Graz, con il quale ha vinto il premio Q-International Spring de La Quadriennale di Roma; MART di Rovereto; MAN di Nuoro; Fondazione Sandretto Re Rebaudengo di Torino; Deutsche Bank Wealth Management di Londra; Museo Nazionale della Montagna di Torino; Casa Masaccio di Arezzo; Fondazione del Monte di Bologna e collabora con la galleria Simondi di Torino.

Ha partecipato a diversi programmi di residenza tra cui MH ART PROJECT di Cognac; Öres Residency Programme, Finlandia; NIDA art Colony, Lituania; Dolomiti Contemporanee di Belluno; CARS di Omegna.

Ha co-fondato nel 2007 Progetto Diogene, del quale ha fatto parte fino al 2017. La sua installazione site-specific *Primate* (2018) è esposta in permanenza nel Giardino Botanico Saussure a Courmayeur.

Dal 2003 insegna all'Istituto Europeo di Design (IED) di Torino, dove vive.



Università
Ca' Foscari
Venezia

I
U
A
V

Università luav
di Venezia



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



UNIVERSITÀ
di **VERONA**