

LAVORO DI RICERCA

Titolo: **“COVID-19 e INQUINAMENTO ATMOSFERICO: a che punto è arrivata la ricerca scientifica, in Italia e in nel Mondo?”**

Sottotitolo: *Rassegna critica ed analisi comparata dei diversi studi e ricerche che hanno stabilito una correlazione tra la diffusione del Covid-19 e le polveri sottili presenti in atmosfera, nella Pianura Padana vs gli studi scettici.*

“Là dove si abbattono gli alberi e si uccide la fauna, i germi del posto si trovano a volare in giro come polvere che si alza dalle macerie.”

David Quammen (2012)

INTRODUZIONE

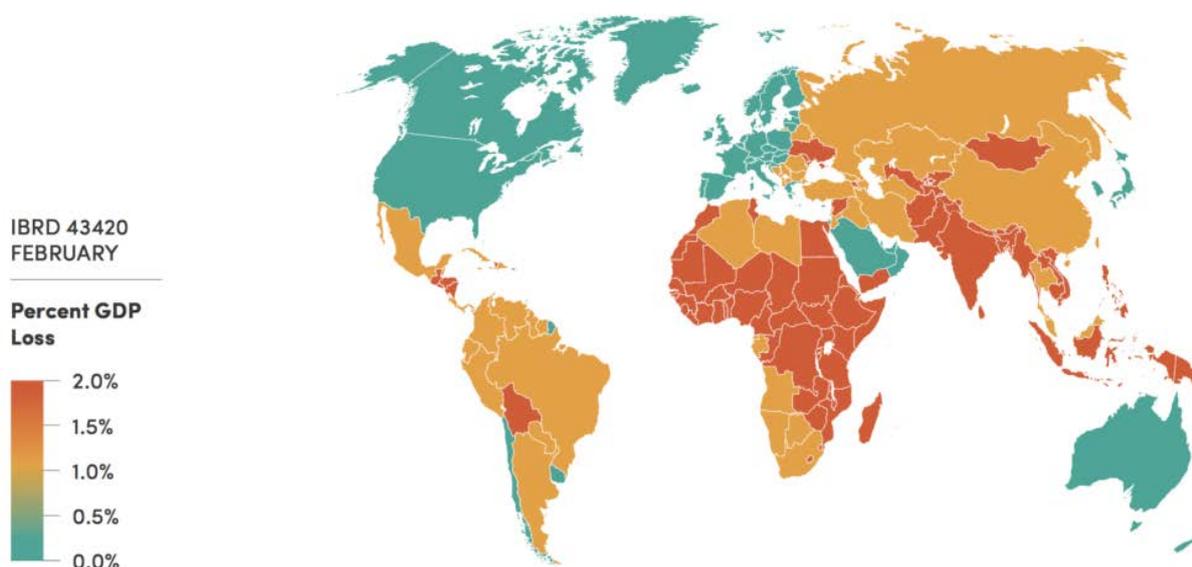
Sfruttamento del suolo, deforestazione, emissioni, emergenza climatica sono alcune tra le cause di proliferazione del Covid-19: *“Esiste un legame strettissimo tra le malattie che stanno terrorizzando il Pianeta e le dimensioni epocali della perdita di natura. Queste non sono catastrofi del tutto casuali, ma la conseguenza indiretta del nostro impatto sugli ecosistemi naturali”*. Le parole riportate nel virgolettato, sono estratte dal [rapporto del WWF “Pandemie, l’effetto boomerang della distruzione degli ecosistemi”](#), uscito recentemente, che fa luce su una delle questioni centrali del dibattito globale presente e futuro: la **connessione tra il cambiamento climatico e gli sviluppi pandemici**. Lo studio mette anche in evidenza il fatto che queste **pandemie non sono certamente eventi casuali**, ma sono conseguenza del nostro impatto sugli ecosistemi naturali, visto che **i ¼ delle terre emerse e i 2/3 degli oceani sono stati alterati in maniera significativa dall'uomo**, in quella che è diventata – per la prima volta nella storia della vita sul Pianeta – una vera e propria nuova era storica causata dall’uomo e, appunto, denominata **“Antropocene”**. In questo contesto, anche il riscaldamento climatico gioca assolutamente la sua parte, dal momento che la modifica delle temperature **modifica habitat ed areali distributivi degli animali selvatici**, i quali



Fonte: Rapporto del WWF “Pandemie, l’effetto boomerang della distruzione degli ecosistemi”

possono venire a contatto accidentalmente con l'uomo con maggior frequenza. I focolai di queste epidemie sono stati associati a **comportamenti umani**, con particolare riferimento – afferma il Report del WWF - "*alle alte densità di popolazione umana, ai livelli insostenibili di caccia e di traffico di animali selvatici, alla perdita di habitat naturali (soprattutto foreste) che aumenta il rischio di contatto tra uomo e animali selvatici e all'intensificazione degli allevamenti di bestiame (specie in aree ricche di biodiversità)*". Infine, muovendoci in un mondo sempre più connesso e globale, l'insorgenza di una zoonosi è **oggi però molto più pericolosa**, rispetto anche solo a poche decine di anni fa (minori viaggi, scambi merceologiche e commerciali ridotti, ecc.). L'aumentato **pericolo oggi deve essere inteso ad un livello sia sanitario che economico**, a causa della crisi che ci aspettiamo possa nascere da questo quadro complesso. **Conservare la natura e restaurare gli habitat danneggiati** rappresenta, quindi, un indispensabile strumento per preservare salute e il nostro benessere oltre che... anche **uno strumento di prevenzione contro futuri ulteriori shock socio-economici globali** (perdite economiche ma anche e soprattutto perdite umane e di qualità di vita!), come evidenziato nella sottostante figura, che indica le **possibili perdite % di PIL (rispetto ai valori 2018) a seguito di pandemia globale**, così come previste nella ricerca "A World at risk" rilasciata dal **Global Preparedness Monitoring Board** nel settembre 2019.

FIGURE 3 Predicted country vulnerability to pandemic economic loss, 2018 (% GDP loss)



IBRD: International Bank for Reconstruction and Development.
Source: Resolve to Save Lives (www.resolveetosavelives.org).

Secondo la direttrice esecutiva del Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente (UNEP), Inger Andersen¹, l'umanità sta scontando gli effetti negativi dell'eccessiva pressione esercitata sull'ambiente. Le hanno fatto eco diversi scienziati di spicco, aggiungendo che è quasi sempre il comportamento umano a provocare il "salto" – il famoso "**Spillover**" – della

¹ "Coronavirus: 'Nature is sending us a message', says UN environment chief" – The Guardian, Wed 25 Mar 2020



Migliaia di pangolini congelati in una fossa prima di essere bruciati in Indonesia – Foto di Paul Hilton/WCS

malattia dagli animali all'uomo, e che nella fauna selvatica esistono malattie con un tasso di mortalità molto più elevato di Covid-19. In altre parole, stiamo giocando con il fuoco. Infatti, negli ultimi decenni **la frequenza delle epidemie si è intensificata**. Le cause sono addebitabili a diversi fattori tra cui i cambiamenti climatici, che modificano l'habitat di animali che fanno da vettori a questi virus, la crescente

intrusione umana in ecosistemi vergini – che spinge la fauna selvatica a contatto con gli esseri umani – e la sovrappopolazione associata alla rapidità degli spostamenti delle persone. Se la priorità in questo momento è debellare il Coronavirus; sempre Inger Andersen (UNEP) ritiene che *«la risposta a lungo termine deve affrontare la scomparsa dell'habitat di molte specie e, di conseguenza, la diminuzione della biodiversità. Mai prima d'ora ci sono state così tante opportunità per agenti patogeni di passare dagli animali selvatici alle persone»*. La continua erosione di spazi naturali vergini, ci costringe a convivere a stretto contatto con animali e piante che ospitano malattie, che possono infettare anche noi umani. Basti pensare ai **mercati di animali vivi (WET MARKET)²** e al **commercio illegale di animali vivi o di loro parti** in tutto il mondo: questa pratica è **fonte assodata di storiche ZONOSI³**, che ogni anno causano circa un miliardo di malati e milioni di morti. o. La diffusione di virus del genere, in altre parole, sarebbe l'inevitabile risposta della natura alla pressione e all'invasività dell'uomo.

È il meccanismo raccontato nel saggio *“Spillover. L'evoluzione delle pandemie”* da Quammen, che spiega come *«le ragioni per cui assisteremo ad altre crisi come questa nel futuro sono che»*:

- 1) i nostri diversi ecosistemi naturali, sono pieni di molte specie di animali, piante e altre creature, ognuna delle quali contiene in sé virus unici;
- 2) molti di questi virus, specialmente quelli presenti nei mammiferi selvatici, possono contagiare gli esseri umani;

² Letteralmente **wet market** significa **“mercato bagnato” e/o “mercato umido”**, e sono molto diffusi nei paesi asiatici e in particolar modo in Cina (ma non solo: Thailandia e Vietnam). In quest paesi, è usanza macellare in loco gli animali, poi venduti agli avventori che ne fanno richiesta. In questi luoghi i pavimenti sono sempre bagnati a causa del sangue degli animali macellati e dell'acqua poi utilizzata per pulirli. Fotografatissimi dai turisti e frequentatissimi dai locali, i wet market (che talvolta non sono regolamentati e ufficiali) sono un retaggio culturale fortemente radicato in questi territori.

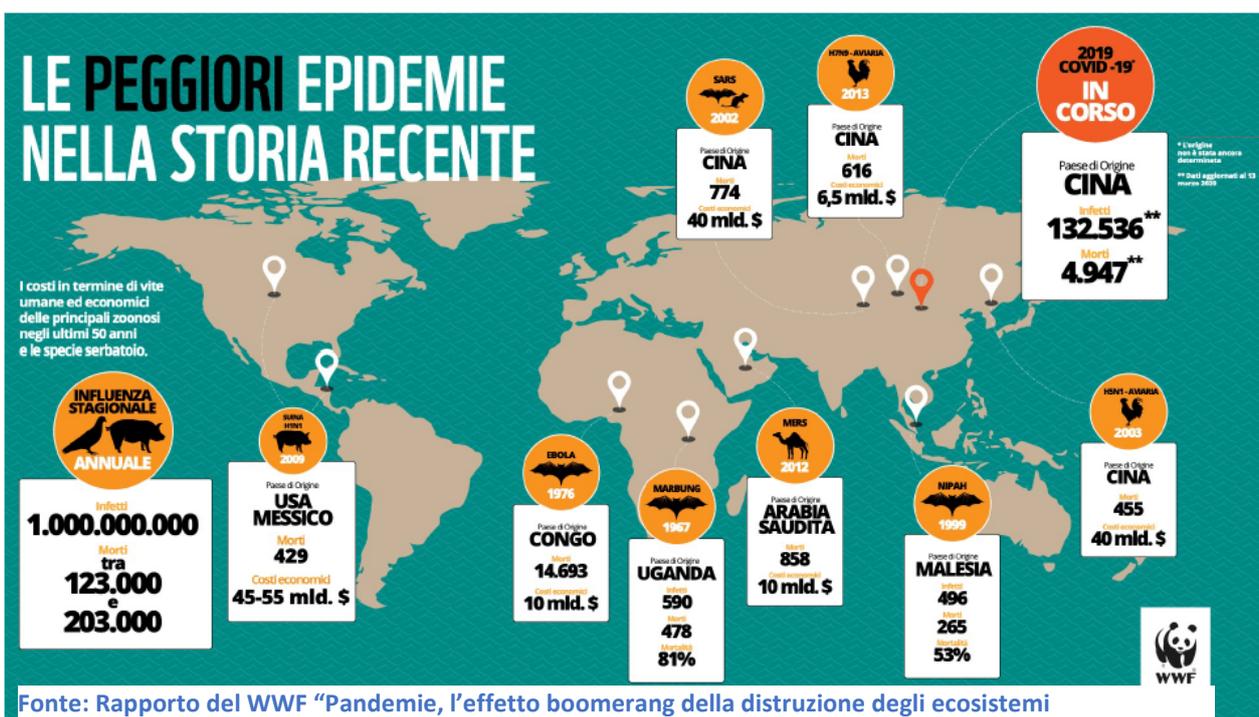
³ Per zoonosi, si intende qualsiasi malattia e/o infezione trasmessa direttamente o indirettamente dagli animali all'uomo e viceversa, a cuasa del salto di specie («spillover») di virus, batteri e parassiti. Si tratta di un fenomeno vecchio di millenni.

- 3) stiamo invadendo e alterando questi ecosistemi con più decisione che mai, esponendoci dunque ai nuovi virus;
- 4) quando un virus effettua uno **“spillover”**, ossia un **salto di specie da un portatore animale non-umano agli esseri umani**, e si adatta alla trasmissione uomo-uomo, significa che quel virus ha **“fatto bingo!!”**: ora ha una popolazione di 7.7 miliardi di individui che vivono in alte densità demografiche, viaggiando in lungo e in largo, attraverso cui può diffondersi». Insomma, che ci piaccia o no siamo intimamente interconnessi con la natura e gli effetti di ogni nostra azione si ripercuotono inevitabilmente su di essa – e di conseguenza su di noi.

Non si tratta di essere catastrofisti, ma di osservare i fatti e metterli in fila. L’aumento dei focolai di malattie infettive nell’uomo è uno di questi, così come è un fatto che l’Ebola, l’influenza aviaria, la sindrome respiratoria del Medio Oriente (MERS), la febbre della Rift Valley, la sindrome respiratoria acuta grave (SARS), il virus del Nilo occidentale e il virus Zika siano passati dagli animali agli uomini.

La prof.ssa Ilaria Capua, direttrice dal 2016 di uno dei dipartimenti dell’*Emerging Pathogens Institute* dell’Università della Florida, afferma, a questo proposito, che: *«Tre Coronavirus in meno di vent’anni rappresentano un forte campanello di allarme. Sono fenomeni legati anche a cambiamenti dell’ecosistema: se l’ambiente viene stravolto, il virus si trova di fronte a ospiti nuovi»*, ha dichiarato, aggiungendo che *«questa epidemia ha messo in luce come in questo mondo siamo tutti interconnessi. Se intervieni su un ecosistema e, nel caso, lo danneggi, questo troverà un nuovo equilibrio. Che spesso può avere conseguenze patologiche sugli esseri umani»*.

Si stima che **il 75% delle malattie umane fino ad oggi conosciute abbia gli animali come vettore primario**, così come **il 60% delle malattie venga trasmesso da animali selvatici**. Alle medesime conclusioni arriva anche un articolo scientifico pubblicato sulla rivista PNAS-



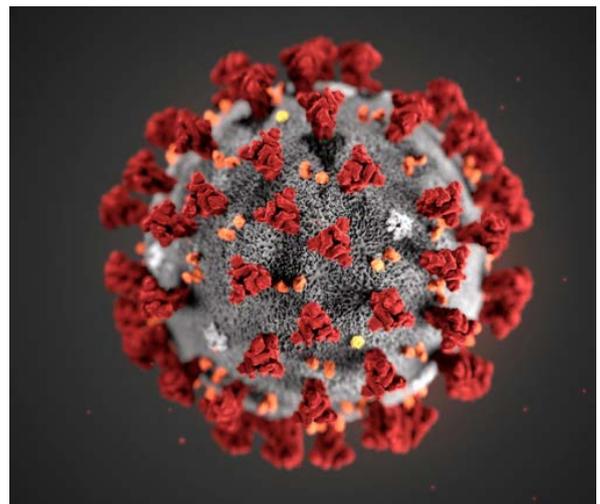
Proceedings of the National Academy of Sciences⁴ dal titolo "*Sustainable development must account for pandemic risk*", elaborato con il coordinamento del dipartimento di Biologia e Biotecnologie dell'Università La Sapienza, che **mette in relazione il fenomeno della diffusione delle malattie infettive con l'azione dell'uomo sulla natura**. L'articolo correla anche la diffusione del **coronavirus SARS-CoV2** con una serie di episodi che hanno recentemente colpito numerose aree del Pianeta, quali la diffusione di Ebola in Africa occidentale, le Sars e H1N1, il virus Zika o la MERS.

Partendo dall'analisi critica e ragionata delle numerose pubblicazioni (articoli, *position paper*, rapporti scientifici; ecc.) elaborati e pubblicati nel corso delle ultime settimane, il presente studio/articolo, si pone come **Obiettivo**, appunto, quello di tentare una prima descrizione analitica di quanto e come la ricerca e la scienza, a livello mondiale, hanno cercato e, stanno cercando tutt'ora, di rispondere a domande come le seguenti:

- 1) in quale percentuale lo stile di vita dell'uomo è responsabile della diffusione del virus?
- 2) Come evitare che questo fenomeno possa ripetersi?
- 3) Se, effettivamente, o meno esiste e in che misura l'esistenza di un'eventuale **connessione (o correlazione)** tra lo **sfruttamento incontrollato e smisurato del Pianeta e la proliferazione del Covid-19**, soprattutto in termini di individuazione di possibili costanti e/o indicatori che permettano, non solo di comprendere meglio il problema sorto circa 3 mesi fa (in particolare, i probabili legami tra l'alterazione dell'ecosistema e l'esplosione di possibili "bombe" epidemiche) ma, soprattutto, di capire come evitare di ripeterlo in futuro.

Dal momento che, tra le diverse probabili cause antropiche di propagazione del virus, oltre all'abbattimento delle foreste (considerate il nostro "antivirus naturale"), sia stato segnalato anche il **pericoloso livello di emissioni presenti nell'aria** (soprattutto ossidi di azoto e Particolato atmosferico), il presente studio è dedicato soprattutto all'analisi critica di tutti gli studi che si sono occupati proprio di questa specifica correlazione.

Il 2020 rappresenta un punto di svolta storico e il Coronavirus, la prima pandemia esplosa nel mondo globalizzato per come lo conosciamo oggi, segna un prima e un dopo. Lo shock causato da Covid-19 viaggia su più livelli. C'è quello economico, con una crisi simmetrica ed es. Germania, che coinvolge tutti quello sociale, perché come ogni situazione estrema anche questa sta facendo emergere le zone d'ombra delle nostre società, e quello ambientale. Non è certo un caso che l'ONU l'abbia definita "la crisi sanitaria peggiore dei suoi 75 anni di vita". Il virus,



⁴ "**Opinion: Sustainable development must account for pandemic risk**" - Moreno Di Marco, Michelle L. Baker, View ORCID ProfilePeter Daszak, Paul De Barro, Evan A. Eskew, Cecile M. Godde, Tom D. Harwood, Mario Herrero, View ORCID ProfileAndrew J. Hoskins, Erica Johnson, William B. Karesh, Catherine Machalaba, Javier Navarro Garcia, Dean Paini, Rebecca Pirzli, Mark Stafford Smith, Carlos Zambrana-Torrel, and Simon Ferrier. PNAS February 25, 2020

infatti, non conosce confini e si sposta di continente in continente, mostrandoci, per un verso l'altra faccia della medaglia (negativa) del nostro mondo iper-connesso e, per l'altro, ci ricorda che siamo davvero "tutti sulla stessa barca", proprio per lo stretto rapporto di interdipendenza tra noi e la natura, su cui si ripercuotono gli effetti di ogni nostra azione. E questa stretta interdipendenza Natura-essere umano si sta rivelando, in queste settimane di pandemia, sotto un duplice macroscopico aspetto:

- l'abbassamento dei livelli di inquinamento dell'aria, grazie al deciso e costante calo delle emissioni clima-alteranti in atmosfera (di cui si parlerà specificatamente più avanti) e la **"ricolonizzazione" temporanea di aree urbane da parte fauna selvatica**, che si spinge fin dentro le città deserte (fenicotteri e dei cigni a Milano, delfini nel mare di Cagliari, pesci nelle limpide acque dei canali veneziani, anatre che scorrazzano in mezzo alle vie Milano e le lepri colonizzano i parchi cittadini a Firenze, ecc.).
- Ma lo si riscontra anche guardando all'origine di questa pandemia: secondo gli esperti, **il "salto" del virus dagli animali all'uomo, è causato proprio da noi**, che modifichiamo il loro habitat naturale e li spingiamo sempre più a contatto con la specie umana.

Gli interrogativi sull'inquinamento e le risposte incomplete

Tutti a chiedersi come mai la mortalità in Lombardia (e in Emilia Romagna, ovvero nella stragrande maggioranza della Pianura Padana) sia così alta. Le risposte sono le più svariate (si va dalla densità di popolazione per chilometro quadrato all'anzianità alta delle vittime, passando per il numero di patologie pregresse), e/ma raramente intercettano quello che forse rappresenta una delle concause maggiori. L'inquinamento atmosferico, che normalmente in questo periodo dell'anno obbliga le amministrazioni comunali ad emanare le **ordinanze di divieto di circolazione**, con o senza targhe alterne. L'inquinamento atmosferico, infatti, dimostrano alcuni studi sul punto, sembra costituire l'*humus* ideale per il Coronavirus, anche in termini di diffusione (con buona pace, si vedrà, anche delle basilari norme di distanziamento sociale). Abbiamo visto che – secondo la maggior parte degli esperti – la distruzione della biodiversità, l'avanzare dell'urbanizzazione e la globalizzazione potenziano a livelli fin qui inediti, un meccanismo ben noto, ovvero quello del salto di specie ("*spillover*") da specie selvatiche a uomo di nuovi **virus**. È stata anche sollevata, da più parti, l'ipotesi che **l'inquinamento dell'aria** possa agire tanto come **vettore dell'infezione** quanto come fattore peggiorativo **dell'impatto sanitario** della **pandemia** in corso. Per quanto sia ancora presto per giungere a conclusioni generali, è bene iniziare a fare chiarezza su un altro aspetto, molto importante, della relazione tra **epidemie virali** e **ambiente**. O, meglio ancora, tra **salute** umana e **inquinamento**/distruzione ambientale.

L'**inquinamento** dell'aria, sembrerebbe poter avere un ruolo importante per spiegare la diffusione del virus SARS-CoV-2 e, forse, anche la letalità della sindrome associata: sono ormai molte le evidenze scientifiche che rafforzano questa ipotesi, come si elencherà ed analizzerà nel presente studio. **Ma partiamo dall'inizio della storia**

1ª PARTE

GLI STUDI della SIMA (SOCIETÀ DI MEDICINA AMBIENTALE) e dell'UNIVERSITÀ DI HARVARD (USA)

La **Società di Medicina Ambientale (SIMA)**, si prefigge lo scopo di tutelare la salute umana tramite la salvaguardia e la valorizzazione della natura e dell'ambiente, promuovendo azioni che limitino gli interventi invasivi da parte dell'uomo, quali scarichi industriali, effetto serra, disboscamento e sostanze inquinanti che, come è noto, costituiscono il principale fattore ambientale causa delle malattie, stante la stretta correlazione tra l'uomo e l'ambiente, entrando la salvaguardia del territorio e dell'ambiente a far parte della prevenzione sanitaria e del trattamento terapeutico-medico. Ricercatori SIMA, insieme a colleghi ricercatori di altri Atenei italiani di Milano, Bologna, Bari, Trieste e l'Ateneo di Napoli Federico II di (UNIMI, UNIBO, UNIBA, UNITS, Cattedra UNESCO – UNINA) ed internazionali, hanno creato un Gruppo di lavoro per studiare la correlazione tra il Coronavirus SARS-COV-2 (comunemente noto come COVID-19) e il particolato atmosferico (PM).

Attraverso questo studio, il gruppo di ricercatori ha esaminato, sia i dati relativi ai contagi di



Secondo la Sima, Pm10 potrebbe essere un veicolo per la diffusione del contagio da coronavirus.

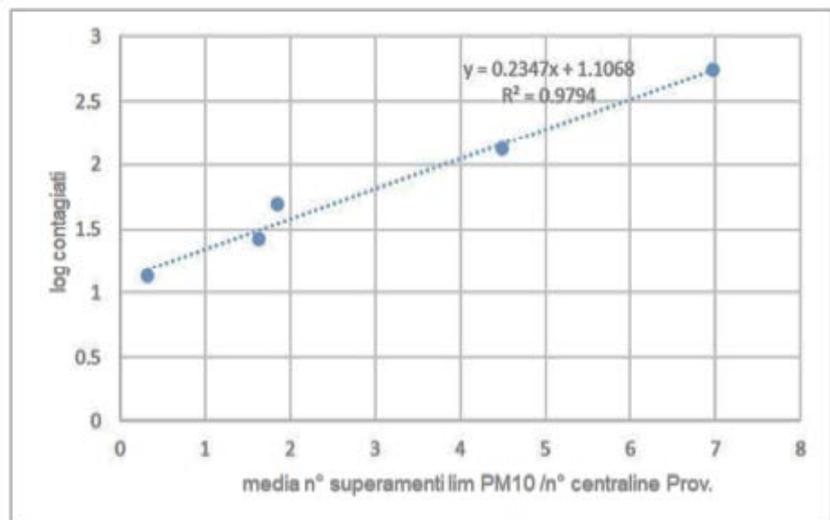
COVID-19, riportati sul sito della Protezione civile, che quelli pubblicati sui siti delle Agenzie regionali per la protezione ambientale e relativi a tutte l'unità di osservazione erano le **centraline di rilevamento delle Arpa** attive nelle province italiane, utilizzate appunto come **unità di osservazione** e registrando i superamenti dei limiti di legge (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di concentrazione media giornaliera). L'analisi, ha evidenziato una **relazione tra i superamenti nelle concentrazioni di PM10** registrati tra il **10 e il 29 febbraio** e il **numero di casi infetti da COVID-19 fino al 3 marzo 2020**. L'ipotesi di un possibile collegamento tra la diffusione del COVID-19 e l'inquinamento atmosferico, deriva dell'alta concentrazione di COVID-19 nella pianura padana riconosciuta come una delle aree geografiche più inquinate d'Europa (Re, 2020; Conticini 2020). Infatti, dal confronto e l'incrocio di questi, è stata rilevata una relazione, tra i superamenti dei limiti imposti dalla normativa vigente riguardo l'inquinamento atmosferico, ed in modo specifico tra i dati del particolato fine PM 10 registrati nel periodo compreso, appunto, tra il 10 e il 29 febbraio 2020, ed il numero di contagi al Covid-19 aggiornati alla data del 3 marzo 2020. Si è preso in considerazione, ai fini della ricerca, un ritardo temporale intermedio relativo al periodo 14-29 febbraio, considerando un **lasso temporale intermedio di 14 giorni**, ossia pari al **tempo di incubazione del virus** (appunto di 14 giorni), fino alla identificazione dell'insorgenza del contagio. In sintesi, lo studio ha messo in relazione la **proporzione di superamenti per il**

PM10 nelle centraline di ciascuna provincia, con il numero di casi infetti da COVID-19, come riportati dal sito della Protezione Civile, occorsi nei 14 giorni successivi.

“Sulla base della rassegna scientifica, storicamente ricostruita, si può dedurre che il particolato atmosferico (PM10, PM2.5) costituisca un efficace vettore per il trasporto, diffusione e proliferazione delle infezioni virali”. Questa affermazione è contenuta nel [Il Position Paper congiunto della Società Italiana di Medicina Ambientale](#), sull'effetto dell'inquinamento da particolato atmosferico sulla diffusione di virus nella popolazione italiana, elaborato dal team di accademici e ricercatori italiani coinvolti nello studio.

Il *position paper* congiunto della SIMA sull'effetto dell'inquinamento da particolato atmosferico sulla diffusione di virus nella popolazione italiana con il titolo [“SARS-Cov-2 RNA Found on Particulate Matter of Bergamo in Northern Italy: First Preliminary Evidence”](#), è stato poi pubblicato come articolo pre-stampa⁵, ed ha suggerito che l'inquinamento costituisce un fattore plausibile, ipotizzando che questo possa avvenire sia in modo diretto come “veicolo” (*carrier*), sia in modo indiretto come “amplificatore” (*boost*) di impulso alla diffusione del Coronavirus e della conseguente pandemia, inclusi gli effetti del virus sul polmone: ecco spiegata, dunque, almeno una delle concause (o cofattori) rilevanti per il rapido diffondersi in pianura Padana del COVID-19. Lo studio evidenziava una relazione molto forte, con un **COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE o di DETERMINAZIONE⁶ ELEVATO (R₂= 0.98)**, come indicato nel grafico sottostante che evidenzia, appunto, una relazione lineare,

raggruppando le Province in 5 classi sulla base del numero di casi infetti (in scala logaritmica: log contagiati), in relazione ai superamenti del limite delle concentrazioni di PM10 per ognuna delle 5 classi di Province (media n° superamenti lim PM10/n° centraline Prov.)



⁵ [SARS-Cov-2 RNA Found on Particulate Matter of Bergamo in Northern Italy: First Preliminary Evidence](#) -

Leonardo Setti, Fabrizio Passarini, Gianluigi De Gennaro, Pierluigi Baribieri, Maria Grazia Perrone, Massimo Borelli, Jolanda Palmisani, Alessia Di Gilio, Valentina Torboli, Alberto Pallavicini, Maurizio Ruscio, PRISCO PISCITELLI, Alessandro MianI. medRxiv – THE PRINTER SERVER FOR HEALTH SCIENCE.

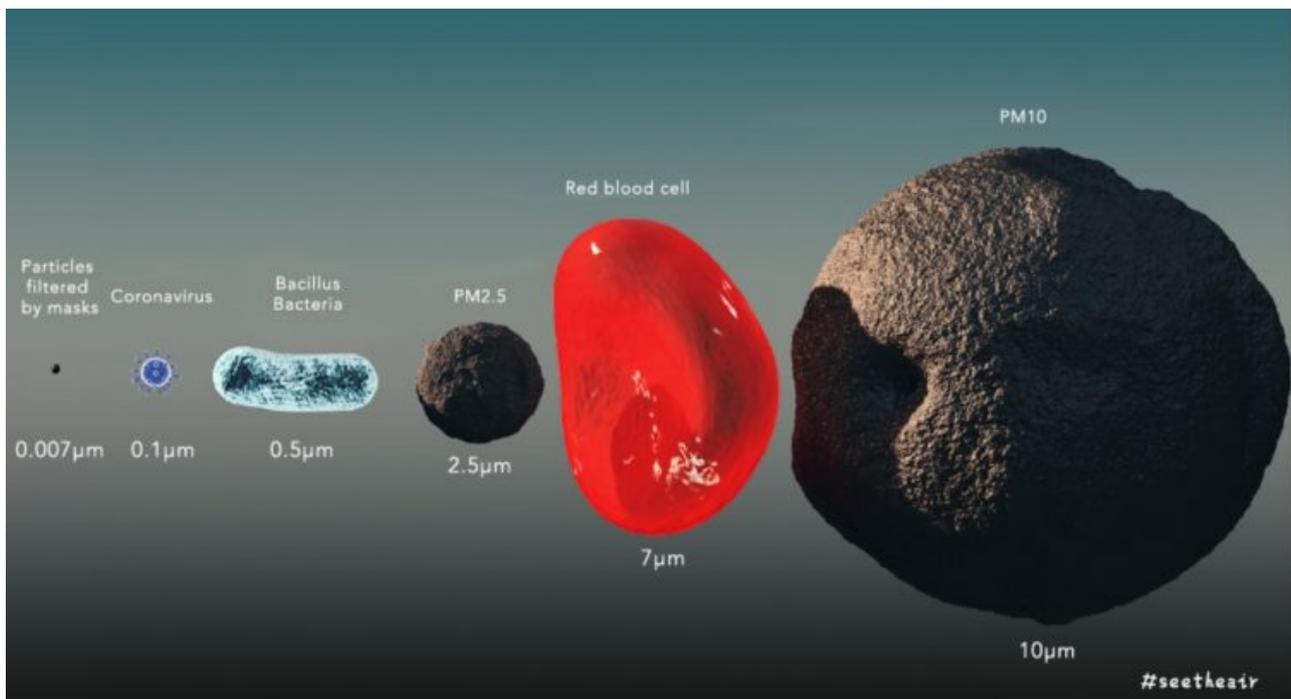
MedRxiv è una nuova piattaforma web, creata sul modello di bioRxiv (analogo dedicato alla biologia di base) che punta a velocizzare la comunicazione degli esiti della ricerca clinica, salvaguardando, al contempo, pazienti e grande pubblico dai rischi che potrebbero derivare dalla pubblicazione di **articoli non ancora soggetti a peer-reviewing**, ovvero non ancora valutate e validate dalla comunità scientifica e che, quindi, non dovrebbero essere utilizzate per guidare la pratica clinica.

⁶ Il **coefficiente di correlazione r₂**, è un indice che esprime la variabilità nella variabile dipendente, in funzione della variabile indipendente.

Il **PARTICOLATO ATMOSFERICO (PM)**, ovvero le particelle di aerosol presenti nell'aria, per cause naturali (sale marino, azione del vento, pollini, eruzioni vulcaniche) e fonti di emissioni antropiche (traffico, riscaldamento, processi industriali, inceneritori) funziona da *carrier*, ovvero da vettore di trasporto, per molti contaminanti chimici e biologici, inclusi i virus. I virus si "attaccano" a queste particelle, mediante un processo di "coagulazione" che "costituisce un substrato che può permettere al virus di rimanere nell'atmosfera in condizioni vitali per un certo tempo, nell'ordine di ore o giorni" e che ne veicola la diffusione e il trasporto anche sulle lunghe distanze (effetto *carrier*).

Secondo lo studio, quindi, il **particolato atmosferico (PM) funge da "facilitatore", da carrier**, per il trasporto del virus, forse tanto quanto una stretta di mano: le polveri sottili, in definitiva, sarebbero delle vere e proprie "autostrade per i contagi". E se pensiamo che quello atmosferico è un inquinamento che non conosce confini, si possono ben intuire le drammatiche conseguenze!! Le concentrazioni superiori al limite di PM10 in alcune province del Nord Italia (in particolare nelle zone industriali della Pianura Padana) hanno agito – come già detto precedentemente - da *boost*, ovvero da impulso alla diffusione virulenta dell'epidemia, mentre in altre zone d'Italia - dove si presentavano situazioni di contagio simili - questo fenomeno non è stato osservato. Il team di scienziati e ricercatori ha affermato che "A questo proposito, è emblematico il caso di Roma" afferma il team, "in cui la presenza di contagi era già manifesta negli stessi giorni delle regioni padane, senza però innescare un fenomeno così virulento".

Il **tasso di inattivazione dei virus** nel particolato atmosferico, dipende dalle condizioni ambientali: mentre un aumento delle temperature e di radiazione solare influisce positivamente sulla velocità di inattivazione del virus, un'umidità relativa elevata può favorire un più elevato tasso di diffusione del virus cioè di virulenza.



La teoria che sta alla base del *position paper* della SIMA, è in linea con gli [studi compiuti su recenti casi virali](#), come:

- ✓ l'[influenza aviaria](#) del 2010, veicolata sulle lunghe distanze attraverso le tempeste di polveri asiatiche;
- ✓ il virus sinciziale umano nei bambini (i dati sono del 2016);
- ✓ la diffusione di [casi di morbillo](#) in Lanzhou (Cina) nel 2020, dove la diffusione del virus è strettamente collegata all'inquinamento dell'aria (dunque all'incremento del PM). Dati emersi dagli studi in 21 città cinesi, nel biennio 2013-2014, dimostrano che un aumento significativo delle concentrazioni di PM 2.5, pari a 10 µg/m³, incide significativamente sull'incremento del numero di casi di virus del morbillo.

Nella giornata del **18 aprile 2020**, la ricerca del team congiunto SIMA-Università, ha permesso di rilevare *“la presenza di **geni specifici**, utilizzati come **marcatori molecolari del virus**, in due analisi genetiche parallele”* ha dichiarato **Leonardo Setti**, coordinatore del gruppo di ricerca. Come, successivamente confermato dal professor **Alessandro Miani**, presidente della Sima, le prime evidenze, provengono dalla analisi dei 34 campioni di **PM10** in aria ambiente di siti industriali della **provincia di Bergamo**, raccolti con due diversi campionature d'aria, per un periodo continuativo di 3 settimane, dal 21 febbraio al 13 marzo 2020, che permettono di confermare l'ipotesi iniziale, da cui è partita la ricerca stessa: conferma e dimostrazione della **presenza del coronavirus SARS-Cov-2 nel particolato atmosferico (PM 10)** e della **capacità di queste polveri sottili di “veicolare” il virus**. In particolare, **nei campioni** analizzati, si è verificata **la presenza del virus, il genoma RNA, ossia il filamento del Sars-Cov-2 può essere presente sul particolato atmosferico, in almeno 8 delle 22 giornate prese in esame**⁷ e, i risultati positivi, sono stati confermati su 12 diversi campioni, per tutti e tre i marcatori molecolari, vale a dire il **gene E, il gene N ed il gene RdRP**, quest'ultimo altamente specifico per la **presenza dell'Rna virale Sars-CoV-2**.

Il prof. MIANI, a fine aprile, dopo la scoperta di tracce di RNA di coronavirus sulle polveri sottili, ha tenuto a precisare che lo studio della SIMA è tuttora in corso e non è vero – come erroneamente evidenziato da una parte della stampa generalista (forse poco abituata a trattare temi scientifici, tato più così complessi) – che sia concluso, ma che si tratta solo della prima parte di un *paper* tuttora in corso. Più precisamente, *“Questa prima parte della ricerca mirava espressamente a cercare la presenza dell'RNA del **SARS-CoV-2** sul particolato atmosferico. Le prime evidenze relative alla presenza del coronavirus sul particolato, provengono da analisi eseguite su 34 campioni di PM10 in aria ambiente di siti industriali della provincia di Bergamo, raccolti con due diversi campionatori d'aria, per un periodo continuativo di 3 settimane, dal 21 febbraio al 13 marzo”*, spiega Leonardo Setti, coordinatore del gruppo di ricerca scientifica, insieme a Gianluigi De Gennaro e a Miani.

*“I campioni sono stati analizzati dall'Università di Trieste in collaborazione con i laboratori dell'azienda ospedaliera Giuliano Isontina, che hanno verificato la presenza del virus in almeno 8 delle 22 giornate prese in esame. I risultati positivi sono stati confermati su 12 diversi campioni **per tutti e tre i marcatori molecolari**, vale a dire **il gene E, il gene N ed il gene RdRP**, quest'ultimo altamente specifico per la presenza dell'RNA virale SARS-CoV-2.*

⁷ I campioni sono stati analizzati dall'Università di Trieste in collaborazione con i laboratori dell'azienda ospedaliera Giuliano Isontina, che hanno verificato la presenza del virus in “almeno 8 delle 22 giornate prese in esame.

Possiamo confermare di aver ragionevolmente dimostrato la presenza di RNA virale del SARS-CoV-2 sul particolato atmosferico, rilevando la presenza di geni altamente specifici, utilizzati come marcatori molecolari del virus, in due analisi genetiche parallele"4, precisa Setti.

Secondo il membro del team di ricerca, **professor De Gennaro** dell'Università di Bari, ci si trova di fronte alla **"prima prova che l'Rna del Sars-CoV-2 può essere presente sul particolato in aria ambiente**, cosa che suggerisce, quindi, che, in condizioni di stabilità atmosferica e alte concentrazioni di PM, le micro-goccioline infettate contenenti il coronavirus Sars-CoV-2 possano stabilizzarsi sulle particelle, allo scopo di creare dei *cluster* col particolato, aumentando la persistenza del virus nell'atmosfera, come già ipotizzato sulla base di recenti ricerche internazionali. Secondo De Gennaro, *"questa è la prima prova che l'RNA del SARS-CoV-2 può essere presente sul particolato in aria ambiente, suggerendo così che, in condizioni di stabilità atmosferica e alte concentrazioni di PM, le micro-goccioline infettate contenenti il coronavirus SARS-CoV-2 possano stabilizzarsi sulle particelle per creare dei cluster col particolato, aumentando la persistenza del virus nell'atmosfera come già ipotizzato sulla base di recenti ricerche internazionali. L'individuazione del virus sulle polveri, potrebbe essere anche un buon marker per verificarne la diffusione negli ambienti indoor come ospedali, uffici e locali aperti al pubblico. Le ricerche, hanno ormai chiarito che le goccioline di saliva potenzialmente infette, possono raggiungere distanze anche di 7 o 10 metri, imponendoci quindi di utilizzare per precauzione le mascherine facciali in tutti gli ambienti"*. **Pertanto, l'individuazione del virus sulle polveri sottili (PM), potrebbe essere anche un buon marker per verificarne la diffusione negli ambienti indoor** (es. come ospedali, uffici e locali aperti al pubblico) ed offrire **informazioni cruciali**, per ridurre i rischi di contagio nell'imminente fase due, ma anche nelle [probabili prossime ondate stagionali di questo virus](#).

Questi **risultati**, suggeriscono che - in condizioni di stabilità atmosferica ed alte concentrazioni di particolato, quali quelle tipiche delle regioni più colpite dal virus - **le micro-goccioline infettate contenenti il coronavirus SARS-CoV-2 possono stabilizzarsi sul particolato creando degli agglomerati (cluster) e aumentare quindi la persistenza del virus** nell'atmosfera, come già ipotizzato sulla base di recenti ricerche internazionali (che verranno analizzate più avanti). *"I risultati positivi – precisa Setti- confermano che è stata ragionevolmente dimostrata la presenza di Rna virale del Sars-CoV-2 sul particolato atmosferico, proprio rilevando la presenza di geni altamente specifici, utilizzati come marcatori molecolari del virus, in due analisi genetiche parallele"*.

Con l'aria inquinata, quindi, le goccioline di saliva potenzialmente infette possono raggiungere distanze anche di 7 o 10 metri facilitando il contagio. I risultati di questo studio A questo proposito, **l'epidemiologo Prisco Piscitelli dell'Istituto Scientifico Biomedico Euro Mediterraneo (ISBEM)**, nonché vicepresidente della Società Italiana di Medicina Ambientale, sottolinea che *"ad oggi, le osservazioni epidemiologiche disponibili per Italia, Cina e Stati Uniti, mostrano come la **progressione dell'epidemia Covid-19 sia più grave in quelle aree caratterizzate da livelli più elevati di particolato**. Esposizioni croniche ad elevate concentrazioni di particolato atmosferico, come quelle che si registrano oramai da decenni nella Pianura Padana, hanno di per sé conseguenze negative sulla salute umana, ben rilevate e quantificate dall'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA), rappresentando anche un fattore*

*predisponente a una **maggiore suscettibilità degli anziani fragili alle infezioni virali e alle complicanze cardio-polmonari. È arrivato il momento di affrontare il problema***".

A conclusione di questa carrellata sullo studio della SIMA, si riportano le dichiarazioni rilasciate dal Presidente della SIMA, prof. Alessandro Miani, all'agenzia di stampa italiana DIRE: "Siamo in stretto contatto con l'Organizzazione Mondiale della Sanità e con la Commissione europea, per condividere i risultati delle nostre analisi. Sono in corso ulteriori studi di conferma di queste prime prove, circa la possibilità di considerare il PM come "carrier" di nuclei contenenti goccioline virali, ricerche che dovranno spingersi fino a valutare la vitalità e soprattutto la virulenza del Sars-CoV-2 adesso al particolato. Intanto, la presenza del virus sulle polveri atmosferiche è una preziosa informazione in vista dell'imminente riapertura delle attività sociali, che conferma l'importanza di un utilizzo generalizzato delle mascherine da parte di tutta la popolazione. Se



tutti indossiamo le mascherine, la distanza inter-personale di 2 metri è da considerarsi ragionevolmente protettiva permettendo così alle persone di riprendere una vita sociale".

IN SINTESI: dallo studio della SIMA, emerge il seguente quadro:

- **è FALSO** affermare che lo studio abbia **dimostrato che il virus possa diffondersi, e di conseguenza contagiare, usando proprio il particolato come vettore perché** il genoma rintracciato a Bergamo, non era vitale, non aveva più capacità infettive: motivo per cui affermare che il **particolato è una nuova vettore di contagio**, ovvero che è in grado di trasportare il virus da un individuo a un altro, **al momento è scientificamente errato**.
- Lo **studio** ora **andrà avanti con altri campionatori in Italia e all'estero**, per avere una situazione più ampia e arrivare **eventualmente a dimostrare il secondo step del nostro paper**: è vivo il virus sul particolato? Quale è la sua carica virulenta e la sua capacità di infettare?" Al momento non lo sappiamo.
- Trovare **tracce di virus nelle polveri sottili, vitale o già inefficace** che sia, "può diventare un **indicatore importante della presenza del coronavirus** in una determinata zona o

ambiente” e usare la **presenza del virus sul particolato** proprio come **spia di un possibile focolaio**, in base al quale individuare precocemente misure adeguate a prevenire una nuova epidemia: una sorveglianza sanitaria, l’effettuazione di test rapidi e la presa delle dovute misure. “Qualcosa che le Arpa [le agenzie regionali di protezione ambientale, N.d.R.] possono fare ed implementare, anche subito” afferma il prof. Miani.

La prima, e più importante, conseguenza della studio della SIMA, è che le misure di distanziamento sociale, per quanto utili, sarebbero se non inutili, di sicuro non risolutive, di per se stesse. È lo stesso studio che lo sottolinea. “L’attuale distanza considerata di sicurezza – fa notare Alessandro Miani, Presidente della Società Italiana di Medicina Ambientale (Sima) riferendosi allo spazio di un metro – potrebbe non essere sufficiente”. Così come evidentemente **non sono sufficienti le misure finora adottate per contenere l’inquinamento atmosferico**.

“Tali analisi sembrano quindi dimostrare che, in relazione al periodo 10-29 febbraio, concentrazioni elevate superiori al limite di PM10 in alcune Province del Nord Italia possano aver esercitato un’**azione di “boost”**, cioè di impulso alla diffusione virulenta dell’epidemia in Pianura Padana che non si è osservata in altre zone d’Italia che presentavano casi di contagi nello stesso periodo. A questo proposito è emblematico il caso di Roma in cui la presenza di contagi era già manifesta negli stessi giorni delle regioni padane senza però innescare un fenomeno così virulento. Oltre alle concentrazioni di particolato atmosferico, come fattore veicolante del virus, in alcune zone territoriali possono inoltre aver influito condizioni ambientali sfavorevoli al tasso di inattivazione virale. Il gruppo di lavoro sta approfondendo tali aspetti per contribuire ad una comprensione del fenomeno più approfondita”. Il *position paper* di **SIMA**, si conclude con la seguente affermazione: “si evidenzia come la specificità della velocità di incremento dei casi di contagio che ha interessato in particolare alcune zone del Nord Italia potrebbe essere legata alle condizioni di inquinamento da particolato atmosferico che ha esercitato un’**azione di carrier e di boost**. Come già riportato in casi precedenti di elevata diffusione di infezione virale, in relazione ad elevati livelli di contaminazione da particolato atmosferico, si suggerisce di tenere conto di questo contributo sollecitando misure restrittive di contenimento dell’inquinamento”.

Lo studio di **SIMA** si conclude, correttamente, con un suggerimento, quello “*di tenere conto di questo contributo, sollecitando misure restrittive di contenimento dell’inquinamento*”. Ma quello relativo all’inquinamento atmosferico è un problema annoso, che non è mai stato preso in seria considerazione dal legislatore e dalla politica. Tant’è che, spesso, la giurisprudenza si è dovuta in qualche modo arrabattare, per tutelare la salute dei cittadini, anche facendo ricorso a norme extra-ambientali. Il caso forse più eclatante è quello che ha visto la giurisprudenza fare un uso massiccio di una norma penale (**l’art. 674 del c.p.**, relativo al **getto pericoloso di cose**, quindi con una specifica finalità di tutela, che non è quella ambientale) per tutelare la salute dei cittadini dall’inquinamento atmosferico. I motivi per i quali, nel corso degli ultimi anni, si è assistito ad una progressiva estensione del campo di applicazione dell’art. 674 del C.P., che ha assunto un vero e proprio ruolo di supplenza nella tutela dell’ambiente rispetto all’inquinamento atmosferico, sono da rinvenire, essenzialmente, nella *cronica mancanza* di una *normativa capace* di indirizzare in modo

univoco gli operatori del settore, e nella *deficitaria azione di controllo*, puntuale e continua, volta a rendere effettivo e credibile il ruolo della P.A. a tutela dell'ambiente e della salute dell'uomo. Alcuni esperti giuridici in materia ambientale, parlano di **irrisoluzioni giuridiche** sul tema dell'inquinamento atmosferico, soprattutto per i due seguenti motivi principali:

- a) la scoordinata frammentarietà della disciplina ambientale, lasciata irrisolta dal testo unico ambientale, che fa sì che la gestione integrata delle differenziate fonti di inquinamento atmosferico continui ad essere sempre tramandata al futuro legislatore.....
- b) La disciplina ambientale, quindi, è ancora sempre (o quasi) “delegata” alla decretazione d'urgenza – inidonea, in quanto tale, a risolvere il problema alla radice – o “affidata” al solo art. 674 c.p., che la **giurisprudenza ha utilizzato come *passé-partout*** per cercare di “tappare le falle” dell'impianto normativo.

Dopo il primo studio rilasciato dalla SIMA, si sono **susseguite diverse pubblicazioni e report** che, in un primo momento, hanno suggerito e, successivamente, sempre più comprovato l'ipotesi di uno **stretto rapporto tra particolato atmosferico e i drammatici effetti del coronavirus COVID-19**. Diversi di questi, anche se prudenti sul peso scientifico dell'inquinamento nella diffusione del contagio e nel peggioramento delle condizioni dei pazienti, parlano di un legame già noto.

Basti pensare a una ricerca sulla correlazione tra indicatore di inquinamento dell'aria e **mortalità da SARS** in Cina tra il 2002 e il 2003, che rilevò un tasso di decessi raddoppiato **nelle aree più inquinate della Cina**, rispetto a quelle dove l'aria era migliore. Allo studio dell'Università di Harvard e alla pubblicazione dei ricercatori dell'Ospedale San Raffaele ([*Regional air pollution persistence links to COVID-19 infection zoning*](#)) pubblicato sul Journal of Infection-ELSEVIER lo scorso 26 marzo - di cui si parlerà più diffusamente nelle pagine successive - il 16 aprile 2020, si aggiunge un **tassello importantissimo** a supporto della tesi che vede imputato l'inquinamento da particolato: si tratta dell'articolo "[*Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1*](#)", scritto da **Neeltje van Doremalen e altri ricercatori del National Institute of Allergy and Infectious Diseases Hamilton, Massachusetts Medical Society**, pubblicato sulla rivista *The New England Journal of Medicine*, con l'obiettivo di provare a dare una risposta ad una delle domande poste più frequentemente: la capacità di **SARS-CoV-2** di resistere sulla superficie di oggetti inanimati. Analizzando l'aerosol e la stabilità di superficie della SARS-CoV-2 (agente della sindrome respiratoria acuta grave coronavirus 2, meglio nota come COVID-19) e confrontandolo con la SARS-CoV-1 (già presente a Wuhan, in Cina, alla fine del 2019), ossia il coronavirus umano più strettamente correlato a quello diffusosi nel febbraio 2020, da Wuhan, i ricercatori hanno valutato la stabilità della SARS-CoV-2 e della SARS-CoV-1 negli aerosol e su varie altre tipologie di superfici (aerosol, plastica, acciaio inossidabile, rame e cartone) in 10 condizioni sperimentali, stimandone, i rispettivi tassi di decadimento utilizzando un modello di regressione bayesiana, replicando tre volte gli stessi tipi di test. L'obiettivo è stato quello di valutare **la capacità del virus di permanere nel tempo su varie tipologie di superfici**. Dallo

studio, emerge che l'**inquinamento da particolato (PM 2.5, in particolare)** agisce da **facilitatore dell'epidemia COVID-19** secondo due modalità: **in modo diretto**, danneggiando la salute, e **indiretto**, agendo da veicolo (*carrier*) del virus.

L'**effetto diretto** è conosciuto, ed è notoriamente un'importante causa di morti premature, che vede, purtroppo, l'Italia in cima alle classifiche europee per quanto riguarda l'inquinamento atmosferico che, com'è noto, è prevalentemente concentrato nelle zone più colpite da COVID-19, ed è **causa di circa 80.000 decessi annui**, per patologie respiratorie e cardiovascolari, indotte dalla presenza di inquinanti come gli ossidi di azoto, l'ozono ed il particolato.

L'**effetto indiretto** è, invece, **la partecipazione del particolato come vettore (carrier) del virus**: un aspetto particolarmente importante, perché legato in modo diretto alla conseguente **capacità di infettare**, e che conferma come un modo importante di trasmissione del virus sia attraverso le nostre mani (contatto con superfici contaminate e, inavvertitamente, ci infettiamo portando le mani alla bocca, nel naso o negli occhi).

Questa ricerca, dunque, ha permesso anche di studiare e quantificare un ulteriore e molto dato, ossia a quanto ammonta la **durata di persistenza del virus COVID-19 sulle superfici di materiali diversi**; i ricercatori hanno posto una quantità nota di virus - a temperatura ambiente di 21-23° C e con umidità relativa del 40 %) - sulle seguenti 4 diverse tipologie di superfici: **rame, cartone, acciaio inossidabile e plastica**, per verificare poi, come la **capacità infettante del virus** si modificasse al trascorrere del tempo (trascorrere delle ore). I **risultati** ottenuti, sono stati i seguenti:

- ✓ **I materiali più "inospitali" per il virus**, sono risultati essere **il rame (tempo di dimezzamento o "EMIVITA"⁸ della capacità o carica infettiva, pari a meno di due ore e abbattimento completo dell'infettività dopo le 4 ore)** e **il cartone (tempo di dimezzamento o "EMIVITA" della capacità o carica infettiva entro le 5 ore abbondanti e abbattimento completo dell'infettività dopo le 24 ore)**. Per quanto riguarda gli altri due materiali, è stata verificata una più lunga persistenza su entrambe, ovvero:
- ✓ **sull'acciaio inossidabile**, la carica infettiva risultava dimezzata solo dopo circa 6 ore, con un tempo per il completo azzeramento dell'infettività pari a 48 ore;
- ✓ **sulla plastica**, la carica infettiva ha presentato un'emivita pari a circa 7 ore ed un completo azzeramento dell'infettività dopo almeno 72 ore.

In linea generale, si può dunque concludere che **il rischio di contagio da COVID-19**, che è sì dipendente dalla sua carica o capacità infettiva, **diminuisce**, però, notevolmente con il **trascorrere delle ore, ma non si annulla se non dopo qualche giorno**. Sebbene si tratti – anche in questo caso – di un dato certamente importante, ma ancora preliminare e da confermarsi con altri esperimenti – a maggior ragione, questo studio conferma in maniera inconfutabile l'assoluta appropriatezza delle **misure anti-contagio da COVID-19**, fino ad ora, suggerite dalla autorità sanitarie: massima igiene delle mani e delle superfici (il virus, infatti,

⁸ Il termine **EMIVITA**, Indica il tempo necessario affinché, nell'organismo vivente, la quantità o la concentrazione o l'attività di una sostanza, soggetta a trasformazione, decomposizione o decadimento, si riduca alla metà di quella iniziale. Fonte: Enciclopedia Treccani.

è completamente inattivato da acqua e sapone e da altri detergenti), evitare di toccarsi/farsi toccare il viso e l'isolamento sociale.

Questo studio, giunge alla conclusione che *“la trasmissione via aerosol e superfici contaminate di SARS-CoV-2 è plausibile, poiché il virus può rimanere vitale e infettivo, per ore negli aerosol e per giorni, sulle superfici.”*

Questo studio di **van Doremalen et alii**, che è stata “bollata” come priva di alcuna plausibilità biologica, da un articolo congiunto dello **Steering Committee del progetto CCM RIAS (Rete Italiana Ambiente e Salute)**, col supporto di esperti del **Sistema Sanitario Nazionale e del Sistema nazionale per la Protezione dell'Ambiente**⁹, è in realtà oggetto di studio.



Mentre la comunità medica si prodiga affannosamente per trovare una soluzione alla pandemia che avvolge la nostra società, altri settori della scienza si concentrano su quali siano i fattori ambientali che possono favorire la contrazione della malattia e, purtroppo, l'aumento dei decessi legati al COVID-19. Se è vero, infatti, che la conoscenza del rapporto tra patologie pregresse e decessi si approfondisce di giorno, non è ancora chiaro come i fattori ambientali possano influenzare il contagio e il decorso della malattia. Eppure, essendo ormai acclarato il forte legame tra malattie respiratorie e decessi dovuti al COVID-19, alcune delle [domande alle quali molti esperti stanno cercando di rispondere](#) possono essere così sintetizzate:

- 1) qual è il rapporto esistente tra inquinamento atmosferico e il numero di decessi legati al COVID-19?
- 2) L'inquinamento atmosferico, può effettivamente contribuire alla diffusione del virus, ed in caso positivo con quale meccanismi e secondo quali processi?

⁹ Lo Steering Committee del progetto CCM RIAS (Rete Italiana Ambiente e Salute), alla quale partecipano esperti del **Sistema Sanitario Nazionale e del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente**, ha pubblicato un documento sulla Scienza in Rete, con il quale si esprime sul tema delle modalità di trasmissione del CoVID-19. Scienza in rete è un giornale di attualità e cultura scientifica. Scienza in rete, è un progetto editoriale dell'Agenzia Zadig condiviso con il Gruppo 2003 per la ricerca scientifica, un'associazione di ricercatori italiani highly cited nata per promuovere la cultura scientifica in Italia.

Per rispondere a queste domande gli scienziati hanno dovuto aspettare che un numero sufficiente di dati fosse disponibile e i primi studi sull'argomento sono stati riportati su diversi giornali scientifici.

Allora vediamo, qui di seguito, una [carrellata analitica e cronologica, dei diversi studi e ricerche](#) che si sono succeduti, a seguito della pubblicazione dello Studio della SIMA.

Lo studio dell'EPHA

Alle stesse conclusioni della SIMA, è giunto uno [studio dell'EPHA, la European Public Health Alliance](#), secondo la quale chi vive in città inquinate è maggiormente a rischio a causa di COVID-19. L'inquinamento atmosferico – ricorda l'EPHA – **“può causare ipertensione, diabete e malattie respiratorie, condizioni che i medici stanno iniziando a collegare a tassi di mortalità più elevati per COVID-19”**. Già uno [studio del 2003 sulle vittime della SARS coronavirus](#) ha scoperto che, i pazienti nelle regioni con livelli moderati di inquinamento atmosferico avevano l'84% di probabilità in più di morire rispetto a quelli nelle regioni con basso inquinamento atmosferico. Sara De Matteis, professore associato di Medicina ambientale e del lavoro presso l'Università di Cagliari, in Italia, e membro del [Comitato per la salute ambientale dell'ERS \(l'European Respiratory Society\)](#), è membro dell'EPHA) ha dichiarato che **“la qualità dell'aria urbana è migliorata nell'ultimo mezzo secolo, ma la benzina e soprattutto i fumi dei veicoli diesel rimangono un grave problema. I pazienti con patologie polmonari e cardiache croniche causate o peggiorate dall'esposizione a lungo termine all'inquinamento atmosferico sono meno in grado di combattere le infezioni polmonari e hanno maggiori probabilità di morire. Questo è probabilmente anche il caso di COVID-19. Abbassando i livelli di inquinamento atmosferico possiamo aiutare i più vulnerabili nella loro lotta contro questa e tutte le possibili pandemie future”**.

Come già evidenziato, il tema in esame è ancora oggetto di studi, in quanto al momento siamo ancora nel novero delle ipotesi, che devono essere confermate. In relazione ai cambiamenti climatici – tema strettamente connesso a quello dell'inquinamento atmosferico – la **SIGEA (Società Italiana di Geologia Ambientale)** ha affermato che **“il Coronavirus non terrebbe al momento conto delle variazioni climatologiche e dunque delle temperature”**. Questo è il risultato di uno studio in costante evoluzione, condotto da un gruppo di studio multidisciplinare accademico e tecnico. Sono, infatti, molto numerose le variabili indipendenti, che possono spiegare l'evoluzione della variabilità spazio – temporale del SARS-CoV-2 non possono non essere analizzate quelle meteo-climatologiche ed ambientale.

Com'è noto, vi è già una ricca letteratura scientifica che, da tempo, evidenzia il **forte legame esistente tra patologie respiratorie di origine virale e inquinamento atmosferico** - Polveri sottili (PM2,5 o PM10), biossido di zolfo (SO₂), biossido di azoto (NO₂), monossido di

carbonio (CO) e ozono (O₃) - che, influenzando sulle vie respiratorie, aggravano la suscettibilità e la gravità delle infezioni da virus respiratori. Questo, perché le particelle fini (soprattutto il PM_{2,5}) tendono a rimanere più a lungo nell'aria e le loro dimensioni aumentano le possibilità di farle penetrare in profondità nei polmoni, generando un'**infiammazione progressiva e cronica delle vie respiratorie** che, in caso di esposizione prolungata ad un'aria inquinata, **può portare a gravi malattie respiratorie da infezioni virali.**

Un gruppo di ricerca guidato dal **Dott. Antonio Frontera**, Cardioelettrofisiologo, ricercatore presso l'Unità di Aritmologia dell'**Ospedale San Raffaele di Milano**, partendo da questi studi, rilancia l'ipotesi della stretta correlazione tra COVID-19 e inquinamento dell'aria, in una **comunicazione** dal titolo "[Regional air pollution persistence links to COVID-19 infection zoning - Letter to Editor ELSEVIER](#)", pubblicata sulla rivista scientifica *Journal of Infections*. Analizzando i dati elaborati dall'ISS nelle regioni della Pianura Padana (Lombardia, Emilia-Romagna, Piemonte e Veneto), dai quali è emerso che circa **l'85 % dei decessi totali positivi al COVID-19** è concentrato, in particolare, in città come **Lodi, Cremona, Brescia e Bergamo**, ossia tra le cinque città italiane con i più alti livelli di inquinamento¹⁰, e site in un'area caratterizzate da **elevata densità di attività industriali, traffico, agricoltura e allevamento intensivi**¹¹, **Frontera** e il suo team di ricercatori, hanno supportato, in particolare, la prima ipotesi suggerita dallo studio della SIMA: l'inquinamento da **particolato (PM_{2,5}**, in particolare) **agirebbe da vettore (carrier) del contagio**, facilitandolo.

Dalla ricerca del **Dott. Frontera** e del Suo tema, così come esplicitamente suggerito nella pubblicazione, emerge che sarà possibile utilizzare il fattore "**livello di inquinamento atmosferico** (in stretto collegamento con le condizioni meteorologiche, che possono favorire o meno l'accumulo degli inquinanti) come **misura per stimare il numero di contagi**. In pratica il livello delle polveri sottili potrebbe diventare una delle misure del rischio di contagio e quindi far scattare raccomandazioni (o obblighi) di adottare misure di precauzione. Per esempio, indossare mascherine protettive e/o limitare le uscite per le persone più a rischio. **Misure che peraltro dovrebbero essere consigliate anche in assenza del virus, visto il livello di inquinamento dell'aria e il numero di morti che ne consegue.** Inoltre diventa se possibile ancora più indispensabile che si tenga conto della necessità di **mantenere basse le emissioni di particolato e degli altri inquinanti per non rischiare di favorire la potenziale diffusione del coronavirus.** Quest'ultimo aspetto ha implicazioni importantissime, soprattutto in un'area, come la pianura Padana, in cui **le particolari condizioni geografiche e climatiche creano facilmente le condizioni per il ristagno delle sostanze inquinanti.**

Per gli autori della ricerca, l'elevata mortalità delle aree del Nord Italia, legata all'elevato inquinamento atmosferico ed al suo ristagno a causa delle condizioni climatiche e

¹⁰ Nei mesi di dicembre e gennaio dello scorso anno (2019), le concentrazioni di PM_{2,5} hanno raggiunto in Pianura Padana valori senza precedenti, simili a quelli che caratterizzano la regione di Hubei, in Cina, dove è stato registrato il primo picco di infezione da COVID-19.

¹¹ I drammatici **effetti sull'inquinamento** (atmosferico, ma anche di suolo e acque) e **salute di agricoltura e allevamenti intensivi** è testimoniato – anche solo a livello statistico – dal fatto che, nelle 4 regioni della pianura Padana si concentra **oltre l'85% di tutti i suini allevati in Italia, e oltre i 2/3 di tutti i bovini nazionali.** Una densità di animali allevati che ha pochi eguali in Europa e che rappresenta l'equivalente in peso di 50 milioni di esseri umani.

topografiche della regione, dipenderebbe da **una diffusione “indiretta” del virus per “sospensione” delle particelle virali in aria** (grazie al particolato), che si è **sommata a quella diretta**, cioè al contagio da individuo a individuo. Questo, spiegherebbe anche come mai, il virus non si sia diffuso con la stessa virulenza in altre aree caratterizzate da elevato inquinamento dell'aria, come ad esempio Taranto. Se confermata, questa ipotesi potrebbe garantire un maggiore livello di controllo dell'infezione da COVID-19, attraverso il monitoraggio delle concentrazioni di inquinanti e dei fenomeni meteorologici che favoriscono il ristagno.

I margini di incertezza dello studio della SIMA, appaiono certamente più ampi, rispetto alla prospettiva offerta, dallo studio diffuso agli inizi di aprile 2020 (Updated April 5, 2020), dal titolo **“[Exposure to air pollution and COVID-19 mortality in the United States](#)”**, condotto dai ricercatori del **Department of Biostatistics, Harvard T.H. Chan School of Public Health, Boston, MA, 02115, USA**: Xiao Wu MS, Rachel C. Nethery PhD (*Lead authors*), M. Benjamin Sabath MA, Danielle Braun PhD, Francesca Dominici PhD. Questo studio ha indagato la esistente relazione tra esposizione a lungo termine a PM 2.5 e il rischio di morte COVID-19 negli Stati Uniti e – va detto per dovere di cronaca – è stato diffuso ai media, **in via preliminare**, sotto forma di **pre-print**, ovvero lo *step* che viene subito prima di passare per il **processo di revisione tra pari (peer-review)**, come previsto per tutte le pubblicazioni scientifiche¹². La scelta tra pubblicare con urgenza risultati ritenuti rilevanti o attendere la verifica e l'accreditamento in accordo alle regole della comunità scientifica è da sempre dibattuto, e la riflessione è tanto più importante in situazioni come quella che stiamo vivendo per la pandemia COVID-19, con la necessità di dare ai cittadini informazioni e indicazioni credibili, univoche, e il più possibile basate su evidenze scientifiche, pure essendo consapevoli che su molti aspetti le evidenze sono ancora incerte.

All'inizio di aprile 2020, dunque, i ricercatori di **Harvard** hanno annunciato il **primo studio a livello americano**, che indaga sull'inquinamento dell'aria e sul rischio di morte da COVID-19, sulla base di una ricerca condotta su **3.000 Contee degli Stati Uniti**, con un campione di **circa 95 milioni di pazienti ultra sessantacinquenni** (utenti del sistema assicurativo Medicare), che raccolgono **il 98% della popolazione statunitense**, i cui dati sono stati raccolti dal **Johns Hopkins University, Center for Systems Science and Engineering Coronavirus Resource Center, fino 22 aprile 2020**, allo scopo di tracciare, appunto, i collegamenti tra l'esposizione al **particolato fine (PM 2.5)** e la probabilità di correlazione di possibile di morte a causa del virus COVID-19. Il principale, e iniziale, **risultato di questo studio** è stato che, l'esposizione

¹² Per **favorire la diffusione dei risultati scientifici durante la pandemia**, molte riviste scientifiche permettono di visualizzare i lavori, prima che siano sottoposti al rigoroso metodo di revisione scientifica, che ne garantisce la robustezza in termini di risultati e metodologie, ma che può ritardare la pubblicazione per un periodo che va da pochi mesi fino a più di un anno. Se è vero, che è necessario aspettare che gli articoli facciano il loro percorso per ricevere il **sigillo di credibilità scientifica**, è anche vero che i dati sui quali si basano molti di questi lavori, sono condivisi in rete per garantire la trasparenza dei risultati. Inoltre, **i lavori scientifici finora pubblicati generalmente concordano sul fatto che l'inquinamento atmosferico può essere una causa dell'aumento dei decessi legati al COVID-19 e può favorirne la persistenza nell'aria e, quindi, la sua diffusione.**

all'inquinamento da particolato fine (PM 2.5) potrebbe aumentare drammaticamente la mortalità del COVID-19: infatti, è emerso che **per ogni $\mu\text{g}/\text{metro cubo}$ ¹³ in più di particolato PM 2.5** presente nell'aria, si assiste ad un **aumento di circa 630 decessi all'anno** (pari ad un **aumento della mortalità del 15 %**) e a **quasi 5.700 ospedalizzazioni**. Oltre al significativo aumento nel numero di decessi, tutto ciò si traduce, anche, in un costo addizionale di 100 milioni di dollari per le cure e di circa 6,5 miliardi di dollari legati alle perdite di vite umane. E' da tenere presente che, negli Stati Uniti, i **limiti giornalieri da non superare** per le **PM2.5** sono **$12 \mu\text{g}/\text{m}^3$** , mentre quelli **annuali** sono di **$34 \mu\text{g}/\text{m}^3$** . L'aumento di un solo microgrammo si verifica, in media, per circa 120 giorni all'anno, per ogni regione del paese.

Adeguando la metodologia dell'analisi statistica alle variazioni di diversi fattori quali le **dimensioni della popolazione**, il **numero di persone sottoposte a test per il virus** e la **prevalenza dell'obesità e del fumo**, i ricercatori hanno scoperto che, a lungo termine, un **aumento della concentrazione media di particolato di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$** , ha determinato appunto

HARVARD UNIVERSITY HARVARD.EDU

COVID-19 PM2.5

A national study on long-term exposure to air pollution and COVID-19 mortality in the United States

Home People About News Related Work

Exposure to air pollution and COVID-19 mortality in the United States: A nationwide cross-sectional study (Updated April 24, 2020)

Latest News

[New Research Links Air Pollution to Higher](#)

quel tasso di mortalità del 15 % superiore, e citano un esempio molto significativo al riguardo: se Manhattan (New York) avesse una concentrazione di PM 2.5¹⁴ leggermente inferiore – anche solo $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - ci sarebbero stati 248 morti in meno, entro il 4 aprile di quest'anno. “Questa relazione non è sorprendente, data l'abbondanza di prove scientifiche per gli impatti dannosi del particolato fine” afferma Aaron Bernstein, direttore del **Center for Climate, Health, and the Global Environment** presso la **Harvard T.H. Chan School of Public Health**, che pure non è stato coinvolto nello studio.

In una revisione dello studio effettuata il 24 aprile 2020, analizzando i dati più recenti (22-04-2020), sono stati anche adeguati e ricalibrati ai seguenti ulteriori possibili **fattori di**

¹³ μg è il simbolo del microgrammo, definito come un sottomultiplo del grammo: esattamente a 1 milionesimo di grammo (10^{-6} g, o equivalentemente a 1 miliardesimo di chilogrammo (10^{-9} kg). $1 \mu\text{g} = 10^{-6}$ g = 10^{-9} kg.

¹⁴ Le **polveri sottili** identificate come **PM2.5**, includono particelle di aerosol atmosferico (particolato aerodisperso) di **dimensioni inferiori a 2.5 millesimi di millimetro**. Si tratta di **particolato assai insidioso** perché, a differenza delle particelle di maggiori dimensioni (PM10), esse possono penetrare **negli alveoli polmonari** dove viene scambiato l'ossigeno e finiscono nel circolo provocando quindi **conseguenze non solo nei polmoni, ma anche in altri organi vitali**. Non solo **indeboliscono il sistema immunitario** e alimentano l'infiammazione nei polmoni, ma la loro penetrazione nell'organismo favorisce anche diverse patologie (cardiopatie, diabete, **problemi respiratori** e **ipertensione**) che aumentano le complicazioni nei pazienti affetti da COVID-19. Queste **micro particelle inquinanti e cancerogene** prodotte principalmente dal consumo di combustibili fossili, come carbone e petrolio (scarichi industriali, delle auto e dei riscaldamenti, ecc.) e, quindi, rappresentano un ovvio collegamento con il problema della mitigazione del riscaldamento globale.

confusione (per non alterare i risultati statistici¹⁵): **densità di popolazione, status socio-economico, percentuale di fumatori, tasso di obesità, variabili climatiche, livello di istruzione** (come è noto, incide sullo stato di salute), numero di tamponi per la positività al virus effettuati, disponibilità di letti negli ospedali e anche le tempistiche delle politiche di allontanamento sociale. Di conseguenza, la nuova constatazione è stata rettificata nel modo seguente: ad un aumento di 1 µg/m³ nel PM2,5 è associato a un **aumento dell'8% del tasso di mortalità COVID-19** (intervallo di confidenza del 95% [CI]: 2%, 15%). Nel commentare questi risultati, la dott.ssa Francesca Dominici, ha affermato: *“i risultati ottenuti sono statisticamente significativi e robusti, con un intervallo confidenziale – vale a dire, il margine di veridicità – del 95 %”, e che anche l’Istituto superiore di sanità (ISS) e il Consiglio superiore di sanità (CSS) hanno definito molto robusto¹⁶. È un risultato che non ha sorpreso chi studia gli effetti delle polveri sottili sulla salute. Sappiamo già che l’esposizione di lungo periodo al micro-particolato causa infiammazioni ai polmoni e problemi cardiocircolatori. E sappiamo che le persone con problemi al sistema respiratorio e cardiocircolatorio contagiate da COVID-19 hanno un tasso di letalità più alto”*.

Alla luce di questa non indifferente correzione, la ricerca ed i relativi risultati, sono stati inviati alla rivista scientifica *“New England Journal of Medicine”* ma, inizialmente, è stata pubblicata, nella **versione non referenziata**, sulla rivista **MedRxiv** (Esposizione all'inquinamento atmosferico e alla mortalità COVID-19 negli Stati Uniti: Una sezione trasversale a livello nazionale - [Exposure to air pollution and COVID-19 mortality in the United States: A nationwide cross-sectional study](#)) ed è stata anche illustrata sull'**Harvard Magazine** attraverso un'intervista alla responsabile del gruppo di ricerca, la PhD **Francesca Dominici** (per altro, unica scienziata italiana del team di lavoro).

E' importante evidenziare, a questo punto, che non è la prima volta che viene riscontrato un legame tra inquinamento dell'aria e pericolosità del Cov-Sars-2, ma è inscudibile il fatto che lo **studio di Harvard** poggia su solide basi numeriche. Si tratta infatti di **un'analisi di «biostatistica»**, quella disciplina che impiega calcoli statistici su grandi quantità di dati per la ricerca medica e biologica. Esso si sofferma, pertanto, principalmente sugli **aspetti statistici¹⁷** e, aspetto assai importante, **non spiega (né intende farlo) gli effetti fisiologici e clinici dell'inquinamento sulla malattia causata dal COVI-19**, ma può essere molto utile per chi deve organizzare **la risposta sanitaria all'epidemia**. *«Ci dice che le zone più inquinate vedranno un numero maggiore di malati gravi, una volta che si diffonde il contagio e, quindi,*

¹⁵ E' importante evidenziare a questo proposito, che la ricercatrice **dott.ssa Francesca Dominici**, oltre che essere una delle massime autorità in materia, è assai nota per aver sviluppato un **metodo di calcolo molto efficace**, proprio nell'eliminare le **interferenze statistiche**.

¹⁶ Durante la conferenza stampa settimanale all' **Istituto Superiore di Sanità** – in concomitanza con la pubblicazione dello studio - il presidente **Silvio Brusaferrò** lo ha definito *“uno studio assolutamente solido, che sollecita una riflessione importante. I ricercatori dell'Iss lavoreranno su questo scenario, che va tenuto in considerazione nella fase 2”*.

¹⁷ Dominici e il suo team, nella pubblicazione dei dati e dei risultati, hanno **reso pubblico persino il codice computazionale** ([qui](#)) usato per realizzare lo studio, affinché *“tutti possano analizzare i nostri dati e applicare la nostra analisi ai loro dati e ad altre regioni del mondo: è essenziale paragonare i risultati e avere la migliore informazione possibile per organizzare la risposta sanitaria all'epidemia. Noi continueremo ad aggiornare l'analisi man mano che aumenteranno i casi: purtroppo ci saranno molte altre vittime negli Usa”*.

che lì le contromisure, come il distanziamento fisico, sono ancora più importanti. Ma anche che bisogna preparare le strutture mediche perché le persone infette svilupperanno **sintomi più pesanti** rispetto a quelle che hanno sempre respirato aria pulita» chiarisce Dominici.

Distribuzione geografica dei decessi

pazienti deceduti e positivi all'infezione da SARS-CoV-2

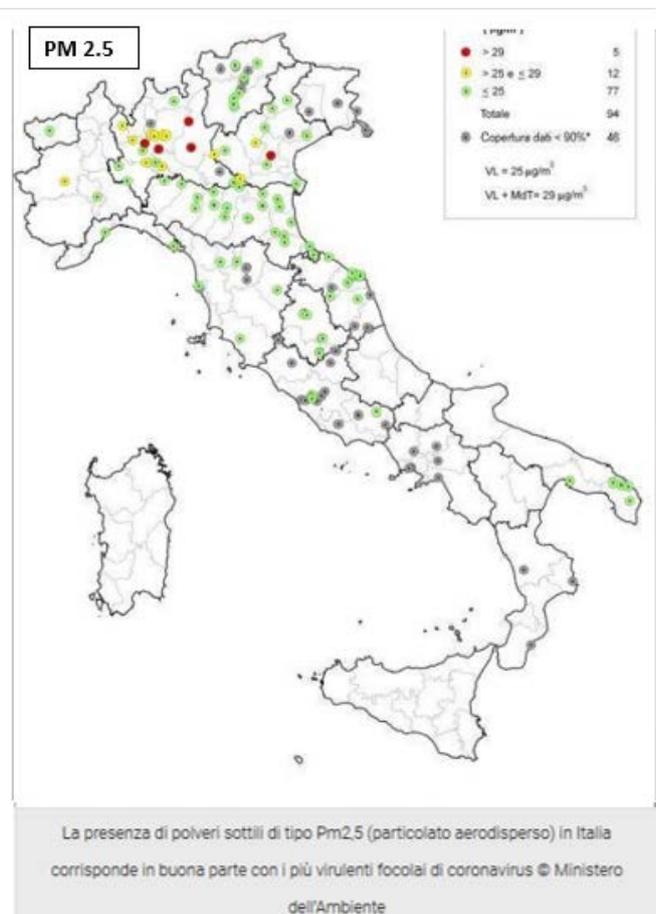


EpiCentro

Secondo diversi esperti e studiosi, lo studio del **Department of Biostatistics, Harvard T.H. Chan School of Public Health**, può anche essere applicato, sia alla **situazione europea**, che e a quella **italiana** e, in particolare, alla **PIANURA PADANA**, ovvero la zona più colpita dal COVID-19: secondo i più recenti dati comunicati dall'ISS, infatti, in Lombardia, Emilia Romagna, Piemonte e Veneto si contano ben l'85 % aggiornare ad oggi dei morti totali (dei 14860 casi di decesso, al 6 aprile 2020).

La normativa europea prevede un limite annuale di $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (mentre l'Organizzazione Mondiale della Sanità prevede un limite massimo di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ma non risultano limiti giornalieri. Oggi, si stima che **in Europa circa 450.000 persone all'anno** siano vittime dell'inquinamento da **PM2,5** (soprattutto i più anziani, esposti per anni a livelli di inquinamento che hanno compromesso il loro sistema respiratorio). Nonostante un lento miglioramento, nel 2019 ben **55 capoluoghi di provincia italiani** avevano superato il limite consentito di polveri sottili nell'aria, e secondo Legambiente solamente nel mese di gennaio 2020 erano già cinque le città 'fuorilegge', di cui quattro ([Milano](#), [Padova](#), [Torino](#) e [Treviso](#)) nelle tre regioni oggi più colpite dal virus.

Tra queste **la provincia più tristemente colpita**, soprattutto per i casi fatali, è quella di **Bergamo**. **Nel capoluogo i decessi sono quasi quadruplicati passando da una media di 110 casi negli anni dal 2015 al 2019 a 430 nel 2020 (dal 24 febbraio al 21 marzo)**. A titolo di puro esercizio ho estratto dal database sulla qualità dell'aria dell'[Agenzia dell'Ambiente Europea](#) (EEA), i valori medi



annuali, massimi e minimi giornalieri dell'inquinamento da PM2.5 nelle città di Bergamo e Cremona. I dati sono disponibili soltanto per gli anni dal 2013 al 2018.

Anno	Bergamo			Cremona		
	Media annuale	Massimo giornaliero	Minimo giornaliero	Media annuale	Massimo giornaliero	Minimo giornaliero
2013	23.17	79.50	1.59	27.16	126.04	2.98
2014	20.20	89.00	2.00	25.28	105.55	3.07
2015	25.67	83.30	3.00	29.29	131.06	2.10
2016	22.07	114.40	1.30	25.50	131.06	1.75
2017	26.35	169.80	2.10	28.94	157.10	2.11
2018	21.33	78.00	1.00	23.38	79.25	2.77

Valori medi delle emissioni di PM2.5 nelle città di Bergamo e Cremona [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Considerazioni conclusive sullo studio di Harvard

Dato che, è ragionevole che ci possa essere un collegamento o un nesso causale tra inquinamento atmosferico da particolato e diffusione del COVID-19, questa pandemia e le possibili future pandemie diventano un nuovo, importante motivo per ripulire la nostra aria, perché è convinzione diffusa che non sia saggio non prestare attenzione alle misure necessarie a contenere l'inquinamento atmosferico quando sappiamo di avere a che fare con una pandemia di un virus che attacca, almeno inizialmente, i polmoni.

Oltre ai benefici più diretti legati alla ricerca per le cure del coronavirus, i risultati del gruppo di *Harvard* possono, in teoria, anche aiutare i funzionari della sanità pubblica a distribuire risorse come, ventilatori e respiratori, durante la diffusione del virus.

Stephen Holgate¹⁸ (Università di Southampton-UK), afferma che, se c'è un nesso causale, la riduzione dell'inquinamento atmosferico ora potrebbe aiutarci ad affrontare le malattie future: *"Questa non sarà l'ultima pandemia che vediamo"*. Non a caso, si legge proprio nelle conclusioni della ricerca, che *"è importante aumentare gli sforzi per fermare l'inquinamento da polveri sottili, per proteggere la salute del genere umano durante, ma anche dopo la crisi della COVID-19"*.

Un **team di ricerca tutto Italiano** (Edoardo Conticini e Bruno Frediani¹⁹, e Dario Caro²⁰), condotto dal dott. Dario Caro - **scienziato ambientale dell'Università di Aarhus (Danimarca)** - ha pubblicato sulla rivista scientifica *"Environmental Pollution"* uno studio dal titolo **"Can atmospheric pollution be considered a co-factor in extremely high level of SARS-CoV-2 lethality in Northern Italy?"** (*Elsevier - Environmental Pollution - Volume 261, June 2020, 114465*) un *paper* scientifico che conferma, anche nel caso italiano, che l'alto livello di inquinamento nel Nord Italia, dovrebbe essere considerato una concausa (un **co-fattore**) che

¹⁸ Stephen Holgate è professore clinico di Immunofarmacologia e medico consulente onorario in medicina presso l'Università di Southampton.

¹⁹ Unità di Reumatologia, Dipartimento di Medicina, Chirurgia e Neuroscienze, Università di Siena, Policlinico Le Scotte.

²⁰ Dipartimento di Scienze Ambientali, Università di Aarhus (Department of Environmental Science, Aarhus University), Frederiksborgvej 399, Roskilde, Denmark.

contribuisce ad aggravare la malattia causata dal SARS-CoV-2, testimoniato anche dell'alto livello di mortalità registrato nella zona della Pianura Padana".

L'analisi svolta spiega, tra l'altro, come le regioni più colpite (Lombardia, Piemonte, Emilia Romagna e Veneto), siano localizzate in una delle aree con il tasso di inquinamento atmosferico più alto d'Europa e in Italia: la Pianura Padana.

Il tema di ricerca, ha preso spunto dai **dati del satellite Aura della NASA**, che hanno confermato i livelli molto elevati di inquinamento atmosferico proprio in queste due regioni (Lombardia e Piemonte); questi dati, poi, sono stati confrontati con il c.d. **Air Quality Index**, o Indice di Qualità dell'Aria, sviluppato dall'**Agenzia Europea dell'Ambiente (EEA)**, una **misura della qualità dell'aria**, sulla base dei dati raccolti presso diverse migliaia di stazioni di misurazione in tutta Europa, fornendo una visione geografica della prevalenza di una serie di fonti inquinanti nell'UE. Le cifre parlano da sole: la popolazione delle regioni del Nord Italia vive in un livello di inquinamento atmosferico più elevato, e questo può portare ad una serie di complicazioni per i pazienti con COVID-19 in queste aree, semplicemente perché il loro corpo potrebbe essere già stato indebolito dall'esposizione accumulata all'inquinamento atmosferico quando contraggono la malattia. **Dario Caro** spiega che *"la situazione nelle regioni italiane è stata una sfida per diversi anni, con alti livelli di inquinamento atmosferico che si sono accumulati per un lungo periodo di tempo nella popolazione. È, quindi, improbabile che ci sia motivo di immaginare che le persone in Danimarca siano esposte agli stessi fattori o agli stessi livelli di inquinamento delle persone nel Nord Italia, dove le autorità cercano di ridurre i livelli di inquinamento da molti anni.*

Sebbene in tutto il Mondo, si assista ad approcci diversi da quelli delle autorità dei vari Paesi, nelle condizioni di salute pubblica generale dei Paesi, negli standard e nella disponibilità dei sistemi sanitari nazionali dei vari Paesi, secondo il dott. Caro, questo *"non spiega la prevalenza e il tasso di mortalità che stiamo vedendo nel Nord Italia, rispetto al resto d'Italia. Questo alimenta la speranza di aver trovato un altro fattore per capire l'alto tasso di mortalità della malattia nel Nord Italia"*. Il punto, infatti, è che le persone che vivono nelle regioni più inquinate, hanno maggiori probabilità di sviluppare **malattie respiratorie croniche** e, di conseguenza, sarebbero più esposte ai rischi per la salute se contagiati da un virus come il COVID-19. Non è un caso, infatti, afferma il dott. Caro, che *"Gli abitanti nelle zone più inquinate avevano un livello più elevato di cellule infiammatorie delle citochine, il che li rende potenzialmente più vulnerabili al nuovo coronavirus"*. In particolare, in una delle valli esaminate nella provincia di Bergamo all'elevato tasso di concentrazione industriale (uno dei più alti d'Italia) sia associa anche il fenomeno di accumulo dell'inquinamento atmosferico, a causa di particolari fenomeni geo-morfologici locali; quest'area specifica di studio è anche quella che ha dovuto registrare, purtroppo, una mortalità eccezionalmente alta per COVID-19 (al momento della stesura della ricerca si avevano questi valori: il 12% dei pazienti infetti muore, rispetto a una media di circa il 6,4% a livello globale), a conferma l'esposizioni prolungate a stati di forte inquinamento e persistente inquinamento atmosferico, a lungo termine, danneggiano le vie aeree superiori degli abitanti, rendendoli più sensibili alle patologie respiratorie croniche.

Oltre a questo, il documento sull'inquinamento ambientale, suggerisce un meccanismo più specifico, che potrebbe esacerbare la mortalità della COVID-19 nelle regioni inquinate. **Dario Caro, scienziato ambientale dell'Università di Aarhus e autore dello studio**, spiega che sia l'inquinamento dell'aria, che il COVID-19, causano un **aumento dell'infiammazione legata alle citochine** - in sostanza una reazione eccessiva del sistema immunitario quando si cerca di difendersi da tossine e virus. "*L'importanza del documento è la correlazione che abbiamo trovato dalle azioni dell'inquinamento nel sistema immunitario e dalle azioni del virus*", dice Caro. L'inquinamento atmosferico – riafferma lo studio - compromette la prima linea di difesa delle vie aeree superiori, ovvero le ciglia (Cao et al., 2020), per cui un soggetto che vive in una zona con alti livelli di inquinanti è più soggetto a sviluppare patologie respiratorie croniche e adatto a qualsiasi agente infettivo. Inoltre, come abbiamo sottolineato in precedenza, una prolungata esposizione all'inquinamento atmosferico porta ad uno stimolo infiammatorio cronico, anche in soggetti giovani e sani: questo, secondo il team di ricerca, può spiegare – seppure solo parzialmente - una maggiore prevalenza e letalità di un nuovo agente virale, molto contagioso, come la SARS-CoV-2, tra una popolazione che vive in aree con un livello di inquinamento atmosferico più elevato, soprattutto se si considera **l'età media relativamente alta di questa popolazione** (anziani), spesso anche già **affetti da altre comorbidità**. Ne deriva che le difese delle ciglia e delle vie aeree superiori potrebbero essere state indebolite, sia dall'età che dall'esposizione cronica all'inquinamento atmosferico, il che, a sua volta, potrebbe facilitare l'invasione del virus permettendogli di raggiungere le vie aeree inferiori. Successivamente, un sistema immunitario disordinato e debole, innescato dall'esposizione cronica all'inquinamento atmosferico, può portare alla **Sindrome da distress respiratorio acuto (ARDS- Acute respiratory distress syndrome)** e, in caso di gravi comorbidità respiratorie e cardiovascolari, anche alla morte. Inoltre, stabilito scientificamente che l'esposizione prolungata all'inquinamento atmosferico potrebbe indurre delle modifiche persistenti del sistema immunitario (Tsai et al., 2019), neppure gli eventuali cambiamenti, anche a breve termine, del livello di qualità dell'aria, riuscirebbero a spezzare questo circolo vizioso. E quest'ultima constatazione potrebbe essere supportata dall'alto tasso di mortalità persistente, nonostante l'enorme riduzione dei livelli di inquinamento atmosferico in Lombardia dall'inizio dell'epidemia.

Secondo il team di ricerca, naturalmente, le considerazioni sin qui espresse, non devono comunque trascurare **altri co-fattori critici**, responsabili dell'alta contagiosità e della mortalità di questa malattia, in così rapida diffusione; co-fattori come la struttura dell'età della popolazione colpita, le grandi differenze tra i sistemi sanitari regionali italiani, la capacità dei reparti di terapia intensiva delle Regioni e le politiche di prevenzione adottate dal Governo, infatti, hanno svolto un ruolo fondamentale nella diffusione della SARS-CoV-2, presumibilmente più dell'inquinamento atmosferico stesso. Altro elemento da tenere in grande considerazione, ai fini dei risultati dello studio, è che il grosso lavoro di ricerca dell'Università di Aarhus ha **valutato il tasso di mortalità solo in due regioni italiane**, per cui - vista la dimensione pandemica della Covid-19 - sarà interessante valutare se, analogamente, si registrerà una maggiore letalità anche nelle regioni più inquinate del mondo. Infine, sono urgentemente necessari studi sperimentali ed epidemiologici per

valutare il ruolo dell'inquinamento atmosferico in alcune popolazioni: la valutazione dei livelli bronchiali e sierologici delle **citochine infiammatorie** rappresenta la chiave di volta per una più profonda comprensione dei meccanismi che portano ad una prognosi più sfavorevole. Afferma infatti Caro: *“Poiché l'infiammazione delle citochine è il primo passo per morire di coronavirus, possiamo dire che questo passo, per le persone che vivono in una zona inquinata è già, praticamente effettuato”*, con l'aggravante che, questo fenomeno, vale anche per i giovani e per le persone altrimenti sane.

In ogni caso, sebbene in tema di presunte correlazioni tra coronavirus e inquinamento atmosferico, il dibattito resta molto aperto, da questo studio emerge il fatto che **non si può parlare di relazioni causa-effetto**, perché sono **necessari altri studi** per approfondire diversi altri elementi. Gli autori della ricerca, molto correttamente secondo chi scrive, ritengono di dover precisare che, stanti i diversi fattori che influenzano il decorso della malattia dei pazienti, e in tutto il mondo si stiano trovando dei collegamenti e delle spiegazioni su ciò che sia effettivamente molto importante, sottolineare che i **risultati ottenuti** dallo studio, **non sono una contro-argomentazione ai risultati già ottenuti**.

“Al momento, tutte le nuove conoscenze sono preziose per la scienza e le autorità, e considero il nostro lavoro come un supplemento al pool di conoscenze sui fattori importanti per il decorso della malattia dei pazienti”, conclude lo scienziato ambientale Dario Caro.

In un **articolo pubblicato** su **Science of the Total Environment ELSEVIER**, *“Assessing nitrogen dioxide (NO₂) levels as a contributing factor to coronavirus (COVID-19) fatality”* del *Department of Remote Sensing and Cartography, Institute of Geosciences and Geography, Martin-Luther University Halle-Wittenberg, Halle (Saale)* dello scorso 11 aprile, il cui gruppo di ricerca è stato guidato dal geoscientista **Yaron Ogen**, viene esaminata la relazione tra esposizione a lungo termine al biossido di azoto (NO₂ un inquinante altamente tossico generato dalle automobili e altre combustioni) e mortalità da coronavirus COVID-19 a livello regionale in Italia, Spagna, Francia e Germania.

Nella ricerca si ricorda innanzitutto che l'esposizione prolungata agli ossidi di azoto può provocare diversi **problemi di salute** nella popolazione, come ipertensione, diabete e malattie cardiovascolari. Scrive, infatti, il coordinatore della ricerca Yaron Ogen: *“Avvelenare il nostro ambiente significa avvelenare il nostro stesso corpo, e quando subisce uno stress respiratorio cronico la sua capacità di difendersi dalle infezioni è limitata”*. Così lo studio ha analizzato i **dati satellitari** sull'inquinamento

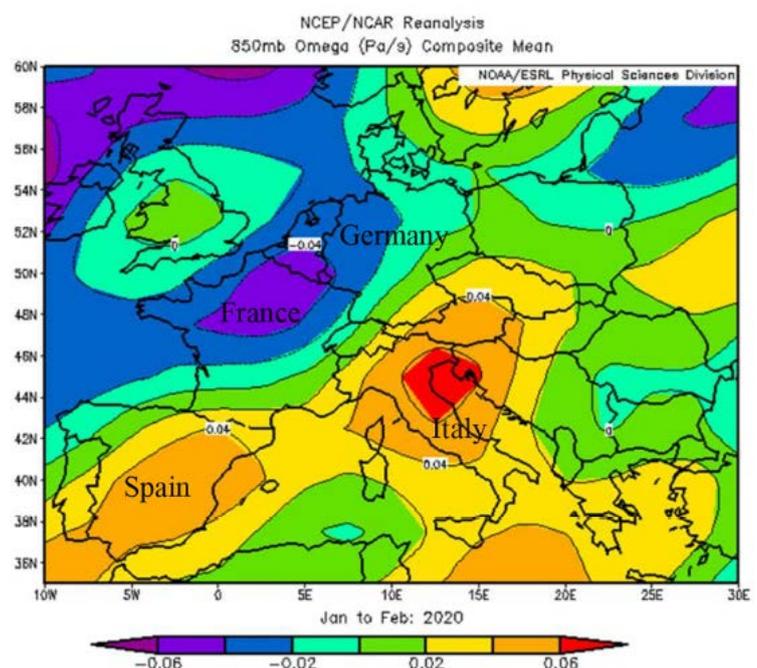
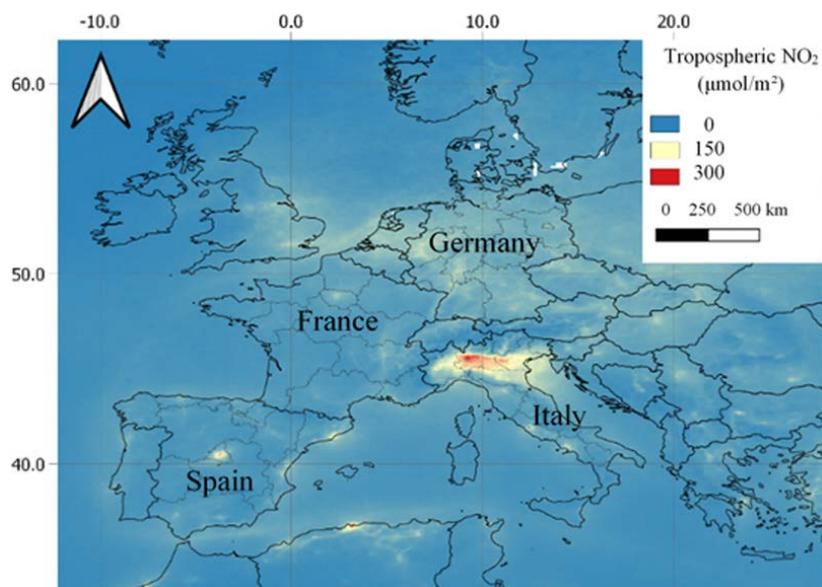


Fig.2. The vertical air flow (omega) at 850 mb (~1500 m above sea level).

atmosferico da **NO₂** in 66 regioni amministrative in quattro paesi – **Italia, Francia, Germania, Spagna** – incrociandoli con il **numero di decessi** per coronavirus. Dai risultati, evidenzia la ricerca, è emerso che **i punti caldi di mortalità**, che rappresentano il **78% dei decessi** (precisamente 3.487 su 4.443), si è concentrato in sole **cinque regioni**; e tra queste, **ben quattro** sono localizzate **nel Nord Italia**, con Lombardia in testa (2.168 decessi) davanti a Emilia Romagna, Piemonte e Veneto. L'altra zona più colpita è la capitale spagnola, Madrid. Tutte aree con le più alte concentrazioni di NO₂, in combinazione con condizioni atmosferiche, che prevenivano un'efficace dispersione dell'inquinamento. Più in dettaglio, si legge nel documento, i dati satellitari analizzati riguardano le concentrazioni di NO₂ nella troposfera nei mesi di **gennaio e febbraio 2020**, quindi prima della piena diffusione del coronavirus in Europa, con le conseguenti misure di *lockdown*. In sostanza, la **pianura Padana** è stata definita un **"hotspot"** nella ricerca, cioè un'area con concentrazioni particolarmente elevate di ossidi di azoto, combinate con particolari **condizioni ambientali** (si parla ad esempio delle caratteristiche dei flussi d'aria nell'atmosfera) che impediscono la dispersione dei gas tossici e geografiche, che favorirebbero il raggruppamento degli inquinanti: Ogen ha infatti notato che la Pianura Padana in Italia, e Madrid, sono circondate da montagne, che "aiuterebbero ad intrappolare l'inquinamento, così come la provincia di Hubei in Cina, dove è iniziata la pandemia. L'analisi – secondo il parere dello stesso Ogen – è in grado di mostrare **solo una forte correlazione**, non un nesso causale, pertanto si ritiene necessario *"esaminare se la presenza di una condizione infiammatoria iniziale, sia effettivamente correlata alla risposta al COVID-19 da parte del sistema immunitario"*. **Molti studi hanno collegato l'esposizione all'NO₂** a danni alla salute, e in particolare **alle malattie polmonari**, che potrebbero rendere più probabile la morte di persone che contraggono il COVID-19.

Il professor **Jonathan Grigg**, della *Queen Mary University* di Londra, pur riconoscendo che la ricerca di Yaron Ogen (così come già avvenuto con lo studio Harvard) abbia certamente mostrato un'associazione tra i decessi per COVID-19 e i livelli di NO₂ presenti nelle aree oggetto di ricerca, ritiene che essa potrebbe riflettere un nesso causale tra l'esposizione all'inquinamento atmosferico e l'aumento della vulnerabilità all'infezione mortale da COVID-19, ma che altri fattori non possono essere esclusi, in questa fase. Citando studi simili, ma che tengono conto anche di altri fattori, come l'età media e l'etnia della popolazione analizzata, oppure dei livelli di particolato, ritiene in ogni caso che si tratti ancora sempre di stime che analizzano vaste aree geografiche e non a livello di singoli individui,



conclude affermando che *“è ancora troppo presto per valutare i risultati in maniera significativa”*.

Jenny Bates, un'attivista di *Friends of the Earth*, che sostiene una campagna contro l'inquinamento atmosferico, ha definito lo studio di Yaron Ogen e dei suoi collaboratori come *“preoccupante, in quanto è noto l'NO₂ è un gas tossico che produce infiammazioni a livello del rivestimento dei polmoni e riduce l'immunità alle infezioni polmonari, quindi non deve sorprendere che le persone che hanno sofferto in aree con alti livelli di NO₂ potrebbero essere più sensibili al coronavirus. Questo è un motivo in più per mantenere il più possibile bassi i livelli di traffico e di inquinamento e per uscire da questa terribile situazione, in vista di un minor numero di veicoli, meno inquinanti, che circolano sulle strade”*.

“Tuttavia, la mia ricerca è solo una prima indicazione che potrebbe esserci una correlazione tra il livello di inquinamento dell'aria, il movimento dell'aria e la gravità del corso delle epidemie di coronavirus”, ha detto Ogen in conclusione.

Uno degli ultimi studi pubblicati in Italia, sul **legame tra inquinamento e diffusione del COVID-19**, in ordine di tempo, è quello del **CNR-ISAC, pubblicato su Atmosphere-MDPI**, lo scorso 13 aprile, con il titolo ***“Does Air Pollution Influence COVID-19 Outbreaks?”***

Nel lavoro, si punta a dare risposte, sia sull'influenza che un'**esposizione progressa all'inquinamento** ha sulla vulnerabilità al virus, sia sul **“meccanismo di trasporto per diffusione in aria, senza contatto”** spiegano le ricercatrici **Daniele Contini²¹ e Francesca Costabile²²**. Per quanto riguarda il primo aspetto, secondo lo studio è *“plausibile che l'esposizione di lungo periodo all'inquinamento possa aumentare la vulnerabilità degli esposti al COVID-19 a contrarre, se contagiati, forme più importanti con prognosi gravi”*. Non è stato ancora stimato, però, il peso dell'inquinamento rispetto ad altri fattori. Gli effetti tossicologici del particolato atmosferico dipendono in maniera rilevante dalle caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche *“per cui – spiegano le ricercatrici – non è immediato tradurre valori elevati di parametri convenzionalmente misurati (PM2.5 e PM10), senza ulteriori caratterizzazioni, in una spiegazione diretta dell'aumento della vulnerabilità al COVID-19 o delle differenze di mortalità osservate”*. Tra l'altro, i dati recenti mostrano focolai in aree caratterizzate da livelli di inquinamento molto diversi e **“i dati sui contagi sono viziati da rilevante incertezza”**. Per quanto riguarda la **trasmissione del virus in aria**, anche in questo caso l'ipotesi è ritenuta *“plausibile – spiega Contini – anche se non è ancora stato determinato quanto incida rispetto ad altre forme di trasmissione quali il contatto diretto e il contatto indiretto tramite superfici contaminate”*.

Ma scendiamo un po' più nel dettaglio della ricerca: dal momento che, già all'inizio di aprile 2020, apparivano con sempre maggior evidenza notevoli differenze, in termini di **tasso di diffusione e di mortalità** nei focolai responsabili della **Sindrome respiratoria acuta grave coronavirus 2 (SARS-CoV-2)**, nei diversi paesi del mondo, queste differenze hanno sollevato importanti questioni legate all'influenza dei fattori atmosferici, come l'inquinamento

²¹ Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, ISAC-CNR, Str. Prv. Lecce-Monteroni km 1.2, 73100 Lecce, Italy.

²² Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, ISAC-CNR, Via Fosso del Cavaliere 1, 00133 Rome, Italy

atmosferico, sulla diffusione di COVID-19 (perché è così trasmissibile) e sul suo tasso di mortalità (perché è così diverso nel mondo e, addirittura, in diverse regioni dello stesso Paese).

Sebbene i ricercatori fossero consapevoli, da subito, del fatto che la forte complessità del tema è lungi dall'essere risolta, con diversi aspetti urgenti che richiedono ulteriori approfondimenti, si sono concentrati su **due aspetti specifici** nel tentativo di evidenziare le lacune critiche rilevanti per il futuro, quali sfide aperte per le attuali iniziative di ricerca, ponendosi le seguenti due “grandi domande”:

- 1) *“Qual è l'influenza dell'aerosol atmosferico, e più in generale dell'inquinamento atmosferico, nell'ottenere effetti sistemici indiretti (meccanismi di pro-infiammazione e ossidazione dei polmoni e processi di alterazione immunologica) che aumentano la vulnerabilità della popolazione al COVID-19”?*
- 2) La trasmissione aerea della SARS-CoV-2 può essere considerato un meccanismo plausibile? E, in caso affermativo, qual è la probabilità che si verifichi in ambienti esterni (*outdoor*) e interni (*indoor*)?
- 1) L'esposizione prolungata all'inquinamento atmosferico è stata collegata a infiammazioni respiratorie acute, attacchi d'asma e morte per malattie cardiorespiratorie in vari studi [2-6]. Il particolato fine (particelle con diametro aerodinamico inferiore a 2,5 µm, PM2.5) è considerato uno dei principali fattori di rischio ambientale per la salute, causando diversi milioni di morti all'anno a livello globale [7,8]. L'aerosol atmosferico può essere un co-fattore di effetti sistemici indiretti all'interno del corpo umano, associati a meccanismi di pro-infiammazione e ossidazione nei polmoni e negli organi extra-polmonari, così come a processi di alterazione del sistema immunitario. Sebbene possano essere presenti **effetti confondenti** (ad esempio, l'età delle persone esposte, il sesso, ecc.), la possibilità di un effetto dannoso dell'inquinamento atmosferico sulla prognosi dei pazienti affetti da COVID-19, è plausibile e merita ulteriori approfondimenti, come per altro già evidenziato da due studi, uno del 2003 (sull'influenza SARS nella Repubblica Cinese)²³ e uno del 2017 (sull'influenza suina, in Messico)²⁴.

Sebbene l'interpretazione dei dati sia ancora incerta, la possibilità che **l'esposizione agli inquinanti atmosferici**, possa contribuire ad **aumentare la vulnerabilità di una popolazione a COVID-19 è plausibile**. Tuttavia, si dovrebbe usare cautela nel tradurre valori elevati di metriche convenzionali di aerosol, come le concentrazioni di PM2,5 e PM10 senza analisi chimiche, fisiche e biologiche, in un aumento della vulnerabilità o in una spiegazione diretta delle differenze di mortalità osservate nei diversi paesi.

Infine, va notato che il ruolo dell'inquinamento è stato suggerito per spiegare parzialmente le differenze di mortalità osservate nel nord Italia rispetto ad altre regioni italiane, sulla base delle informazioni disponibili a metà marzo 2020. Va detto che i dati attuali sulla mortalità (e sui contagi) potrebbero essere influenzati da una rilevante incertezza dovuta alle diverse

²³ Cui, Y.; Zhang, Z.-F.; Froines, J.R.; Zhao, J.; Wang, H.; Yu, S.-Z.; Detels, R. Air pollution and case fatality of SARS in the People's Republic of China: An ecologic study. *Environ. Health* **2003**, *2*, 15. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)].

²⁴ Morales, K.F.; Paget, J.; Spreeuwenberg, P. Possible explanations for why some countries were harder hit by the pandemic influenza virus in 2009—A global mortality impact modeling study. *BMC Infect. Dis.* **2017**, *17*, 642. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

strategie utilizzate per il conteggio dei decessi relativi a COVID-19 e alle persone infette. Inoltre, recenti epidemie di COVID-19 hanno avuto luogo anche in aree (Spagna, USA, Regno Unito, Francia) caratterizzate da livelli di inquinamento molto diversi rispetto al nord Italia in inverno (e anche rispetto a Wuhan in Cina); non sono stati osservati (finora) focolai significativi, fortunatamente, in città molto popolate e inquinate dell'India. Ciò fa pensare che, nella diffusione di COVID-19 e nell'attuale valutazione della sua mortalità, sono potenzialmente coinvolte diverse variabili, come la distribuzione per età della popolazione, la densità demografica, le abitudini sociali, le misure restrittive applicate e le condizioni meteorologiche. Tutti questi fattori dovrebbero essere considerati in ulteriori studi, insieme all'inquinamento atmosferico, per stimare correttamente l'importanza (pesi) di ciascuno dei fattori nella diffusione di COVID-19, come recentemente suggerito dalla Società Italiana Aerosol.

2) Quando le persone infette vengono rilevate, non c'è modo di accertare con certezza secondo quale modalità sono state infettate perché l'approccio epidemiologico non fornisce informazioni conclusive su come il virus sia stato effettivamente trasferito. Inoltre, le possibili vie di trasmissione del virus respiratorio tra gli esseri umani sono diverse²⁵ (contatto diretto tra individui infetti e suscettibili o contatto indiretto mediato da un "fomite", ossia un oggetto o una superficie contaminata dal virus) e risulta difficile stimare il contributo relativo di ciascuna via. La trasmissione per via aerea può avvenire in due modalità distinte che non richiedono il contatto diretto:

- a) trasmissione tramite **grosse goccioline (>5 µm di diametro)** cariche di virus rilasciate da individui infetti tramite tosse o starnuto; queste goccioline vengono rapidamente fermate dalla resistenza dell'aria e rimosse per deposizione a secco, principalmente per sedimentazione gravitazionale, generalmente ad una distanza inferiore a 1-1,5 m dall'emissione.
- b) Trasmissione per mezzo di **piccoli aerosol (<5 µm di diametro)** carichi di virus rilasciati durante la respirazione, il vocalismo o il componente solido residuo dopo l'evaporazione delle goccioline, vengono inalati da un individuo sensibile; questi aerosol carichi di virus potrebbero rimanere nell'aria per ore e potrebbero essere trasportate e disperse dai venti e dai vortici turbolenti. Pertanto, è plausibile che questo meccanismo possa contribuire al contagio, anche se, per valutare l'effettiva probabilità di contagio e il suo peso rispetto ad altre vie di trasmissione (contatto diretto, attraverso i fomi, e trasmissione attraverso grosse goccioline) è necessaria la conoscenza di diversi parametri (le cui caratteristiche devono ancora essere studiate con successive ricerche), quali, tra gli altri:
 - concentrazione effettiva e distribuzione dimensionale degli aerosol carichi di virus nell'aria;
 - composizione chimica e biologica del bioaerosol;
 - durata di vita del virus nell'aerosol;

²⁵ Tellier, R.; Li, Y.; Cowling, B.J.; Tang, J.W. Recognition of aerosol transmission of infectious agents: A commentary. BMC Infect. Dis. 2019, 19, 101. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

- quantità minima di virus vitale che deve essere inalata per produrre l'infezione. Sono necessarie ulteriori ricerche per determinare le di questi ultimi parametri.

Anche se recenti lavori di ricerca²⁶ hanno dimostrato che la **SARS-CoV-2 aerosolizzata**, rimane vitale nell'aria con un **tempo di dimezzamento (o emivita)** dell'ordine di **1 h** in un **ambiente controllato in laboratorio**, è altamente probabile che l'emivita potrebbe essere diverso in ambienti esterni in relazione alle condizioni meteorologiche (temperatura, umidità relativa, radiazioni ultraviolette), le quali potrebbero degradare il virus. Pertanto, considerando il tipico volume d'aria coinvolto nella respirazione umana (0,5-1,5 m³/ora), la **probabilità di inalazione di virus vitali nell'aria in ambienti esterni (outdoor) è molto bassa**.

La situazione è diversa negli **ambienti interni (indoor)**: la sorgente è più intensa, la dispersione dovuta alla turbolenza, e la conseguente diluizione, è più limitata in spazi ristretti, e le condizioni ambientali meteorologiche come la temperatura, l'umidità relativa e le radiazioni UV sono più stabili, creando un ambiente più favorevole alla sopravvivenza del virus (es. negli ospedali, sono presenti diversi individui infetti in spazi ristretti e, magari anche, un cattivo ricambio d'aria, e/o una cattiva ventilazione meccanica /condizionamento. Le misurazioni effettuate nell'aria delle stanze di isolamento dove i pazienti con SARS-CoV-2 sono stati curati, hanno mostrato la presenza diffusa di RNA virale, indicando che le particelle virali possono essere diffuse nell'aria all'interno di ambienti chiusi tramite bioaerosol; tuttavia, **la presenza di una sequenza di RNA non è un chiaro segnale della sua vitalità**. Inoltre, in ambienti interni, potrebbe essere rilevante la deposizione di queste particelle su superfici, che rappresentano un maggiore rischio di trasmissione attraverso i fomite. Pertanto, il rischio di contagio attraverso aerosol carichi di virus trasportati dall'aria potrebbe essere più alto, in specifici ambienti interni, rispetto a quelli esterni.

Anche in questo caso, lo studio ha messo in evidenza la necessità di ulteriori ricerche, sia in ambienti interni che esterni, per studiare l'aerosolizzazione della SARS-CoV-2 durante la respirazione e la parola, le concentrazioni e la distribuzione dimensionale del virus nell'aria per diverse condizioni, così come le proprietà fisico-chimiche e biologiche, la durata e l'infettività del virus contenente il bio-aerosol.

L'Università di Cambridge, attraverso la propria *Medical research council (Mrc) Toxicology unit*, ha pubblicato sulla rivista scientifica **MedRxiv** la ricerca [Links between air pollution and COVID-19 in England](#), attraverso il quale vengono e documentati i legami tra l'inquinamento atmosferico e gli impatti di SARS-CoV-2 sulla popolazione inglese. Il team di ricercatori, tra i quali figura **anche l'italiano Marco Travaglio** come **co-autore**, professa prudenza ed evidenzia subito che il presente studio – come larga parte di quelli finora condotti sul tema – al momento **non è ancora stato sottoposto a revisione paritaria (peer-review)**, anche se

²⁶ Van Doremalen, N.; Bushmaker, T.; Morris, D.H.; Holbrook, M.G.; Gamble, A.; Williamson, B.N.; Tamin, A.; Harcourt, J.L.; Thornburg, N.J.; Gerber, S.I.; et al. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. *N. Engl. J. Med.* **2020**, 1–3. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

20. Kampf, G.; Todt, D.; Pfaender, S.; Steinmann, E. Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents. *J. Hosp. Infect.* **2020**, 104, 246–251. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

questi dati preliminari trovano supporto in quelli già raccolti in altri Paesi (tra i quali l'Italia) tanto da permettere di affermare che *“Dal momento che le condizioni di salute che conseguono all'esposizione prolungata ad ambienti con scarsa qualità dell'aria, sono notevolmente simili a quelle che provocano vulnerabilità al Coronavirus, è possibile affermare che il nostro studio si aggiunge alle crescenti prove in arrivo dal Nord Italia e dagli Stati Uniti, che sostengono, appunto, che alti livelli di inquinamento atmosferico, sono collegati ad un numero maggiore di casi mortali di Covid-19»*. Questa è la conclusione, cui sono giunti gli autori di della ricerca, sulla base dei **dati** raccolti da **oltre 120 stazioni di monitoraggio in tutta l'Inghilterra**, allo scopo di raccogliere informazioni sul tasso di infezione e di mortalità del coronavirus in base alla qualità dell'aria. L'ipotesi indagata dallo studio, mette in relazione una **prolungata esposizione ad alti livelli di inquinamento atmosferico** (in particolare gli NOx), con la letalità da Covid-19, in 7 Regioni inglesi, dove sono stati registrati almeno 200 morti e 200mila casi di contagio da Sars-Cov-2 ed i relativi livelli di inquinamento nelle aree (misurate in termini di concentrazioni di ozono a livello del suolo e NOx, (in particolare NO₂) registrati tra il 2018 e il 2019. In altre parole, dal confronto tra la media annuale dei livelli giornalieri di NOx e biossido di azoto con il numero di casi Covid-19 in ciascuna regione, il *team* di ricercatori, ha scoperto che questi erano correlati positivamente: più alti sono i livelli di inquinanti, maggiore è il numero di casi e decessi da Covid-19.

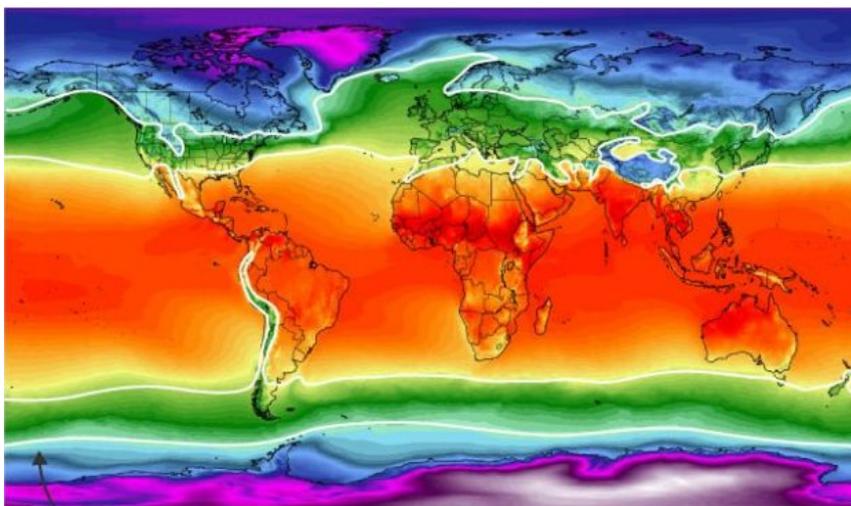
Partendo dalla considerazione che **l'esposizione a lungo termine agli inquinanti atmosferici** – come ampiamente dimostrato dalla lettura scientifica – sia “un noto fattore di rischio” per malattie cardiovascolari, diabete, malattie respiratorie croniche e cancro è stata effettuata la constatazione che tutte le patologie su elencate, erano malattie preesistenti in larga parte dei pazienti deceduti per Covid-19. Inoltre l'inquinamento atmosferico può «causare una risposta infiammatoria persistente e aumentare il rischio di infezione da virus che colpiscono il tratto respiratorio. Nello specifico, il team di Travaglio, ha analizzato i livelli di biossido di azoto (NO₂) e di monossido di azoto (NO) nelle varie zone, e dallo studio sembra emergere, appunto, un legame tra i livelli più elevati di inquinamento e il tasso di infezione e mortalità del virus²⁷, sebbene non ne sia ancora chiara la causa precisa, per la quale saranno certamente *“necessari ulteriori studi per confermare questi dati: dobbiamo cercare di rintracciare la causa della correlazione, più che un'eventuale prova a riguardo”*, sottolinea il ricercatore. La constatazione che i livelli di ossido di azoto si associano positivamente ai casi di infezione da COVID-19 e alla letalità, si concilia con le prove rilevate precedentemente, che dimostrano che elevati livelli di ossido di azoto atmosferico possono influenzare la propagazione e la gravità di altre epidemie. I dati aggregati quinquennali dei livelli di ossido di azoto, provenienti sia dalle aree industrializzate che da quelle rurali in Inghilterra, indicano che la **progressione del virus respiratorio sinciziale (RSV) è direttamente collegata alle variazioni stagionali dei livelli di ossido di azoto**. Mentre i meccanismi con cui l'ossido di azoto ambientale aggrava la gravità clinica dell'RSV rimangono poco chiari, è stato notato che, quando viene *inalato*, *questo gas deprime la produzione endogena di ossido di azoto* (Hobson e Everard, 2008).

²⁷ “I nostri risultati forniscono la prima prova che la letalità da Sars-Cov-2 è associata all'aumento dei livelli di NOx e biossido di azoto in Inghilterra. Londra, le Midlands e il Nord Ovest mostrano la maggiore concentrazione di questi inquinanti atmosferici, mentre le regioni meridionali i livelli più bassi nel Paese” afferma .

Per quanto riguarda l'ozono²⁸ lo studio individua, al contrario, una **correlazione negativa**: a bassi livelli di concentrazione dell'inquinante – rilevati in aree fortemente urbanizzate come Londra e le *Midlands* – corrispondono maggiori contagi e maggiori decessi da Covid-19: un fenomeno che i ricercatori suggeriscono, possa essere collegato all'elevata reattività dell'ozono e dunque alla sua conversione in altri elementi gassosi, un fenomeno già osservato nelle aree con elevato traffico veicolare.

In definitiva, i ricercatori affermano che, **la comunità scientifica non ha ancora maturato un ampio consenso sul tema**, anche se diversi indizi finora raccolti dalle ricerche condotte in materia, vanno in questo senso, almeno per ora, lo studio mostra **solo una correlazione** tra inquinamento atmosferico e peggioramento degli impatti di Covid-19 sulla salute e che, di conseguenza, sono necessarie ulteriori ricerche per confermare questa ipotesi: «È qualcosa che abbiamo già visto durante il precedente focolai di SARS nel 2003 – ricorda Martins – quando l'esposizione a lungo termine agli inquinanti atmosferici ha avuto un effetto dannoso sulla prognosi dei pazienti con SARS in Cina. Questo evidenzia l'importanza di ridurre l'inquinamento atmosferico per la protezione della salute umana, sia in relazione alla pandemia di Covid-19 e non».

Alcune altre ricerche scientifiche hanno rivolto maggiormente la propria attenzione allo studio delle **aree di diffusione della pandemia COVID-19 a livello mondiale**. Tra le teorie maggiormente riconosciute, vi è quella elaborata da un **pool di scienziati**, appartenenti a un gruppo internazionale di istituti di ricerca, tra cui l'**Università del Maryland** e il **Global Virus Network di Baltimore**, pubblicata sulla rivista **Social Science Research Network (SSRN)**, col titolo "**Temperature, Humidity and Latitude Analysis to Predict Potential Spread and Seasonality for COVID-19**". Gli studiosi hanno delineato una **correlazione**, tra la **diffusione della pandemia e le caratteristiche climatiche delle zone** in cui si è manifestata, studiandone latitudine, temperatura e umidità, identificando – grazie a queste 3 variabili – “uno stretto corridoio compreso **tra 30° e 50° di latitudine**, dove le **temperature medie** sono comprese **tra i 5°C e gli 11°C** e l'**umidità tra il 47% e il 79%**: qui la malattia è esplosa in modo più grave”. Questa fascia climatica, definita dagli studiosi **“cintura del Coronavirus”** (rappresentata in colore verde nell'immagine) è quella nella quale il Covid-19 è stato capace di proliferare molto.



²⁸ L'ozono è un sottoprodotto secondario dell'inquinamento atmosferico, legato al traffico ed è generato dalle reazioni della luce solare tra le emissioni dei veicoli a motore e i composti organici volatili.

Non a caso, queste condizioni climatiche sono condivise da **Nord Italia, Sud Corea, Francia, Germania, Iran, area Nord pacifica degli USA e Wuhan**, naturalmente. Nel periodo tra gennaio e febbraio 2020, in cui c'è stata la massima evoluzione, a Wuhan la temperatura media era di 6,8 °C a Piacenza di 8-10 e a Milano 6-9. Tutte queste aree posseggono anche un'altra caratteristica comune: l'esplosione epidemica coincide con **temperature relativamente stabili per un periodo superiore a un mese**. Non a caso le zone che potevano avere una emergenza maggiore, a causa della loro vicinanza con la Cina, non hanno visto un effetto simile. Invece, le zone "a rischio", a causa della loro vicinanza con la Cina (Thailandia, Vietnam, Cambogia, Myanmar) non hanno sperimentato effetti simili: a Bangkok, Thailandia, ci sono solo 80 casi; 47 sono quelli in Vietnam, solo 7 in Cambogia e in Myanmar nessuno. Questo accadrebbe, perché il **virus sopporta meglio il freddo**, avendo un rivestimento di sostanze grasse che, invece, si degrada quando la temperatura aumenta (esattamente ciò che accade nel corpo umano, e lo fa diventare virulento). Allo stesso tempo, però, il Coronavirus non è particolarmente virulento, quando si scende sotto gli 0 °C, lasciando supporre la difficoltà di sopravvivere a un freddo più rigido. Questa "cintura", ha portato molti studiosi a indicare, nel periodo estivo estate, una fase di recessione del Covid-19, anche se, come avvertono i ricercatori, *"...tutto questo vale se il virus non muta di nuovo, come ha già fatto una volta"* e, in ogni caso, gli esperti perché suggeriscono di non mettere la parola fine alla pandemia: questa, infatti, potrebbe sparire in estate, ma tornare di nuovo nel periodo autunnale.....

Com'era facile attendersi, lo studio del Maryland, non è rimasto l'unico, isolato, su di un tema che interessa molto il mondo scientifico, visto che **tutti sperano di poter dimostrare, che l'estate sarà una soluzione per la pandemia da COVID-19**, ma con il forte rischio che questa rimanga più un'illusione che altro: anche diverse **zone calde**, appartenenti all'altro emisfero, sono **state soggette, in ogni caso alla pandemia**.

- Ricercatori dell'Università di *Guangzhou* (Cina) hanno confermato che **la trasmissione del virus viaggia intorno agli 8,72° C**.
- Anche studiosi dell'Università di *Tsinghua* di Pechino, utilizzando dati del Centro cinese per il controllo e la prevenzione della malattia, hanno dimostrato che, in presenza di **temperature e umidità più basse, si sono verificati più casi di COVID-19, rispetto ad aree in cui faceva più caldo e l'umidità era più alta**.

Questi due studi, dovrebbero andare nella direzione di coloro che sostengono che **l'arrivo dell'estate potrebbe ridurre significativamente la trasmissione del virus**.

- **"Persistenza di Coronavirus su superfici inanimate e loro inattivazione con agenti biocidi"** è il titolo di una ricerca effettuata dalla *University Medicine Greifswald* e del Dipartimento di virologia molecolare e medica della *Ruhr University Bochum*, entrambe in Germania, che ha analizzato il **tempo di permanenza di Coronavirus simili sulle superfici**, evidenziando che i Coronavirus umani possono rimanere infettivi su superfici inanimate, per un massimo di 9 giorni e, in linea generale, **permangono più a lungo in situazioni fresche e umide**: a 4° C possono rimanere in vita per 28 giorni, a 30-40° C spariscono, in breve tempo. I ricercatori ritengono che questi risultati, si possono estendere anche al comportamento del SARS-CoV-2. Operativamente, questo studio

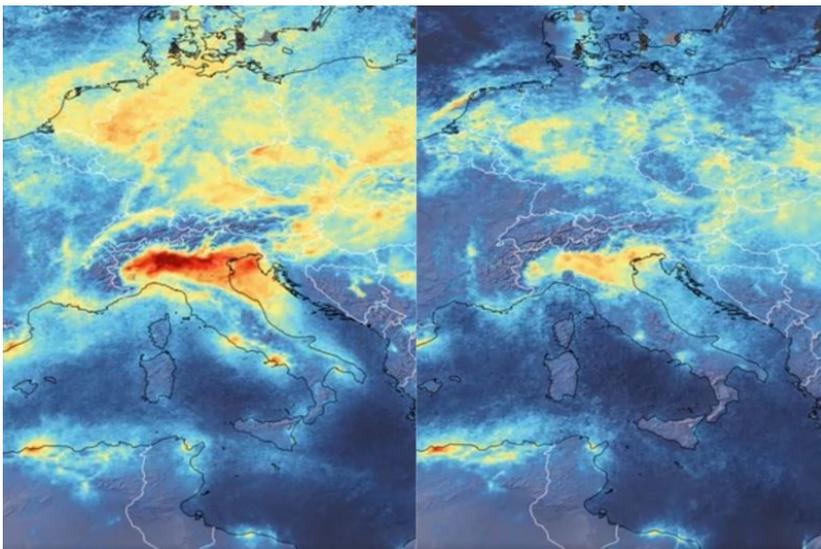
consiglia di **disinfettare ogni oggetto, con soluzioni al 60 % di alcol denaturato, o etanolo, acqua ossigenata, ipoclorito di sodio** capaci, entro 1 minuto di esposizione, di ridurre significativamente l'infettività del Coronavirus.

L'unica semi certezza, ad oggi, è che – grazie ai **modelli di calcolo elaborati del *Global Virus network*** - ora dovrebbe essere **possibile prevedere le prossime esplosioni del virus**, il che rende possibile mettere in atto misure di precauzione per evitare la diffusione.

“Understanding the Heterogeneity of Adverse COVID-19 Outcomes: The Role of Poor Quality of Air and Lockdown Decisions” è il titolo dell'ultimo [working paper](#) (in ordine di tempo), concernente il legame tra qualità dell'aria e mortalità per Covid-19, confermandolo sul Covid-19, ed è stato pubblicato lo scorso 5 maggio 2020, sulla **rivista scientifica SSRN**, dal team di ricercatori italiani, coordinato dal prof. **Leonardo Becchetti** (economista e docente di Economia politica presso l'Università di Roma Tor Vergata) assieme a **Gianluigi Conzo** (Università di Roma Tor Vergata), **Pierluigi Conzo** (Università di Torino e Collegio Carlo Alberto), **Francesco Salustri** (*University of Oxford*). Dalla ricerca sulle determinanti di contagio e decessi per Covid-19 in Italia, basate sull'utilizzazione di decine di migliaia di osservazioni (dati giornalieri comunali e provinciali).

Partendo dall'osservazione circa un qualche fenomeno o fattore che abbia rallentato la diffusione del virus COVID-19 e che era in circolazione già da prima di marzo in altre regioni d'Italia e soprattutto nel Centro Sud, il risultato relativo all'inquinamento di queste aree utilizzato nella ricerca, dimostra che - per via statistica - la prova assoluta (100%) della causalità per fenomeni già in corso, non è possibile, né realizzabile perché significherebbe *“riavvolgere il nastro della storia, inoculare il virus in un comune e non in un altro con caratteristiche assolutamente simili eccetto il livello di polveri e vedere cosa succede”*.

Sono risultati, però, molto **forti i sospetti di un nesso di causalità**, per altro già confermati



da centinaia di studi medico-scientifici svolti nel passato (alcuni dei quali, citati anche nel presente studio–N.d.R.), che hanno sottolineato come le polveri sottili riducano l'efficienza dei polmoni, aumentando i rischi e peggiorando gli esiti delle malattie polmonari, cardiovascolari e dei tumori. *“Il COVID-19 è una malattia respiratoria e polmonare e il nostro studio trova*

un'associazione statistica molto significativa tra inquinamento, contagi e gravità degli esiti del COVID-19”, conferma il prof. Becchetti. Analizzando la succitata letteratura di riferimento, il gruppo ha individuato e studiato **quattro fattori principali**, significativamente **correlati con la diffusione del Coronavirus**: le decisioni di *lockdown*, la frequenza e

l'intensità dei movimenti di persone (legati, soprattutto alle **caratteristiche della struttura produttiva locale** e, in particolare, alla quota di attività non facilmente digitalizzabili), il livello storico dell'inquinamento (polveri sottili, soprattutto, ma anche biossido di azoto) e la temperatura.

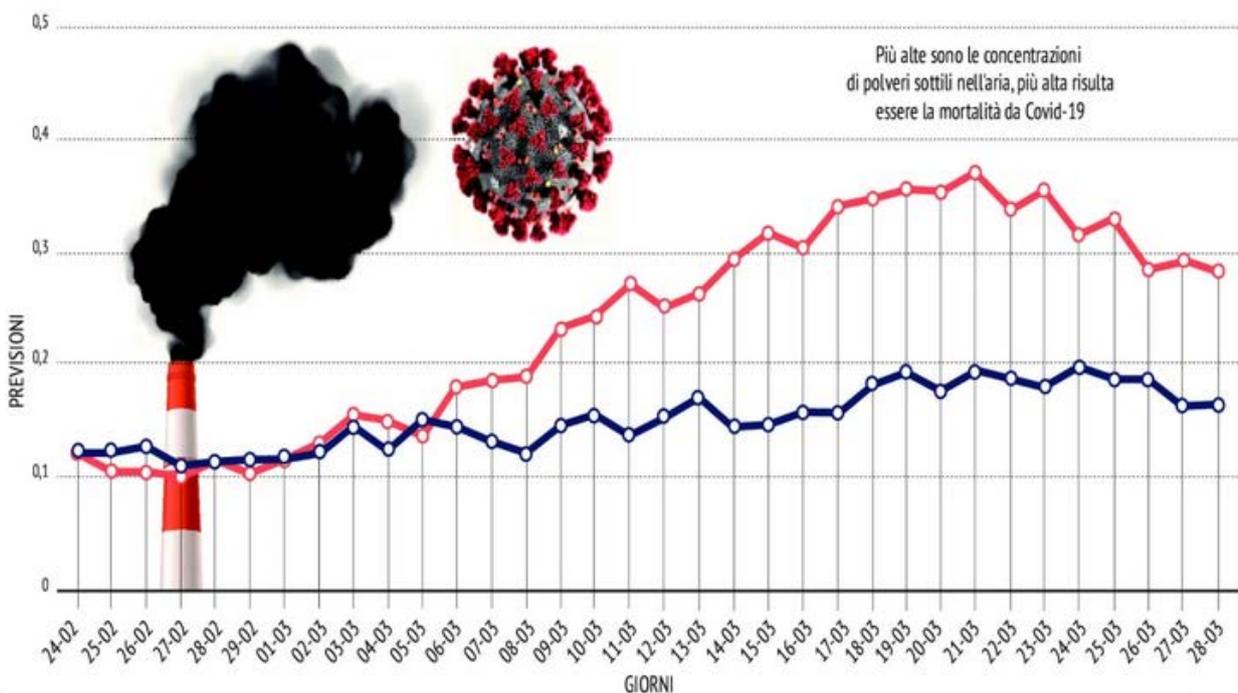
Da un punto di vista metodologico, i ricercatori hanno controllato per l'effetto concomitante di densità di popolazione, temperatura, reddito disponibile per abitante, struttura per età della popolazione, un indicatore sintetico di qualità della sanità regionale, la quota di utenti del servizio pubblico urbano, i flussi di pendolarismo interni e da altre province, analizzandoli da tanti possibili punti di vista, utilizzando usando diverse metodologie di stima (*cross-section, pooled, panel* a effetti fissi con *time-trends*, esperimento "sintetico" con *trend* controfattuale) correggendo per l'autocorrelazione spaziale.

La prima importante evidenza emersa. Relativa al **fattore movimenti di persone e caratteristiche della struttura produttiva locale**, è stata che la maggiore percentuale di microimprese e imprese artigiane, a livello territoriale, è significativamente correlata ai maggiori casi positivi e, purtroppo, ai maggiori decessi, proprio perché *"le imprese artigiane operano in proporzione molto maggiore in settori dove il passaggio al lavoro smart è difficile, temono maggiormente il rischio di fallimento in caso di chiusura prolungata. Il nostro dato sottolinea la fragilità e il bisogno di sostegno e protezione a questa parte fondamentale della nostra economia"*, evidenza Becchetti.

Per quanto riguarda il **fattore inquinamento**, l'ipotesi di un suo **ruolo significativo**, si basa dalle evidenze di numerosi contributi della letteratura medica, elaborati in tempi, certamente, "non sospetti" (prima dello scoppio dell'epidemia) che evidenziano, chiaramente, come l'esposizione prolungata alle polveri sottili (Particolato PM) renda i

SMOG E CORONAVIRUS

Morti x 1.000 abitanti — Pm10 sotto la mediana — Pm10 sopra la mediana



L'EGO - HUB

Il lockdown necessario. Ma la risposta non dovrà essere la decrescita - L'Ego Hub

polmoni più fragili e propensi a forme croniche d'inflammatione. Molti studi internazionali, infatti, avendo riscontrato significative **correlazioni tra intensità delle polveri sottili ed ospedalizzazioni d'emergenza per polmoniti**, individuano proprio in questa correlazione, una delle cause che trasforma una malattia polmonare, da asintomatica a grave. Venendo all'Italia, le stime dell'impatto delle diverse variabili - sui due mesi di dati giornalieri a livello provinciale - su decessi e contagio, mettono in evidenza il fatto che il COVID-19, ha trovato terreno fertile nella **combinazione creatasi per il mancato distanziamento sociale e la scarsa qualità dell'aria**: i coefficienti delle stime effettuate, infatti, indicherebbero che **la differenza tra province a maggior concentrazione di polveri sottili (Lombardia) e a minor concentrazione di polveri sottili (Sardegna) è di circa 1.200 casi e 600 morti**, in un periodo di un mese. Pertanto, così come anche emerso dai risultati dello studio del gruppo del **Department of Biostatistics, Harvard T.H. Chan School of Public Health, Boston** – come visto in precedenza [N.d.R.] – **la qualità dell'aria e le caratteristiche atmosferiche** contribuiscono a **favorire la diffusione di un virus respiratorio o a inibirla**. *«E i risultati della significatività statistica del rapporto tra polveri sottili, contagi e decessi da Covid-19 nei Comuni e nelle Province italiane dopo aver controllato per gli altri fattori concomitanti confermano questo quadro. Il nostro studio è nazionale, su tutto il territorio italiano, ma il livello delle polveri sottili risulta più elevato in Lombardia, nella Pianura padana (Emilia-Romagna) e anche nelle Marche, la zona di Pesaro-Urbino, proprio le aree dove si sono manifestati i numeri maggiori di contagio»* affermano i ricercatori. Già prima che scoppiasse l'epidemia del Coronavirus, avevamo centinaia di ricerche che dimostravano che laddove sono presenti in modo più consistente le polveri sottili **i polmoni tendono a reagire in maniera più infiammatoria nel momento in cui entrano in circolazione virus e malattie respiratorie**, facendo sì che gli effetti di questi virus siano più gravi. Il problema è anche la durata dell'esposizione, ovvero per quanto tempo le persone abbiano vissuto in luoghi con concentrazioni alte di polveri e abbiano quindi respirato quest'aria». Secondo i ricercatori, L'unico dei 4 fattori analizzati, per il quale lo studio non ha riscontrato alcuna chiara evidenza di correlazione, è il **ruolo della temperatura**, anche perché, nel periodo di osservazione dello studio, le condizioni climatiche nelle diverse regioni del Paese non sono variate in misura così significativa da poter testare quest'ipotesi che rimane comunque – è l'indicazione degli autori – un aspetto che a approfondito nei successivi sviluppi, anche perché esistono già evidenze descrittive sulla diffusione del COVID-19, negli altri Paesi del mondo, indicano **una minore diffusione in aree molto calde e umide**.

Dal momento che, molti dei fattori che hanno aggravato gli effetti del Covid-19 - legati appunto, alla qualità dell'aria e alle caratteristiche atmosferiche- sono tutti di origine antropica e sotto il nostro controllo, se si vuole – come sarebbe più che auspicabile fare - **ridurre la nostra esposizione a questo fattore di fragilità** e costruire **società ed economie più resilienti**, dobbiamo ridurre le polveri, migliorando l'efficienza del riscaldamento domestico, la qualità della mobilità urbana, le modalità di produzione agricole e industriali, che sono le maggiori fonti di produzione dell'inquinamento atmosferico, e delle polveri sottili, in particolare. Becchetti conclude lo studio affermando che quella che ci si presenta davanti" è un'opportunità e non una minaccia al nostro sviluppo, perché in ciascuno di questi ambiti esistono scelte win-win che possono ridurre i rischi ambientali e di salute aumentando valore economico e lavoro. Il dopo non sarà più come prima e qualunque imprenditore razionale, elaborerà una strategia di copertura dal rischio pandemie, cercando di

minimizzare l'effetto di eventuali (speriamo mai) futuri shock sulla propria attività produttiva attraverso procedure di sicurezza e maggiore dematerializzazione ove possibile".

2ª PARTE

IL DIBATTITO ALL'INTERNO DELLA COMUNITÀ SCIENTIFICA – “GLI SCETTICI”

Sebbene, come abbiamo visto, esiste un legame, una correlazione tra inquinamento atmosferico, molto diffuso in alcune aree del pianeta, che ha probabilmente contribuito alla **diffusione del COVID-19**, come già accennato nell'introduzione del presente lavoro, la comunità scientifica si è abbastanza divisa e, **si divide ancora, sul tema** perché, alcune ricerche e studi puntano a dimostrare tale collegamento nella zona più inquinata d'Europa (la Pianura padana), mentre in altri studi – meno numerosi, per la verità, ma assolutamente autorevoli (**Società Italiana di Aerosol, l'Agenzia Ambientale del Veneto, l'Agenzia regionale Prevenzione Ambiente e Energia dell'Emilia-Romagna e Lombardia e la Rete Italiana Ambiente e Salute (RIAS)**)²⁹, si è più cauti e c'è chi parla di “**ipotesi fantasiose**” e hanno ritenuto necessario un richiamo alla cautela nel diffondere informazioni non suffragate da solide argomentazioni scientifiche e hanno auspicato nuovi e più mirati studi.

Durante la prima decade di aprile [2020, N.d.R.], proprio in Italia, il dibattito all'interno della comunità scientifica, si era orientato soprattutto sulle eventuali evidenze tra la concentrazione di polveri sottili in aria (PM10) e la diffusione dell'epidemia.

Nella prima parte del presente studio, sono stati esaminati gli studi e le ricerche, nazionali ed internazionali, che **SOSTENEVANO** l'esistenza, dati e studi precedenti alla mano, di una FORTE CORRELAZIONE TRA PRESENZA DI PARTICOLATO IN ATMOSFERA e DIFFUSIONE DEL CORONAVIRUS.

Nella seconda parte del presente lavoro, che segue, vengono presentati ed analizzati, invece, i principali studi e le ricerche degli studiosi e ricercatori cosiddetti “**SCETTICI**”, *in primis* la **SOCIETÀ ITALIANA DI AEROSOL** e i 70 firmatari di una nota nella quale si asserisce come «ad oggi non sia stato dimostrato alcun effetto di maggiore suscettibilità al contagio al COVID-19 dovuto all'esposizione alle polveri atmosferiche» e per cui «si ritiene che la proposta di misure restrittive di contenimento dell'inquinamento sia, allo stato attuale delle conoscenze, ingiustificata».

Verranno, dunque, passati in rassegna e brevemente descritti, i principali studi e/o ricerche incentrate sui diversi dubbi circa la presunta relazione causa-effetto delle ricerche della SIMA e di *Harvard*.

Sebbene l'ipotesi di base dello studio della SIMA – ovvero che il virus si sia diffuso più rapidamente nelle zone con popolazione residente più esposta - e quindi più suscettibile, è senz'altro interessante, rimane il fatto che, anche il lavoro dei ricercatori di *Harvard* presenta

²⁹ [Inquinamento atmosferico e epidemia COVID-19: la posizione della Rete Italiana Ambiente e Salute](#)

problemi metodologici molto importanti quali, ad esempio, il mancato controllo per autocorrelazione spaziale sia della esposizione, sia del contagio (si pensi ad esempio alle contee in prossimità di New York, sicuramente più inquinate e più affette dal contagio). Secondo **Benjamin Barratt** - ricercatore presso il *Kiems College* di Londra - "*Il problema principale delle ricerche condotte finora, è che il collegamento tra esposizione all'aria inquinata e aumento di mortalità potrebbe essere dovuto ad altri fattori o co-fattori di confusione (confounder), e non abbiamo la certezza di una relazione causa-effetto*". Tra i *confounder* più importanti, secondo **Benjamin Barratt**, vi è sicuramente la **densità della popolazione** e la densità **del traffico** che, in effetti, spiegherebbero perché le aree urbane densamente popolate come Londra, sono al primo posto nell'analisi del **prof. Travaglio**, Marco Travaglio dell'Università di Cambridge. Con specifico riferimento ai livelli di traffico, che derivano dalla densità di popolazione, *Barratt* evidenzia come "i componenti NO e NO₂ rilasciati dalle combustioni da parte dei motori e dispersi nell'aria, permettono di ipotizzare – con una certa ragionevolezza - che i danni di salute derivanti dall'esposizione prolungata all'inquinamento atmosferico possano rendere le persone più vulnerabili proprio per la correlazione o associazione tra presenza degli ossidi e biossidi di azoto e inquinamento dell'aria stessa. *Benjamin Barratt* conclude affermando che: "*L'effettivo impatto dell'inquinamento atmosferico diventerà più chiaro, solo con dati sui decessi da COVID-19 molto più dettagliati (arrivando, idealmente, anche fino agli indirizzi delle singole persone....) e, sebbene l'ipotesi che i danni che l'inquinamento atmosferico a lungo termine provoca ai polmoni rendano le persone più vulnerabili al coronavirus (con aumento della sua pericolosità), non è affatto irragionevole, non lo possiamo (ancora?) affermare con certezza.*"

Il primo e più corposo studio "contrapposto" alla ricerca della SIMA, è stato quello derivato dalla ricerca effettuata dalla **Rete Italiana Ambiente e Salute (RIAS)** e sintetizzato nel documento "[Inquinamento atmosferico e epidemia COVID-19: la posizione della Rete Italiana Ambiente e Salute](#)", redatto dallo *Steering Committee*³⁰ del progetto CCM RIAS il 13 aprile 2020.

Partendo dall'analisi dei diversi contributi diffusi online (tutti sotto **forma pre-print** ovvero senza *peer-review*) che discutono o presentano analisi di dati sulla relazione tra i livelli di inquinamento atmosferico e l'epidemia di COVID-19, con particolare riferimento ai potenziali effetti del particolato fine (PM), sulla diffusione della epidemia e sulla prognosi delle infezioni respiratorie, il documento elaborato da RIAS esprime la propria posizione in merito, soprattutto, agli studi della SIMA e di Harvard.

³⁰ Organismi ed enti rappresentati nello *Steering Committee* sono i seguenti: Dipartimento di Epidemiologia del Servizio Sanitario Regionale del Lazio, ASL Roma; Servizio di sanità pubblica, Direzione generale sanità e politiche sociali, Regione Emilia-Romagna, Bologna, Unità di ricerca in epidemiologia ambientale, Istituto di fisiologia clinica, CNR, Pisa; Agenzia regionale strategica per la salute e il sociale della Puglia, Bari; Dipartimento Igiene e Prevenzione sanitaria, UOC Salute e Ambiente e Progetti Innovativi ATS di Pavia, Pavia, Dipartimento di biologia, Università di Pisa, Pisa; Inferenze, Milano; Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna, Bologna; Direzione Generale Prevenzione, Ministero della Salute, Roma; Istituto per la Ricerca e l'Innovazione Biomedica, CNR, Palermo; Dipartimento Ambiente e Salute, Istituto Superiore di Sanità, Roma; Epidemiologia dei tumori, Dipartimento di scienze mediche, Università degli Studi di Torino e CPO-Piemonte.

L'ipotesi sottostante è che una alta concentrazione di particolato (PM10, PM2.5) renda il sistema respiratorio più suscettibile alla infezione e alle complicanze della malattia da coronavirus. Più è alta e costante nel tempo (come per gli anziani) l'esposizione a PM, più è alta la probabilità che il sistema respiratorio sia predisposto ad una malattia più grave. D'altra parte, è noto che l'inquinamento atmosferico, subito dopo dieta, fumo, ipertensione e diabete, è uno dei fattori di rischio più importanti per la salute causando, ogni anno, 2,9 milioni di morti premature, in tutto il mondo (<https://www.stateofglobalair.org/report>): cardiopatia ischemica, ictus, malattia polmonare ostruttiva cronica, sono le principali condizioni associate alla mortalità correlata all'inquinamento atmosferico. Il fatto che l'esposizione all'inquinamento atmosferico, aumenti il rischio di patologie respiratorie e infezioni acute delle basse vie respiratorie (ALRI-*Acute Lower Respiratory Infection*) particolarmente in soggetti vulnerabili, quali anziani e bambini, è un'ulteriore indicazione della possibile interazione tra inquinamento e COVID-19, come già evidenziato in uno studio condotto in Cina (Su, 2019).

Gli studi, perlomeno fino ad oggi, suggeriscono che il virus agente del COVID-19, viene trasmesso principalmente attraverso le **goccioline respiratorie (*droplets*)** di persona infetta a distanza ravvicinata, a seguito di un **colpo di tosse o di uno starnuto o la semplice parola**; più raro il **contagio**, attraverso le **superfici infette** (Cheng et al., 2020; Lewis, 2020; Schwartz, 2020). Vi sono anche alcune indicazioni che suggeriscono, che il virus nell'aerosol di un ambiente chiuso possa essere ancora infettivo (NAS, 2020, Lewis, 2020). Si è, infine, ipotizzato che il **particolato atmosferico** possa essere un **supporto (*carrier*) per la diffusione del virus per via aerea** ma, questa ultima ipotesi, non sembra avere alcuna **plausibilità biologica**. Infatti, sebbene il PM abbia certamente la capacità di veicolare particelle biologiche (batteri, spore, pollini, virus, funghi, alghe, frammenti vegetali), appare **NON plausibile che i Coronavirus** possano mantenere **intatte le loro caratteristiche morfologiche e le loro proprietà infettive**, anche **dopo una permanenza più o meno prolungata nell'ambiente outdoor**. Temperatura, essiccamento e UV, infatti, danneggiano l'involucro del virus e, di conseguenza, anche la sua capacità di infettare.

La diffusione non corretta di tale **ipotesi, non suffragata da evidenza scientifica**, può essere molto fuorviante nella comunicazione del rischio alla popolazione, già disorientata, dalla contrapposizione fra "distanze di sicurezza", troppo ravvicinate - se consideriamo la possibile **trasmissione aerea via micro-*droplets* in ambienti chiusi** (*National Academy of Sciences* degli Stati Uniti (<https://www.nap.edu/catalog/25769/rapid-expert-consultation-on-the-possibility-of-bioaerosol-spread-of-sars-cov-2-for-the-COVID-19-pandemic-april-1-2020>)- e la improbabile diffusione a chilometri di distanza secondo l'ipotesi "*carrier*". Le modalità di trasmissione, così come la prevenzione del contagio, dovrebbero essere comunicate con estrema chiarezza, perché sono attualmente l'aspetto più importante della diffusione dell'infezione. Insieme alle considerazioni sugli effetti della salute del particolato, occorre osservare che - dai dati provenienti da osservazioni satellitari - si evidenzia una chiara riduzione dei livelli di inquinamento atmosferico, in tutti i paesi in fase di *lockdown*. Ad es., dal 9 marzo 2020, i livelli di NO₂ a Milano e in altre aree del nord Italia, sono diminuiti di circa il 40%. E' ovvio che occorrerà studiare meglio le ragioni di tale diminuzione delle

concentrazioni, ma è plausibile una responsabilità della drastica diminuzione del traffico stradale e delle attività industriali (https://www.theguardian.com/environment/2020/mar/23/coronavirus-pandemic-leading-to-huge-drop-in-air-pollution?CMP=Share_iOSApp_Other).

Secondo la RIAS, nel futuro immediato, sarà indispensabile promuovere collaborazioni per valutare, più approfonditamente, le relazioni esistenti tra inquinamento atmosferico e COVID-19, tenendo conto delle condizioni meteorologiche e interventi messi in campo per il contenimento dell'epidemia COVID19, attraverso indagini epidemiologiche basate su dati sufficientemente estesi e completi, così come studi dei meccanismi di interazione che consentano di trarre conclusioni basate su solidi dati scientifici. Trattandosi di un approccio complesso e che richiede la collaborazione di molte discipline diverse rispetto all'epidemiologia ambientale, la Rete Italiana Ambiente e Salute, finanziata dal Ministero della Salute, grazie al coinvolgimento e lavoro congiunto delle strutture ambientali e sanitarie italiane che operano a livello centrale, regionale e locale, offre la propria collaborazione per facilitare il **necessario processo di condivisione ed integrazione delle conoscenze e dei dati disponibili**, promuovendo l'**approccio inter-istituzionale** che, appunto, la caratterizza.

Parallelamente alla "preparazione del terreno" per la successiva ricerca, RIAS ritiene importante rimanere vigili sulla possibilità che consolidate leggi e norme di protezione ambientale non vengano rimosse in nome dell'emergenza, come avvenuto, per esempio, negli USA lo scorso, 26 marzo allorché l'Agenzia per la protezione dell'ambiente (EPA- *Environmental Protection Agency*) ha annunciato un ampio ribassamento dei requisiti di conformità ambientale, proprio in risposta alla pandemia di coronavirus, destando grande preoccupazione per gli effetti sulla salute pubblica del potenziale rilascio di inquinanti atmosferici tossici che aggravano l'asma, le difficoltà respiratorie e i problemi cardiovascolari nel bel mezzo di una pandemia che può essa stessa causare una grave insufficienza respiratoria. Per queste ragioni, è assolutamente necessario mantenere alto il livello di vigilanza del rispetto della sostenibilità ambientale, degli interventi economici e sociali e l'effetto sui cambiamenti climatici (per i quali è difficile immaginare quali saranno gli scenari successivi) alla fine della crisi pandemica che verranno messi in atto nella fase post-pandemia, anche in Italia. Secondo il **Center for International Climate and Environment Research**³¹, l'epidemia di COVID-9, insieme alla riduzione dell'inquinamento, comporterà una rilevante riduzione delle emissioni di anidride carbonica (tutte le crisi economiche passate hanno avuto effetti positivi in questo senso), cosa che si è puntualmente verificata nel periodo di prolungato *lockdown*. Ma lo **scenario negativo**, ipotizzato da alcuni, è che la **crisi economica** prodotta dalla pandemia, potrebbe avere successivamente **conseguenze disastrose per la transizione energetica globale**, a causa del probabilissimo impoverimento a livello globale, che determinerà una minore disponibilità di risorse da investire in fonti di

³¹ Il **Center for International Climate and Environmental Research (CICERO)** è un centro di ricerca interdisciplinare per la ricerca sul clima e scienze ambientali/studi ambientali di Oslo, fondata dal governo norvegese nel 1990 sotto forma di fondazione indipendente ed è affiliata all'Università di Oslo.

energia alternativa, a meno di una presa di consapevolezza necessaria ad affrontare il futuro prossimo venturo.

Anche la **SOCIETÀ ITALIANA DI AEROSOL (SIA)**³² è intervenuta nel dibattito scientifico sull'ipotesi che la cattiva qualità dell'aria abbia contribuito alla diffusione del Coronavirus, anche a seguito dall'accelerazione, a quella che sembrava solo un'ipotesi, avvenuta con la pubblicazione dello studio della SIMA. E lo ha fatto attraverso la propria [Informativa sulla relazione tra inquinamento atmosferico e diffusione del COVID-19](#) un comunicato, sottoscritto da più di 70 tra ricercatori e scienziati soci, con la quale esprime il suo parere sulle attuali conoscenze relative all'interazione tra livelli di inquinamento da PM e la diffusione del COVID-19, invitando alla cautela, ribadendo che non è stato dimostrato alcun effetto di maggiore suscettibilità al contagio al Covid-19, dovuto all'esposizione alle polveri atmosferiche. La SIA scrive che **“È noto che l'esposizione, più o meno prolungata, ad alte concentrazioni di PM aumenta la suscettibilità a malattie respiratorie croniche e cardiovascolari, e che questa condizione può peggiorare la situazione sanitaria dei contagiati”**. Infatti, queste elevate concentrazioni di polveri sottili concentrazioni sono frequentemente osservate nel Nord Italia, soprattutto nella pianura Padana, durante il periodo invernale. Tuttavia, ad ora non è stato dimostrato alcun effetto di maggiore suscettibilità al contagio al COVID-19, a causa dell'esposizione alle polveri atmosferiche”. **“Nelle varie analisi, contano moltissimi fattori come densità di popolazione, scambi internazionali, attività industriali e non solo l'inquinamento atmosferico”**, conferma anche il **dott. Sergio Harari**, direttore della Unità operativa di Pneumologia presso l'ospedale **San Giuseppe di Milano**. Parimenti, anche l'ipotizzato ruolo del **particolato atmosferico come substrato “carrier”** per il trasporto del virus – che ne aumenterebbe il ritmo del contagio - **non è, però, confermato** dalle conoscenze attualmente a disposizione; allo stesso modo, così come non sono ancora completamente noti, né il tempo di vita del virus sulle superfici, né i fattori che lo influenzano. È possibile che alcune condizioni meteorologiche, tipicamente presenti nel nord Italia in questo periodo, quali la bassa temperatura e l'elevata umidità atmosferica, possano creare un ambiente che favorisce la sopravvivenza del virus. Queste condizioni che, in genere, coincidono con una situazione di stabilità atmosferica intensa, favoriscono la formazione di **particolato o aerosol secondario** e l'incremento della concentrazione del PM, in prossimità del suolo. La **covarianza** fra condizioni di scarsa circolazione atmosferica, formazione di aerosol secondario, accumulo di PM in prossimità del suolo e diffusione del virus **non deve, tuttavia, essere scambiata per un rapporto di causa-effetto; “proprio per la complessità dei sistema con il quale si ha a che fare,**



³² L'associazione, raccoglie ricercatori, professionisti, studenti che per passione, interesse, lavoro si occupano di aerosol atmosferico e che credono che lo scambio di informazioni ed esperienze sia uno strumento di crescita individuale e professionale, oltre che occasione necessaria per il progresso della comunità scientifica, grazie al contributo di competenze diverse che rappresentino “tutte le anime presenti nel mondo del particolato”.

l'interpretazione delle correlazioni semplici (cioè quella tra due serie temporali) non indica necessariamente un rapporto causa-effetto".

E' sulla base di queste considerazioni, che Il Presidente, il Consiglio Direttivo della IAS e tutti i Soci firmatari, concludono la loro nota affermando che vi è l'unanimità **"nel valutare come parziale e prematura l'affermazione che esista un rapporto diretto tra numero di superamenti dei livelli di soglia del PM e contagi da COVID-19, e nel ritenere che un eventuale effetto dell'inquinamento da PM sul contagio da COVID-19 rimanga - allo stato attuale delle conoscenze - una ipotesi che dovrà essere accuratamente valutata con indagini estese ed approfondite"**. Spingendosi molto più in avanti, lo studio SIA conclude ritenendo che **"la proposta di misure restrittive di contenimento dell'inquinamento come mezzo per combattere il contagio sia, allo stato attuale delle conoscenze, ingiustificata, anche se è indubbio che la riduzione delle emissioni antropiche, se mantenuta per lungo periodo, abbia effetti benefici sulla qualità dell'aria e sul clima e quindi sulla salute generale"**.

Più o meno alle stesse conclusioni, sono giunti anche l'epidemiologo **Luigi Lopalco**, professore di Igiene presso l'Università di Pisa e capo per l'emergenza epidemiologica in Puglia, che espressamente affermato: **"L'inquinamento fa male, ma con COVID-19 ho paura che c'entri poco. Non pensate che l'aria fresca possa fermare il contagio: il virus corre con le nostre gambe, non con i PM10"** ed il **Direttore dell'Arpa Veneto, Luca Marchesi**, secondo il quale: **"È possibile affermare con chiarezza che, al momento, non esistono studi approvati e condivisi dalla comunità scientifica in grado di dimostrare che la diffusione del Coronavirus sia causata dall'inquinamento da particolato atmosferico"**.

Un recentissimo studio (dello scorso 24 aprile) portato avanti dalla **Società Italiana di Allergologia, Asma e Immunologia Clinica (SIAAIC)**³³ e in via di pubblicazione su **"Respiration"**, la rivista ufficiale specializzata dell'**Associazione Italiana Pneumologi Ospedalieri (AIPO)**, si è focalizzato sul verificare e dimostrare che **la densità abitativa** avrebbe un ruolo nella diffusione del contagio decisamente più significativa rispetto allo smog". I dati, infatti, evidenziano che, in aree ugualmente inquinate, i contagi sono significativamente differenti, e che alla base delle discrepanze vi è probabilmente una diversa densità di popolazione: dove tante persone vivono vicine, il virus può circolare molto di più e i contagi crescono, indipendentemente dal particolato presente: Bergamo e Brescia, più densamente abitate di Verona, sono state colpite più duramente dal virus nonostante un livello di smog simile o addirittura inferiore, come nel caso della città di Bergamo. Di certo, alla diffusione del virus in alcune aree del Paese, hanno contribuito diversi fattori, come gli **scambi internazionali** e il fatto che determinate regioni siano state prese "in contropiede", ma la **densità abitativa** è intervenuto fortemente nel determinare l'aumento del **contagio da COVID-19**. Lo conferma il **prof. Gian Enrico Senna, Presidente SIAAIC**, responsabile del Centro Asma e Allergie del Policlinico Universitario di Verona e coordinatore dell'indagine, affermando che **"la diversa densità di popolazione è**

³³ La SIA è una società scientifica fortemente radicata nel territorio nazionale, con circa 1000 soci attivi, che lavorano in strutture universitarie, ospedaliere e ambulatori, il cui scopo principale è di promuovere la diffusione dell'Allergologia e Immunologia clinica come disciplina indipendente attraverso mirate azioni di formazione, promozione della conoscenza dell'Allergologia e Immunologia clinica, supportare le associazioni di pazienti. Molti membri SIAAIC, infine, attivi sono scienziati di fama mondiale e contribuiscono ad aumentare le conoscenze in Allergy e Immunologia Clinica nella comunità scientifica internazionale.

direttamente correlata al numero di casi di Covid-19: maggiore a Bergamo città (3.029 abitanti per chilometro quadrato, 405 in provincia), intermedia a Brescia (2.198 abitanti per chilometro quadrato in città, 265 in provincia) e inferiore a Verona, specialmente in città dove, benché il totale della popolazione sia maggiore, gli abitanti sono meno a contatto, meno vicini". I veronesi sono infatti più del doppio dei bergamaschi, ma la densità di popolazione è di 1.297 abitanti per chilometro quadrato, cioè quasi un terzo".

Il documento forse più completo e analitico di revisione critica degli studi della SIMA e di Harvard, è quello elaborato dal gruppo di lavoro costituito dai ricercatori delle **Agenzie regionali di protezione per l'ambiente (Arpa) di Emilia-Romagna e Marche, dell'Università Politecnica delle Marche e dell'Università di Bologna**, intitolato "[Valutazione del possibile rapporto tra l'inquinamento atmosferico e la diffusione del SARS-CoV-2](#)" e pubblicato nel repository della rivista *Epidemiologia & Prevenzione*³⁴. Questo contributo, conferma anche l'impegno del **Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) di ISPRA**, nelle attività di ricerca e studio del complesso rapporto "ambiente-salute". Nell'attuale panorama, così fortemente caratterizzato dalla necessità di comprendere le effettive modalità di propagazione del virus SARS-CoV-2, questo studio offre una chiave di lettura rigorosamente basata sulle conoscenze disponibili e su una vasta bibliografia, allo scopo di comprendere il ruolo che il particolato aero disperso (PM) e altri, molteplici, fattori ambientali potrebbero avere avuto sulla diffusione e severità della pandemia in corso, oltre ad approfondire la possibile interazione tra gli inquinanti atmosferici e le infezioni respiratorie, anche sulla base del meccanismo di azione del virus con l'ospite.

In questi ultimi decenni, in effetti, sono stati prodotti **molteplici studi di letteratura scientifica**, spesso nell'ambito dell'attività di progetti di ricerca nazionali e internazionali (es. EPIAIR, ESCAPE, MED-PARTICLES), che hanno indagato lo **stretto rapporto** che sussiste **tra l'esposizione agli inquinanti atmosferici** e gli **effetti sulla salute umana** (Alessandrini ER, 2013; Scarinzi C, 2013; Beelen R, 2014; Adam M, 2015; Stafoggia M, 2016). L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) ha stimato che nel 2016 circa il 58% dei decessi prematuri legati all'inquinamento dell'aria esterna, fossero dovuti a cardiopatia ischemica e ictus, il 18% dei decessi era dovuto rispettivamente a patologie polmonari ostruttive croniche e infezioni acute delle basse vie respiratorie, mentre il 6% dei decessi erano dovuti al cancro del polmone (WHO-World Health Organisation, 2018). L'inquinamento atmosferico – come è ampiamente noto - aumenta la prevalenza di condizioni avverse croniche di natura respiratoria, come ad esempio asma, bronco-pneumopatia cronica ostruttiva (BPCO) e fibrosi polmonare, facendo sì che i soggetti affetti da patologie respiratorie croniche siano più suscettibili allo sviluppo di infezioni respiratorie e che tali infezioni si manifestino con maggiore gravità rispetto alla popolazione generale, con conseguente peggioramento della prognosi e aumento della mortalità (Thurston GD., 2017; Re S., 2020). Vi sono inoltre evidenze che l'esposizione all'inquinamento atmosferico, oltre ad aumentare il rischio di sviluppare malattie cardio-respiratorie, induca esacerbazione dei sintomi in pazienti con

³⁴ Anche il repository della rivista *Epidemiologia & Prevenzione* ospita ".....rapporti di lavoro preliminari, riguardanti l'epidemia COVID-19, non ancora sottoposti a revisione tra pari (*peer review*)".

malattie croniche delle vie respiratorie. Le ipotesi che è possibile avanzare, sulla modalità dell'interazione tra gli inquinanti atmosferici e le infezioni respiratorie, sono varie [per tutti gli eventuali approfondimenti, si rimanda allo studio completo – N.d.R.].

Obiettivo del lavoro, è stato quello di fornire un **solido contributo multidisciplinare** alla conoscenza, in relazione a quesiti specifici sul ruolo del particolato atmosferico provenienti da più soggetti, generati anche da recenti prese di posizione di diversi gruppi di ricerca. Non va dimenticato, che le risposte a questi quesiti sono di fondamentale importanza, anche **per progettare la ripresa** con azioni capaci di sostenere e valorizzare la resilienza dei territori e sempre più orientate al raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità ambientale e sociale dettati dall'Agenda Onu 2030. L'ipotesi che il gruppo di studio intende studiare è se esista un "gioco di squadra" tra l'inquinamento atmosferico (Particolato PM) e il Sars-CoV2", studiando i relativi meccanismi di azione, allo scopo di capire se lavorano entrambi nel sostenere un'inflammazione". A tal fine, sono già state individuate alcune aree di ricerca meritevoli di ulteriori approfondimenti, da indagare sempre attraverso un approccio multidisciplinare, che caratterizza l'attività delle due Agenzie ambientali sul tema "ambiente e salute". Un'attività di collaborazione già collaudata, che ha fornito interessanti proposte di lavoro congiunto all'interno del Sistema nazionale di protezione dell'ambiente (SNPA), come il progetto "Zipper", inserito nell'ambito del programma triennale delle attività di

Sistema (Tavolo inter agenziale TIC VII/7), che ha l'obiettivo di fornire al sistema SNPA uno strumento snello per la stima dell'esposizione della popolazione a determinanti ambientali e la valutazione dei conseguenti rischi per la salute. In sintesi, dunque, anche secondo i ricercatori di questo studio è possibile "dire che allo stato attuale delle conoscenze, le evidenze su un possibile ruolo del particolato atmosferico nella diffusione del Sars-Covid-19 siano decisamente limitate e frammentarie". E', invece, "possibile ipotizzare **una interazione molecolare**" tra polveri sottili e Sars-CoV-2 "che conferma la possibile azione di cofattore del particolato nel sostenere il processo di infiammazione indotto dal virus". A supporto di questa **ipotesi di interazione tra meccanismi molecolari**, vi sono maggiori dati e studi epidemiologici più recenti e "maturi" che confermerebbero che il **PM potrebbe svolgere più un ruolo di booster, che di carrier** nei confronti delle infezioni respiratorie. L'analisi del siero di pazienti affetti da COVID-19, ha dimostrato, infine, come l'infezione da SARS-CoV-2 induca il richiamo di numerose molecole del sistema immunitario, causando una "**tempesta citochinica**", che permette di ipotizzare, dunque, un'interazione molecolare tra

Le polveri sottili: "l'altro" nemico invisibile

Il particolato atmosferico è composto da particelle solide e liquide sospese in aria di dimensioni microscopiche. In particolare sotto il nome di "PM2.5" vanno tutte quelle polveri con diametro aerodinamico inferiore o uguale a 2.5 µm. È il **cosiddetto "particolato fine"** di cui sorgenti sono un po' tutti i tipi di combustione. Sono inclusi i motori di auto e motoveicoli, gli impianti di produzione di energia elettrica, a legna per il riscaldamento domestico. Ma anche gli incendi boschivi e molti altri processi industriali. **Queste minuscole particelle possono essere inalate e respirate, spingendosi nella parte più profonda dell'apparato respiratorio umano** e raggiungendo i bronchi. La frazione più fine, inoltre, si sospetta che possa filtrare ancora più in profondità nel nostro organismo entrando nel sangue e raggiungendo le cellule.

Gli effetti dell'assorbimento del PM2.5 sono legati al periodo di esposizione e alla concentrazione di metalli presenti. Possono bastare pochi giorni, ad alte concentrazioni, per avere infiammazione delle vie respiratorie, crisi di asma o malfunzionamento del sistema cardiocircolatorio. Un'esposizione prolungata può, invece, generare effetti di tipo cronico, con sintomi come la tosse, il catarro, una diminuzione della capacità polmonare o cardiaca, asma ed altre forme infiammatorie con conseguenze anche fatali. Il **Global Burden Disease Study** ha identificato, già da parecchio tempo, l'inquinamento atmosferico come un fattore di rischio per le malattie cardiovascolari, oltre a provocare almeno 5.5 milioni di morti premature l'anno in tutto il mondo. Il *Global Burden of Disease Study* è un vasto programma di ricerca regionale e globale sull'onere della malattia che valuta la mortalità e la disabilità a causa di importanti malattie, lesioni e fattori di rischio. GBD è una collaborazione di oltre 3600 ricercatori provenienti da 145 paesi.

PM e SARS-CoV-2, aspetto che conferma la **possibile azione di co-fattore del PM** nel sostenere il processo di infiammazione indotto dal virus.

Le posizioni non conclusive e, non sempre condivise, circa la possibile associazione tra inquinamento atmosferico e SARS-CoV-2, fanno convergere verso un atteggiamento di **estrema cautela nell'interpretazione dei dati e delle conoscenze disponibili**, considerando quest'associazione, per il momento, **rimanga ancora a livello di ipotesi** che necessita di **essere verificata da ulteriori** accurate ed approfondite **ricerche**. Da qui, la necessità di procedere con ulteriori studi e ricerche – tanto epidemiologici, quanto meccanicistici – proprio per, eventualmente avvalorare lo studio della SIMA e, in ogni caso, per aumentare la comprensione di come l'esposizione agli inquinanti atmosferici possa influenzare le infezioni da virus respiratori, in particolare nei soggetti che per preesistenti condizioni fisiopatologiche possano risultare a maggior rischio di sviluppare significativa morbilità/mortalità dopo infezioni causate da virus respiratori.

Convinti della necessità di stimolare il confronto nella comunità scientifica e di indurre i ricercatori a raccogliere una sfida per il futuro, approfondendo quelle tematiche sulle quali, allo stato delle attuali conoscenze, “pesano” più quesiti irrisolti che certezze, gli estensori della presente Valutazione, propongono già alcuni dei suddetti dubbi, come possibile pista di lavoro di ricerca futura:

- a) Il particolato atmosferico è una miscela che varia in dipendenza delle sorgenti emmissive, delle condizioni meteorologiche e socio-geografiche. Quali sono le componenti specifiche che influenzano la vitalità e stabilità virale?
- b) È possibile che i virus influenzali e i coronavirus, in particolare, per la loro natura di virus incapsulati in un involucro glicoproteico (**nucleocapside**) siano più suscettibili all'azione tossica di alcune componenti del PM che lisano le proteine fondamentali per il tropismo del virus?
- c) L'azione modulante del PM è, a sua volta, influenzata dalle condizioni di temperatura e umidità relativa?

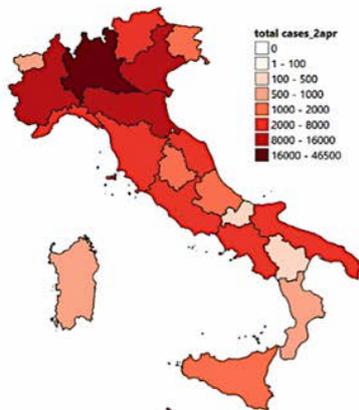
Una ricerca dal titolo “**Strategies to mitigate the COVID-19 pandemic risk**” realizzata da un **team interdisciplinare** di docenti e ricercatori dell'**Università di Catania**, e coordinato dal **prof. Andrea Rapisarda**, basandosi su di una nuova metodologia di **valutazione a priori del rischio epidemico** di un'area geografica, per identificare le aree ad alto rischio all'interno di un paese. L'**INDICE DI RISCHIO EPIDEMICO** utilizzato in questa ricerca, viene valutato in funzione di tre diversi componenti: il pericolo della malattia (*hazard*), l'esposizione dell'area (*exposure*) e la sua vulnerabilità (*vulnerability*). Come applicazione, discutiamo il caso dell'epidemia di COVID-19 in Italia.

Questa nuova metodologia, eseguita sulle varie regioni italiane e concepita secondo un approccio e **un'analisi data-driven del rischio epidemico** e su una combinazione adeguata di una serie di indicatori plausibili, fornisce una possibile spiegazione, in termini di **diversa esposizione al rischio a-priori**, della distribuzione altamente asimmetrica dei danni (in termini di casi gravi e decessi) causati dall'epidemia COVID-19, che - alla data del 2 aprile

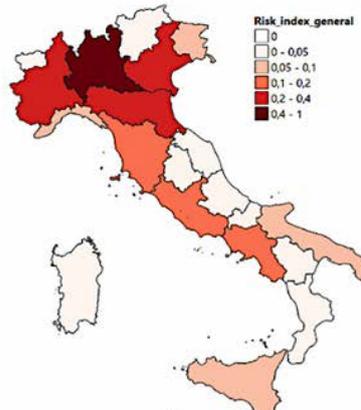
2020 - sono in gran parte concentrati soprattutto nelle regioni del nord Italia risultando, invece, relativamente più blandi nelle regioni del Centro e del Sud. Questo **INDICE DI RISCHIO EPIDEMICO** mostra forti correlazioni con i dati ufficiali disponibili sul numero di individui infetti, pazienti in terapia intensiva e pazienti deceduti e può spiegare perché il **rischio epidemico** è risultato **più elevato in alcune delle regioni settentrionali dell'Italia, rispetto alla parte centrale e meridionale**: nello specifico, regioni come la Lombardia, l'Emilia-Romagna, il Piemonte e il Veneto, soffrono molto più di altre. Questo studio, è il primo tentativo di mettere insieme diversi fattori correlati a un rischio epidemico, considerando ciò che è noto al momento. Ulteriori conoscenze in questa direzione potrebbero essere importanti per affinare e migliorare la metodologia proposta.

Nonostante il fatto che l'epidemia del COVID-19 sia iniziata quasi contemporaneamente, tanto al Nord (Lombardia e Veneto), quanto nell'Italia centrale (Lazio), quando i primi infetti sono stati ufficialmente certificati all'inizio del 2020, la malattia si è diffusa più rapidamente e con conseguenze più gravi proprio in quelle regioni con rischio epidemico più elevato. Inoltre, sebbene i primi casi ufficiali di COVID-19 in Italia, fossero già stati registrati alla fine di gennaio 2020 proprio nel Lazio, ovvero in una zona molto centrale e altamente connessa (in termini di mobilità) del paese, e più tardi, alla fine di febbraio, in Lombardia e Veneto, e pur considerando anche le varie ondate di centinaia di migliaia di persone che si sono spostate dalle regioni settentrionali a quelle centrali e meridionali, anche prima del **completo blocco governativo del paese il 9 marzo 2020**, è ragionevole presumere, che il virus avrebbe dovuto avere abbastanza tempo per diffondersi in modo quasi omogeneo in tutte le regioni italiane (almeno molto più di quanto ci dicono i dati ufficiali). D'altronde – come rivelano anche gli stessi dati dell'ISS - le succitate Regioni sono anche le stesse che, solitamente, subiscono il maggiore impatto (in termini di casi gravi e decessi), anche nel caso di "normali" sindromi influenzali. Inoltre, come appare ormai sempre più chiaramente, dal punto di vista degli effetti, causati, l'epidemia non ha avuto un impatto omogeneo nel Paese. I dati sulla mortalità registrati alla **fine di marzo 2020**, mostrano un **picco anomalo di decessi** - probabilmente a causa della presenza di Coronavirus - **solo al nord**, ma non nel centro e nel sud del paese. A questo, curiosamente, si aggiunge il fatto che i danni da epidemia di COVID-19, sono osservati principalmente nelle stesse regioni che hanno visto il maggior numero di pazienti ospedalizzati e deceduti **anche per l'epidemia di influenza stagionale 2019-2020**, che ha avuto il suo picco alla fine di gennaio 2020 (cfr. Figura 13). La nostra analisi mostra che non è una coincidenza, dal momento che queste regioni (prima fra tutte la Lombardia, poi il Veneto, il Piemonte e l'Emilia Romagna) risultano essere ai primi posti della classifica di rischio *a-priori*, calcolata attraverso la combinazione di tre componenti principali (*hazard*, esposizione e vulnerabilità) direttamente o indirettamente correlate con una maggiore probabilità che un virus si diffonda e abbia un impatto drammatico in termini di casi gravi e deceduti. Afferma il prof. Rapisarda, coordinatore del team di ricerca: *«Il rischio epidemico è più elevato in alcune delle regioni settentrionali dell'Italia rispetto alla parte centrale e meridionale. Da una analisi basata sui dati ufficiali messi a disposizione da parte dell'Istat, dell'Istituto superiore della Sanità e di altre agenzie europee, si è trovata una interessante e forte correlazione fra l'impatto della pandemia da Covid-19 e diversi fattori, che caratterizzano in maniera diversa le regioni italiane, quali inquinamento atmosferico da PM10, temperatura invernale, mobilità, densità e anzianità della popolazione, densità di strutture ospedaliere e densità abitativa»*.

COVID-19 TOT-CASES



A-PRIORI RISK MAP



SEASONAL FLU 2019-20

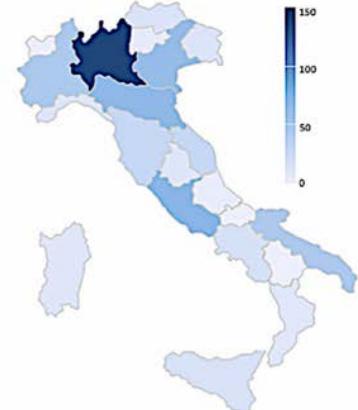


Figura 13: confronto tra la distribuzione spaziale dei casi totali di COVID-19 (riquadro a sinistra), le regioni più colpite (in termini di casi gravi e decessi) dall'influenza stagionale 2019-2020 (riquadro a destra) in base ai dati ISS (Epicentro 2020) e la nostra mappa dei rischi a priori (pannello centrale). La correlazione geografica con la mappa del rischio è evidente per entrambe le epidemie.

Gli stessi ricercatori dell'Università di Catania, ritengono che la metodologia proposta, da un lato, potrebbe essere ulteriormente migliorata con dati reali più affidabili, circa l'attuale stato di avanzamento e di contagio dell'epidemia, iniziando con la fondamentale azione di testare periodicamente campioni casuali della popolazione, per stimare, in tempo reale, la diffusione dell'epidemia e verificare in modo affidabile i suoi tassi di mortalità. Dall'altro, vi è la convinzione che questa analisi incentrata sull'impiego dell'INDICE DI RISCHIO EPIDEMICO, potrebbe anche essere molto utile per affrontare strategie politiche *a-priori* o *a-posteriori*, allo scopo di prevenire o controllare una possibile epidemia futura, e può facilmente essere adattabile a qualsiasi zona geografica e su una qualsiasi scala (regionale, nazionale, internazionale).

RISK-CASES-DEATHS

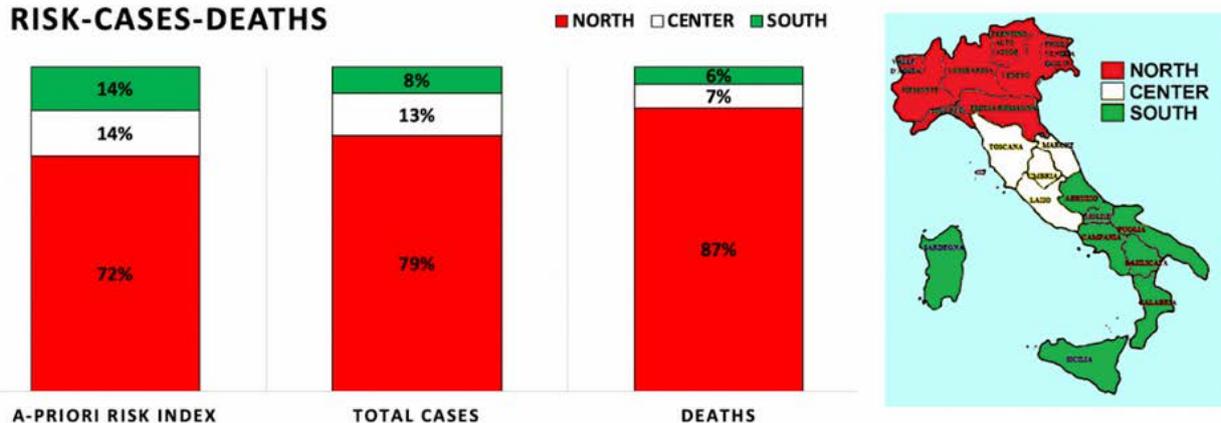


Figura 15: Le percentuali di casi totali e decessi di COVID-19 nelle tre macroregioni italiane (Nord, Centro e Sud), aggiornate al 2 aprile 2020, sono riportate insieme alla corrispondente percentuale di rischio *a-priori* cumulativo. È chiaro che il nostro indice di rischio è in grado di spiegare l'anomala discrepanza del danno tra queste diverse parti d'Italia.

Fonte: <https://sites.google.com/view/unict-covid19-group/home>

Infine, secondo i ricercatori dell'Università di Catania, l'analisi condotta, potrebbe anche essere molto utile nella fase attuale, in cui i politici stanno considerando possibili strategie per uscire dalla fase di *lockdown*, poiché sembra suggerire che, una buona soluzione per riaprire gradualmente il paese, potrebbe essere quella di **tenere adeguatamente conto della differenza tra le regioni nella gerarchia di livello di rischio**, quale utile strumento per immaginare delle **possibili riaperture graduali del Paese** che, secondo questa logica, potrebbero partire proprio da quelle regioni con un rischio epidemico minore».

Come abbondantemente analizzato sin qui e per quanto sia ancora presto e anche azzardato giungere a conclusioni generali, sull'ipotesi che **l'inquinamento dell'aria** possa agire tanto come **vettore dell'infezione**, quanto come fattore peggiorativo **dell'impatto sanitario** della **pandemia** in corso, anche per l'organizzazione **GREENPEACE Italia**, è bene iniziare a fare chiarezza su un altro aspetto, molto importante, della relazione tra **epidemie virali e ambiente**. O, meglio ancora, tra **salute** umana e **inquinamento**/distruzione ambientale. E per cercare di dare alcune risposte in questa direzione essa, in collaborazione con **ISPRA**, ha già iniziato a indagare quali siano i **settori maggiormente responsabili del particolato in Italia**, in generale, e **nel bacino padano**, in particolare.

Lo studio è iniziato a fine aprile – ovvero a quasi due mesi di isolamento obbligatorio (*lockdown*) - nel corso del quale l'Italia, purtroppo continua a restare uno dei Paesi più colpiti dal nuovo **Coronavirus** e, soprattutto, si fa sempre più insistente la "fatidica": cosa ha portato la Pianura Padana a perdere contro il **Covid-19**? Come è possibile che **il 7% dei decessi mondiali** si siano verificati in **Lombardia**? E, pur in mezzo a tenti dubbi e ricerche scientifiche, attualmente in corso, una certezza esiste: la **Pianura Padana** è la grande sconfitta, perché lombardi sono la metà dei decessi avvenuti in Italia e, se si aggiunge l'**Emilia-Romagna**, si nota come in queste sole due regioni della pianura Padana, sia avvenuto il 64% delle morti totali causate dal **Coronavirus!!!**

Dopo aver attentamente analizzato tutti i diversi studi e le ricerche (nazionali ed internazionali) che si sono succedute da inizio pandemia sino ad oggi, attraverso il parere del dott. **Fabrizio Bianchi, capo dell'Unità di epidemiologia ambientale e registri di patologia all'Istituto di fisiologia clinica del CNR**, le due organizzazioni hanno convenuto **sul fatto che** " *pur partendo dalla plausibilità generale, che soggetti esposti **cronicamente a inquinamento atmosferico** siano più suscettibili all'aggressione di **virus**, e specificamente di **COVID-19** e che la velocità di **contagio** osservata in particolare in Nord Italia, potrebbe essere legata alle **condizioni ambientali**, si ritiene che i risultati, basati su correlazione semplice tra livelli di **PM10** e numero di casi di **COVID-19** per provincia, debbano ancora essere confermati e approfonditi mediante un disegno di studio più evoluto che tenga conto anche della disomogeneità territoriale del tempo di **propagazione virale**; tuttavia concludere con il supporto a favore di misure restrittive di contenimento **dell'inquinamento** ritengo sia un monito su cui concordare*".

L'aspetto principale sui cui la ricerca si è incentrata, però, è stato quello legato alla constatazione che, in ogni caso, la presenza di elevate **concentrazioni di inquinanti in aria**,

è ritenuta responsabile di **mortalità in eccesso**, tanto che la stessa Agenzia Europea Ambiente (EEA,) già da alcuni anni, include nel rapporto annuale sulla qualità dell'aria (EEA, [Europe](#), 2019) in cui la **mortalità** in eccesso è correlata a tre parametri ambientali, il **PM2.5**, **NO2** e **O3**. L'ultima stima per l'Italia (dati 2016) riporta un totale di 76.200 morti dovuti a questi parametri, la maggior parte (77% circa) legati al **particolato fine (PM2.5)**. Se poi si guarda la mappa dell'EEA sul valore medio di concentrazione di **PM2.5** (Cfr. cartina), balza immediatamente agli occhi la drammaticità della situazione della pianura padana. Questa situazione cronica è determinata da vari fattori, alta concentrazione di **attività industriali e zootecniche**, alta densità di popolazione e dunque **emissioni da traffico e riscaldamento edifici** e, cosa che gioca un ruolo assai rilevante, condizioni meteorologiche assai sfavorevoli. La mortalità in eccesso è però la punta di un iceberg più ampio di disturbi al **sistema respiratorio** e cardiocircolatorio associato all'esposizione cronica ad elevati livelli di **inquinamento dell'aria**. Dunque, pur senza una "prova" epidemiologica che possa correlare direttamente (e quantitativamente) la severità dell'impatto della **pandemia** con la (pessima) qualità dell'aria è, però, possibile affermare con certezza che la popolazione in **pianura padana** è, più di altre, **cronicamente esposta a elevati livelli di inquinamento dell'aria** e dunque alle **conseguenze che ne derivano**. E che, quindi, questo può essere uno dei co-fattori che plausibilmente aggravano la severità dell'impatto di una **pandemia** che attacca il **sistema respiratorio**.

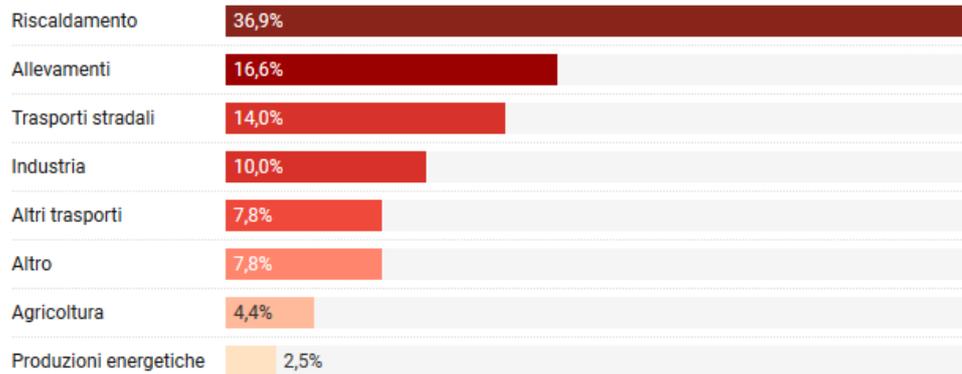
Secondo Greenpeace e ISPRA, per quanto non si possa arrivare ad una conclusione generale quantitativa – i diversi studi valutano contesti specifici sui quali giocano molti fattori diversi – si può però affermare che **l'inquinamento cronico dell'aria**, come i picchi di concentrazione di **polveri sottili** e altri **inquinanti**, agisca come **fattore peggiorativo** nei casi di **epidemie**. Ed è perfettamente plausibile che ciò avvenga, sia come possibile veicolo che amplifica la **diffusione** del **virus**, sia come fattore di **stress cronico**, che potrebbe rendere più vulnerabile la popolazione agli effetti **dell'epidemia**, anche se - *in primis* nel caso italiano - non è possibile stabilire di quanto. Ci vorrà sicuramente una ricerca più ampia, che includa il parametro della **qualità dell'aria**, tra i fattori da considerare.

Un'ultima, e fondamentale considerazione emersa dallo studio congiunto, è la seguente: più famose per essere Regioni trainanti dal punto di vista economico, che territori delicati dal punto di vista ambientale, **Lombardia** ed **Emilia-Romagna** sono aree che possono sopportare uno specifico limite di **inquinamento dell'aria** oltre il quale la situazione può diventare pericolosa per chi vi abita. Infatti, essendo un territorio chiuso su tre lati da montagne, *"la Pianura Padana ha una conformazione che non permette agli inquinanti atmosferici di disperdersi, come invece accade in altre aree d'Italia"*, precisa Guido Lanzani di Arpa Lombardia. Risultato: il livello di **smog** di **Lombardia** ed **Emilia-Romagna** è tra i peggiori in Europa e certamente il peggiore in Italia in termini di **particolato**. Ed i settori che, in Italia, fanno innalzare l'inquinamento da **polveri sottili**, sono quelli riportati nella seguente tabella, che riporta una media di quali settori, dal 1990 al 2018, abbiano maggiormente contribuito alla formazione del particolato PM2,5:

Sulla base dell'[applicazione del principio di precauzione](#), i ricercatori ritengono di poter dare una conclusione chiara: politiche ambientali più severe per il **miglioramento della qualità dell'aria** sono importanti di per sé e l'emergenza che stiamo vivendo non può che rafforzare questa conclusione. Come Greenpeace abbiamo dunque un motivo in più per continuare con ancora maggiore convinzione le nostre campagne per promuovere una **mobilità sostenibile**, uscire dall'era dei **combustibili fossili**, fermare i diesel, ridurre la produzione degli **allevamenti** intensivi, tutte importanti sorgenti di particolato primario o secondario.

Smog, il 54% è prodotto da riscaldamento e allevamenti

Particolato (PM2,5) primario e secondario in Italia in %, anno 2018



Riscaldamento (include residenziale e commerciale); Allevamenti; Trasporti stradali (include veicoli leggeri e merci su strada); Industria; Altri trasporti (ovvero Altri modi di trasporto); Agricoltura (esclusi allevamenti); Produzioni energetiche (ovvero Combustione per la produzione di energia e per la trasformazione dei prodotti energetici); Altro (ovvero altri settori, include fuggitive, solventi, rifiuti)

Fonte: Ispra - Elaborazione Greenpeace Italia • Scaricare i dati • Creato con Datawrapper

Lo **studio epidemiologico di ISS e ISPRA** (di cui si parlerà da pag. 54), segue l'avvio dell'**altra iniziativa promossa da ENEA, Istituto Superiore di Sanità (ISS) e ISPRA-SNPA**, denominato **PULVIRUS**, che si prefigge lo scopo di valutare le conseguenze del **lockdown sull'inquinamento atmosferico e sui gas serra** e, successivamente, le **interazioni fra polveri sottili e virus**, proprio per approfondire e dare una conferma al presunto legame tra COVID-19 e inquinamento atmosferico. Lo stesso Commissario dell'Istituto Superiore di Sanità, Silvio Brusaferrò, ha commentato positivamente l'iniziativa: *"l'emergenza sanitaria della pandemia di COVID-19 è una sfida per la conoscenza sotto molteplici punti di vista e non solo quelli oggi centrali sul fronte dei vaccini e delle terapie. Altri importanti quesiti di ricerca richiedono sforzi congiunti"*.

L'iniziativa nazionale si raccorda, inoltre, con il servizio pre-operativo nazionale, in via di definizione, chiamato **"Qualità dell'Aria – Mirror Copernicus"**, ed è in stretto rapporto con **il progetto europeo Life-Prepair³⁵ sul**



³⁵ Il progetto PREPAIR (*Po Regions Engaged to Policies of AIR*), che ha una durata di **7 anni (1 febbraio 2017 – 31 gennaio 2024)** è guidato dalla **Regione Emilia Romagna**, Direzione Generale cura del territorio e dell'ambiente, e

bacino padano. Il progetto *Pulvirus*, che si dovrebbe sviluppare sull'arco di **un anno** e, entro pochi mesi dovrebbe già rendere disponibili alcuni risultati significativi (su apposito sito Web, fra i quali l'analisi di fattibilità di un sistema di rivelazione precoce da attivare possibilmente prima della prossima stagione autunnale, che costituiranno una formidabile base di dati per gli studi successivi.

Metodologicamente, si basa tanto su **analisi "in silico"³⁶**, ossia la riproduzione dell'interazione fra virus e particolato atmosferico mediante la **simulazione matematica al computer**, quanto su un **modello biologico rappresentativo** delle caratteristiche di **SARS-CoV-2**.

Il progetto intende approfondire, in particolare:

- il discusso **legame fra inquinamento atmosferico e diffusione della pandemia**;
- le **interazioni** fisico-chimiche-biologiche fra **polveri sottili e virus**;
- gli **effetti del "lockdown" sull'inquinamento** atmosferico e sui gas serra.

Nello specifico, il progetto parte dall'evidenza che l'introduzione delle **misure di contrasto al COVID-19** ha causato **riduzioni delle concentrazioni di alcuni inquinanti atmosferici**, riscontrata dai dati delle reti di monitoraggio della qualità dell'aria.

L'analisi preliminare indica che le **concentrazioni degli inquinanti non seguono gli stessi andamenti**, come è inevitabile che sia per fenomeni complessi e non lineari. La diminuzione delle concentrazioni di alcuni inquinanti come il biossido di azoto (NO₂) sembra interessare maggiormente le stazioni di monitoraggio vicine al traffico veicolare e meno quelle lontane dalle sorgenti. Gli andamenti altalenanti della concentrazione del particolato dipendono dal ruolo che la **variabilità meteorologica** e le **reazioni chimiche** in atmosfera giocano nella sua formazione e dispersione. L'obiettivo – conclude l'Agenzia nazionale – è quindi quello di effettuare un'analisi seria e approfondita su queste tematiche, fondata su **protocolli scientifici verificabili**, così da fornire a istituzioni e cittadini informazioni attendibili utili per la migliore comprensione dei fenomeni e l'assunzione delle opportune decisioni. L'obiettivo del team di lavoro del progetto PULVIRUS è di riuscire – entro pochi mesi – a rendere comunque disponibili alcuni risultati significativi, fra i quali l'analisi di fattibilità di un **sistema di rivelazione precoce**, da attivare, possibilmente, prima della prossima stagione autunnale.

coinvolge **17 partner**. Il progetto è finanziato nell'ambito del programma LIFE 2014-2020, mira a realizzare azioni nel bacino padano e in Slovenia, al fine di **migliorare la qualità dell'aria** nel rispetto della normativa europea e nazionale e ad implementare le misure previste dai piani regionali e dagli Accordi di Bacino Padano su vasta scala (istituito dalle regioni dell'area padana, con lo scopo di limitare le emissioni in atmosfera, pianificando azioni comuni nei prossimi anni) per rafforzarne la sostenibilità e la durabilità dei risultati: gli obiettivi di progetto saranno conseguiti attraverso una molteplicità di azioni nei settori della combustione delle biomasse, del trasporto di merci e passeggeri, dell'agricoltura, dell'industria e dell'energia.

³⁶ L'**ANALISI IN SILICO** (locuzione latina, che significa **silicio**), comparsa di recente nella letteratura scientifica, è usata per indicare fenomeni di natura chimico biologica riprodotti in una simulazione matematica al computer, invece che in provetta o in un essere vivente. Infatti il silicio è la sostanza di cui sono fatti i componenti elettronici dei computer, anche se il concetto di simulazione matematica non ha niente a che fare con il silicio. In pratica, l'analisi avviene tramite l'utilizzo di programmi computerizzati (software) per cercare di capire se delle mutazioni genetiche (o varianti) siano patogene o meno.

I dati, i modelli e le elaborazioni, i rapporti e le pubblicazioni verranno resi **disponibili al pubblico** e alla comunità scientifica nazionale attraverso un apposito sito web, costituendo una base di dati per gli studi successivi.

Sebbene, al momento, vi sia **qualcosa di più di una semplice ipotesi circa la correlazione tra inquinamento atmosferico e COVID-19**, quello che è certo è che l'inquinamento atmosferico, aumenta il rischio di infezioni delle basse vie respiratorie, particolarmente in soggetti vulnerabili, anziani e persone con patologie pregresse. In quest'ottica, le ipotesi al momento più accreditate, indicano che un incremento nei livelli di PM, rende il sistema respiratorio più suscettibile all'infezione e alle complicazioni della malattia da coronavirus. Al fine di poter dare una sistematicità e delle risposte ai molti studi elaborati – a livello mondiale - su questo possibile legame, l'**Istituto Superiore di Sanità (ISS)** e l'**Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)**, con il **Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA)**, con la collaborazione scientifica della **RIAS-Rete Italiana Ambiente e Salute** (anche per garantire un raccordo con le strutture regionali sanitarie ed ambientali) hanno avviato uno **STUDIO EPIDEMIOLOGICO A LIVELLO NAZIONALE**, per valutare se e in che misura i livelli di inquinamento atmosferico siano associati agli effetti sanitari dell'epidemia. Poiché un simile tipo di studio richiede degli approcci metodologici multi-disciplinari (**epidemiologia ambientale, malattie trasmissibili, tossicologia, virologia, immunologia**), e competenze chimico-fisiche (**metereologiche e monitoraggio ambientale**), nella fase di sua realizzazione, ci si baserà sul fatto che la diffusione di nuovi casi da COVID-19, segue le modalità del contagio virale, ovvero principalmente per focolai (*cluster*) all'interno della popolazione.

Gli approcci ed i metodi epidemiologici, per lo studio degli effetti dell'inquinamento atmosferico, si baseranno sui dati della **Sorveglianza Integrata Nazionale COVID-19**, e prenderanno in considerazione sia le esposizioni acute (**a breve termine**) che quelle croniche (**a lungo termine**), e prevede lo studio della correlazione la possibilità correlazione e verifica **dei fattori socio-demografici** (età, genere, presenza di patologie preesistenti alla diagnosi di COVID-19) e **socio-economici** (tipo di ambiente di vita e di comunità: urbano-rurale, attività produttive), **associati a:**

- contagio da COVID-19;
- esposizione a inquinamento atmosferico;
- insorgenza di sintomi e loro distribuzione spaziale e temporale;
- gravità degli effetti riscontrati tra gli eventuali casi di COVID-19 e prognosi della malattia
- distribuzione e frequenza degli esiti di mortalità.

Si ritiene utile, in conclusione, riportare il commento del Presidente dell'Istituto superiore di sanità, Silvio Brusaferrò, sul progetto epidemiologico: *“L'emergenza sanitaria della Pandemia di COVID-19, è una sfida per la conoscenza, sotto molteplici punti di vista, e non solo quelli, oggi centrali, sul fronte dei vaccini e delle terapie, in quanto anche altri importanti quesiti di ricerca [molti dei quali sono stati, seppure sommariamente, delineati nel presente*

studio – N.D. R.] che richiedono sforzi congiunti, proprio come quello cui mira lo studio epidemiologico congiunto ISS-SNPA: esplorare il possibile contributo dell'inquinamento atmosferico alla suscettibilità all'infezione da Sars-CoV-2, alla gravità dei sintomi e degli effetti sanitari dell'epidemia" una questione – come abbiamo visto - oggi molto dibattuta in tutto il mondo.

Concludiamo questa rapida e, forzatamente sintetica e **non esaustiva, carrellata dei principali studi e ricerche** che si sono susseguite negli ultimi mesi, dopo lo scoppio della pandemia in Italia, e successivamente nel resto del mondo, ripartendo daccapo, nel senso che l'ultimo paragrafo, prima delle conclusioni, si riallaccia alla SIMA ed al suo studio, che ha dato l'avvio a tutto il resto: è di pochi giorni fa la notizia secondo cui proprio la Società Italiana di Medicina Ambientale ha proposto la costituzione della **Rescop- Research Group on Covid-19 and particulate matter** (acronimo per **"Gruppo di ricerca sul Covid-19 e il particolato"**). Il *team* multidisciplinare, coordinato appunto dalla Società Italiana di Medicina Ambientale (per il coordinamento e la facilitazione dei contatti tra i diversi Istituti, Laboratori e Università che aderiscono al gruppo di ricerca e che sarà impegnata anche con le sue sedi internazionali a Bruxelles, Madrid e New York), offrendo la propria disponibilità a verificare la presenza del coronavirus sul particolato atmosferico delle città più colpite, mentre l'epidemia di Covid-19 è ancora in corso. La task force è composta, attualmente da una quarantina ricercatori provenienti da prestigiose università di tutto il mondo: clinici, epidemiologi, infettivologi, virologi, genetisti, chimici dell'ambiente, biochimici, tossicologi, ingegneri ambientali, modellisti e statistici, molti dei quali sono italiani.

Questi **"Guardiani dell'Ambiente e della Salute"**, proveranno a seguire le tracce del Coronavirus sul particolato di città, fino ad arrivare ad eseguire possibili **prove di vitalità e virulenza da svolgersi in laboratori di virologia di massima sicurezza**, condizione garantita dal centro di ricerca internazionale d'Ingegneria Genetica e Biotecnologia delle Nazioni Unite (ICGEB) di Trieste, diretto da Alessandro Marcello, e dal Centro di Biologia Molecolare Severo Ochoa di Madrid, guidato da Antonio Alcami. Altri importanti **obiettivi** sono:

- 1) sviluppare un protocollo analitico internazionale in base al quale poter confermare o escludere la presenza dell'RNA SARS-CoV-2 sul particolato, in diverse città colpite da epidemie di COVID-19;
- 2) approfondire i modelli di diffusione del virus COVID-19, in relazione ai parametri meteo climatici e d'inquinamento;
- 3) avviare una valutazione specifica della vitalità e virulenza dei virus eventualmente riscontrati sulle polveri sottili;
- 4) individuare delle **applicazioni in ambito preventivo**, come l'uso dei **test sul particolato quale indicatore precoce di future recidive epidemiche**.

Tra gli **atenei aderenti**, partecipano i seguenti:



USA: *Harvard T.H. Chan School of Public Health, Columbia University di New York, Mount Sinai Hospital e University of California a Los Angeles;*



SPAGNA: *Università Complutense di Madrid, Universitat Rovira i Virgili (Università di Reus) di Tarragona e Istituto di Global Health di Barcellona;*



GRAN BRETAGNA: Università di *Oxford* e *Imperial College* di Londra;



ITALIA: Università di Trieste, Federico II di Napoli, Università di Roma “Tor Vergata”, Università di Torino, Università Alma Mater di Bologna e CNR-ISASI.



AUSTRALIA: *Australia's Global University di Sidney*



BRASILE: Università di Rio Grande Do Norte;



CINA: Università di Dali – Yunnan;



GIAPPONE: Università di Nagasaki e Università di Kumamoto.



Università di Bruxelles



Università di Ginevra

L'associazione, attualmente, è già al lavoro per l'ottenimento di evidenze scientifiche utili alla ripartenza e nel caso di eventuali nuove ondate: oltre a Milano, Bergamo e Napoli, sono già in corso test indipendenti a Madrid, Barcellona, Bruxelles, Londra e New York. In conclusione, si riportano le parole di gratificazione ringraziamento del presidente della SIMA: *“Siamo soddisfatti perché con l'appello lanciato da SIMA – dopo la pubblicazione del primo Position Paper sul possibile legame tra inquinamento-COVID-19 e l'annuncio del riscontro del genoma del nuovo coronavirus sul particolato atmosferico di Bergamo grazie alle analisi eseguite dal professor Pallavicini e dal collega Ruscio a Trieste - siamo evidentemente riusciti a stimolare le istituzioni ambientali e sanitarie nazionali a interessarsi al fenomeno, ma soprattutto perché il nostro invito è stato accolto con entusiasmo da molti scienziati di ogni parte del mondo, disposti a verificare la nostra ipotesi di ricerca senza pregiudizi, in puro spirito di amore per la verità. Siamo di fronte a un esempio concreto di profonda comprensione di quella che è la mission etica della ricerca, sempre al servizio del bene comune e della salute delle persone».*

ALCUNE CONCLUSIONI.....PROVVISORIE

Dal momento che la pandemia di COVID-19, è stata caratterizzata da una velocità di contagio mai descritta prima, in occasione di altre epidemie e pandemie influenzali, anche con riferimento a virus appartenenti alla stessa famiglia di coronavirus (appunto i **SARS-CoV**) fin da subito è stata molto grande e approfondita l'attenzione di studiosi e ricercatori di tutte le discipline, per riuscire a capire, sia le modalità di propagazione del virus SARS-CoV-2 e dei suoi meccanismi di interazione con l'ospite, sia di indagare, però, anche **tutte le possibili**

concause che possono aver svolto un ruolo determinante, nella diffusione e nel numero dei contagi, così come nella severità o gravità della malattia.

Secondo gli studi e le ricerche prese in esame, e sebbene il COVID-19 sia un virus nuovo, in una **popolazione immunologicamente primitiva**, sicuramente, non esistono dubbi sul fatto che la **suscettibilità al contagio e la severità dei sintomi**, dipendono **da molteplici fattori**, quali le caratteristiche dell'ospite, il meccanismo di diffusione, l'interazione del virus e, appunto, **anche le condizioni ambientali** nelle quali esso si è diffuso.

Praticamente tutti gli studi e le ricerche analizzate, partivano dal tentativo metodologico di provare a fornire delle risposte plausibili, alle seguenti domande:

- a) L'inquinamento atmosferico (soprattutto il Particolato PM) ha direttamente contribuito a favorire il contagio?
- b) Esso ha peggiorato le conseguenze dell'esposizione al virus COVID-19?
- c) Contenere il particolato atmosferico, ha potuto, o può, in qualche misura, modificare il corso dell'epidemia da COVID-19?

Provando a riassumere, in modo comparativo, le diverse conclusioni o, forse meglio dire, gli "abbozzi" di conclusioni, emersi da tutti gli studi e le ricerche che sono state analizzate e descritte nella presente ricerca, sembrano emergere i seguenti aspetti peculiari e sufficientemente condivisi dai differenti autori:

- Sebbene la scoperta di una **correlazione tra esposizione a lungo termine a particolato atmosferico PM 2.5 e PM10) e il rischio di diffusione, contagio e morte da COVID-19**, potrebbe anche rappresentare un **indicatore** per rilevare precocemente la **ricomparsa** del virus e adottare, di riflesso, adeguate misure preventive, prima dell'inizio di una nuova **epidemia**, siamo **lontani dalla dimostrazione di una nuova via di contagio**. Nella valutazione degli studi, infatti, è necessario anche tenere conto del fatto che, per una **epidemia con contagio per via respiratoria**, il **maggior determinante della diffusione** sono la **frequenza e la vicinanza dei contatti tra le persone**. Facendo riferimento all'area più colpita d'Europa, ovvero la **Pianura Padana** (di cui si è, molto parlato nei vari studi e ricerche analizzati) rappresenta indubbiamente, non solo **l'area urbanizzata a più alto tasso di inquinamento atmosferico d'Europa**, ma è anche una delle **aree maggiormente industrializzate in Italia (e in Europa)** e, conseguentemente, con un numero elevato di contatti internazionali e, anche durante il *lockdown*, le attività produttive (per beni essenziali e produzioni definite strategiche, ma non solo purtroppo) sono sempre rimaste attive con un elevato numero di spostamenti interni e di contatti. Questo aspetto, da solo, può essere considerato **il maggiore determinate della epidemia in quella regione**.
- Diversi studi – soprattutto in seguito alla conferma, venuta dallo studio della SIMA, di aver **ragionevolmente dimostrato la presenza di RNA virale del SARS-CoV-2 sul particolato atmosferico**, rilevando la presenza di **geni altamente specifici**, utilizzati come marcatori molecolari del virus, in due analisi genetiche parallele - sono giunti alla conclusione che, se la relazione spaziale tra i livelli di particolato (PM) ed il numero di casi infetti, può trovare spiegazione nella associazione con altri fattori, molto più difficile

risulta, invece spiegare, con fattori diversi dai livelli di PM, la relazione temporale tra l'occorrenza di episodi di forte inquinamento ed il successivo incremento dei contagi.

Pur rimanendo un'ipotesi molto **plausibile, non** è, invece, stato dimostrato un **ruolo diretto dell'inquinamento, nel favorire il contagio**; la plausibilità è rappresentata dal fatto che, quasi tutte le ricerche esaminate e in modo quasi unanime, indica in ogni caso, l'inquinamento atmosferico come un fattore certamente determinante nel peggiorare le conseguenze sanitarie della esposizione al virus COVID-19, sia **in modo diretto**, come "carrier", sia in **modo indiretto** come "**amplificatore**" (**booster**) degli effetti del patogeno, sul polmone.

- Pertanto, rimane molto valida, la raccomandazione SIMA di agire, in ogni caso, anche sull'inquinamento atmosferico, proprio allo scopo di limitare gli effetti del COVID-19, nonostante gli effetti attesi da tale misura - come indicato dalla letteratura citata (almeno sino ad oggi) - non saranno di entità tale da modificare in modo sostanziale il corso della epidemia. Però, è anche altamente probabile che, col passare del tempo, le evidenze scientifiche dovrebbero diventare ancora più numerose e, con ogni probabilità, più dettagliate e precise. Ne è una chiara "anticipazione", la costituzione del "Gruppo di ricerca sul Covid-19 e il particolato" costituito da un team multidisciplinare, di cui si è già detto, a pag. 55. E' all'incirca, lo stesso concetto ripreso dal **Stephen Holgate**, professore clinico di Immunofarmacologia e medico consulente onorario in medicina della **Southampton University**, quando afferma: *"Sappiamo con certezza che possiamo e dobbiamo impegnarci, in qualsiasi caso, per mantenere pulita la nostra aria. Correlazione o meno tra i due fenomeni (COVID-19 e inquinamento atmosferico), questa non sarà l'ultima pandemia che affronteremo, e dobbiamo avere la lungimiranza di proteggere la nostra salute"*.
- Secondo alcuni studiosi, le conclusioni cui sono giunti la prima fase della ricerca della SIMA e la ricerca della **HARVARD University**, al di là di **alcune osservazioni critiche**, molto puntuali, **sulla metodologia adottata**, non possono che richiamarsi alla **cautela nell'interpretare la enorme massa di dati di cui si dispone**, nei più svariati campi delle discipline scientifiche e/o sociali. La sollecitazione a ricercare elementi comuni tra fenomeni diversi, a correlare grandezze apparentemente aliene, pur rappresentando certamente un positivo indice di grande dinamismo scientifico, deve comunque anche tenere presente che ciascun passo condotto in questa direzione, può anche essere accompagnato da una serie di contraddizioni, sia interne che esterne all'ambito stesso della ricerca scientifica. Pertanto, è **la domanda centrale** che si pongono questi ricercatori, è la seguente: **se è vero**, com'è vero ed indubitabile, che esiste **un rischio climatico e che l'inquinamento globale sia una delle cause principali di questo problema** (e di molti altri) che affligge l'umanità, e che sulle cause e i meccanismi complessi legati all'inquinamento globale si hanno sufficienti conoscenze scientifiche, **"è possibile affermare lo stesso anche per i rischi biologici, per l'origine e la diffusione dei virus, dei loro comportamenti ed effetti ?"** Certamente non è possibile, ora rispondere ad una questione così complessa e così centrale ma, se c'è un aspetto che l'attuale pandemia in corso ha messo, abbastanza chiaramente, in luce è che le istituzioni di ogni paese e parte della stessa comunità scientifica, si sono dimostrate impreparate ad affrontare un evento

del genere e ancora adesso si fa fatica a far accettare loro che, al pari di altri rischi, esiste un rischio biologico globale che va assunto come tale dalla comunità internazionale con tutte le implicazioni che ciò comporta. E' interessante, a questo proposito, citare quanto scrisse, già nel 2016, il biologo evoluzionista americano³⁷, Dr. Rob S. Wallace, nel suo ultimo libro "Big Farms Make Big Flu", "**il vero pericolo di ogni nuovo focolaio, è costituito dal rifiuto di capire che il CoViD-19 non è un incidente isolato. L'aumento della presenza di virus è legato alla produzione alimentare e al profitto delle multinazionali. Chiunque miri a capire perché i virus stanno diventando sempre più pericolosi, deve indagare sul modello industriale dell'agricoltura e, più specificamente, della produzione zootecnica. Ma ora, pochi governi e pochi scienziati sono disposti a farlo**".

- Il fatto che **l'interazione tra cambiamento ambientale e insorgenza di malattie infettive**, fino ad oggi, **non ha ancora**, purtroppo, **ricevuto la necessaria e sufficiente attenzione** che, invece meriterebbe, apre un altro tema fondamentale che questa pandemia ha "scoperchiato" ovvero quello dell'assoluta necessità di ricerca e di divulgazione dei risultati che emergono da tali studi e ricerche. Inoltre, emerge anche il rischio che gli sforzi degli scienziati rischino di diventare, se non inutili, per lo meno poco efficaci, se non ci sono scambi e relazioni multidisciplinari tra istituti di ricerca e, ancora di più, vani, se l'informazione scientifica non è tradotta in azione per la prevenzione della salute e la cura del cittadino. Ecco perché, la comunità scientifica continua la sua corsa, per fornire gli strumenti necessari a chi governa, non solo per affrontare l'emergenza del COVID-19 durante questa delicatissima fase, ma anche, e soprattutto, per pianificare un futuro nel quale, le scelte di oggi aiutino a risolvere i problemi che verranno, invece, che rischiare solo di esasperarli. Il campanello è suonato, l'allarme è arrivato, sarebbe irresponsabile per le nostre vite, la nostra società, la nostra economia, non trarne le corrette conseguenze.

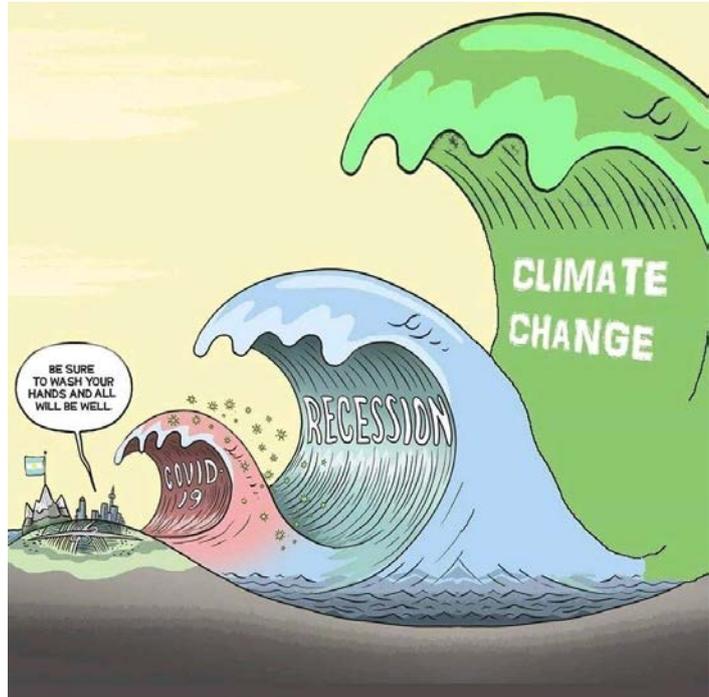
In conclusione, in qualità di redattore della presente ricerca, mi permetto di concludere il lavoro, con alcune **riflessioni più di carattere personale**, certamente non relative agli aspetti epidemiologici e sanitari (perché le mie competenze professionali e di ricerca si muovono nell'ambito dei temi ambientali e, specificatamente, del cambiamento climatico) quanto sull'importanza fondamentale di tutela l'ambiente a cominciare proprio dall'inquinamento atmosferico (ma non solo) dei grandi centri urbani, e le conseguenze che una pandemia così aggressiva e dagli effetti devastanti come la Sars-CoV-2, può avere anche a livello ambientale, sociale ed economico.

Tra chi "pronostica" che la **crisi pandemica da COVID-19**, null'altro sia, se non **un'anticipazione di quella climatica**, e chi, invece, ne approfitta per chiedere **deregolamentazioni sul fronte della tutela ambientale**, siamo in molti, credo, a domandarci come cambierà il nostro rapporto con la natura e con l'ambiente che ci circonda, una volta

³⁷ Il Dr. Robert S. Wallace, è professore presso il Department of Ecology, Evolution, and Organismal Biology (EEOB) della Iowa State University.

“sconfitto” il virus. Capiremo, finalmente, l’urgenza di una radicale inversione di rotta, oppure torneremo alla vita di sempre?

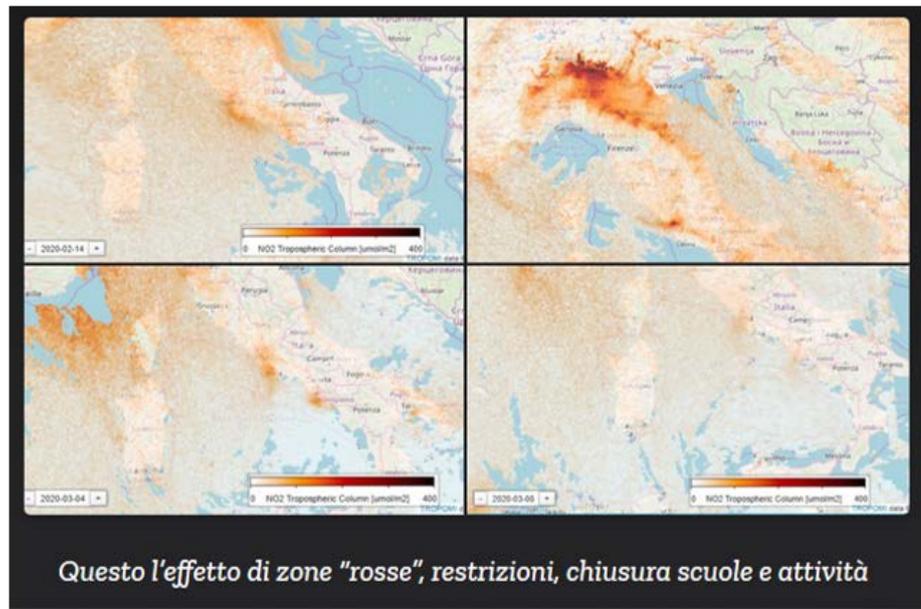
Sono convinto che la migliore risposta, sia quella che è stata sintetizzata simpaticamente ed in modo mirabile (non so da chi) nell’illustrazione sottostante: un monito importante e assai chiaro, per tutti coloro che ritengono sia possibile, ed anzi opportuno che, nel breve periodo, si torni a puntare sulle fonti fossili o che auspicano la riduzione degli standard ambientali, per favorire la ripresa e propagandato come unica e possibile necessità di rimettere in moto tutti quei settori produttivi ed economici sonoramente colpiti dagli effetti della pandemia da COVID-19. Sono fermamente convinto che – indipendentemente dalla emergenza COVID-19, la riduzione degli standard ambientali e degli obiettivi di riduzione delle emissioni inquinanti, sarebbero la risposta più sbagliata ad una crisi sanitaria che ha, come abbiamo visto all’inizio della presente ricerca, profonde radici ambientali. Sta a tutti noi, impedire che questo accada. E se pensiamo all’unico vero beneficio a



lungo termine della **quarantena** (quello a breve termine, lo darei per scontato, visto che ha permesso di salvare decine di migliaia di vite) che è stato quello di averci mostrato un mondo che può essere molto diverso e “più sano” di quello ante-pandemia, ci potremo trovare davanti a due possibilità, tra loro molto diverse:

- 1) Il pericolo di un “effetto rimbalzo”, determinato da un forte – molto probabilmente scriteriato e scellerato - allentamento delle salvaguardie ambientali, per le quali alcuni politici italiani e molte categorie stanno spingendo (condoni edilizi, ritorno immediato all’ piena produttività e con fonti energetiche solo fossili, addirittura sollecitando l’Unione europea ad abbandonare il progetto del *Green New Deal*, per dedicare più risorse all’economia in crisi., ecc.). Sarebbe (o sarà ??!!) la constatazione piuttosto amara del fatto che la lunga, e certamente faticosa, quarantena, **non** ha portato a **nessun cambiamento sistematico e strutturale**, nel senso che abbiamo **semplicemente premuto il tasto “pausa”** e quando il sistema economico ripartirà, torneranno tutti gli effetti negativi conseguenti.

2) Sebbene vi sia la piena consapevolezza che la soluzione ai sempre più gravi problemi ambientali, non possa certo consistere in uno stato di perenne quarantena quarantena, affinché il modello produttivo e il sistema economico del nostro Paese (ma il discorso vale, ovviamente a livello planetario) possano fornire anche quegli indispensabili benefici ambientali, sanitari, sociali ed economici permanenti, dovranno staccarsi rapidamente e, di fatto, definitivamente dalle fonti energetiche fossili. L'alternativa, ci dicono climatologi e studiosi ambientali, saranno solamente piccoli e temporanei benefici, destinati però ad evaporare in poco o pochissimo tempo. Possiamo, allora, porci la domanda "Come cambierà il nostro mondo dopo quest'emergenza, e come, sarebbe auspicabile che cambiasse?"



Fonte: Santiago Gassò, ricercatore dell'Università di Washington e della [Nasa](#).

In Italia, così come all'estero, abbiamo tutti potuto constatare, credo in maniera molto evidente che, la soluzione a problemi così complessi e così globali anche, come quelli legati non solo alla pandemia da COVID-19 in sé, ma bensì alle cause antropiche che tale pandemia hanno causato (e di cui abbiamo parlato nelle prime pagine della presente ricerca), debba passare da un insieme di comportamenti individuali e regole collettive, spesso, erroneamente, considerate come un'alternativa di scelta tra misure dal basso o regole imposte dall'alto; mentre credo fermamente che l'unica strada, sia un insieme delle due, per l'epidemia COVID-19, così come per i cambiamenti climatici, sperando soprattutto in cambiamenti effettivi.

Esiste una grande differenza tra la percezione della minaccia del virus, che abbiamo già sperimentata, e che ci sembra immediata e la temiamo perché è, per così dire, scritta nel nostro DNA (ad es., come la paura dei serpenti o dei ragni); diverso, invece è il discorso sulla percezione della minaccia dei cambiamenti climatici (rappresentati dalla gigantesca onda verde dell'immagine di qualche pagina fa): non la percepiamo allo stesso modo e con la stessa paura, un po' perché non si è mai realizzata in passato e un po' perché non ci tocca direttamente – noi occidentali – come purtroppo accade, invece, in tante altre aree del Pianeta (per lo più, per giunta, anche molto povere).

Desidero concludere questo studio, citando un'importanti riflessione del mio giovane, ma già molto noto ed esperto collega forestale, dott. Giorgio Vacchiano³⁸ come risposta alla domanda postagli su: Che cosa **dovremmo tenere a mente una volta rientrata l'emergenza?** *“Dobbiamo ricordarci, come Paese, che gli investimenti in ricerca e sviluppo in campo scientifico sono strategici. Un'altra speranza, è che ci sia una svolta nella lotta contro le fake news in campo scientifico, perché a quel punto sarà chiaro che non c'è differenza tra notizie false sul coronavirus e notizie false sul cambiamento climatico, che invece trovano ancora spazio su media e piattaforme social”*.

Mi auguro, dunque, che lo studio qui proposto possa fornire un piccolo contributo, certamente non esaustivo, né tanto meno definitivo, al raggiungimento degli obiettivi fondamentali, tra i tanti, indicati da Vacchiano.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI e SITOGRAFICI

Ali ST., Wu P., Cauchemez S., He D., Fang VJ., Cowling BJ., Tian L. – *“Ambient ozone and influenza transmissibility in Hong Kong”*. *Eur Respir J* 2018; **51** (5).

Arpa (Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale) della Lombardia – *“Air pollutants monitoring”*. Available at: www.arpalombardia.it

Becchetti L., Conzo G., Pierluigi Conzo P., Salustri F. – *“Understanding the heterogeneity of adverse COVID-19 outcomes: the role of poor quality of air and lockdown decisions”*. Social Science Research Network (SSRN), May 5, 2020.

Bianchi F & Cibella F (2020) Re: *“Air pollution and Covid19: how to compose the puzzle. Rapid response to: Covid-19: a puzzle with many missing pieces”*. *BMJ* 2020, 368: m627; doi: <https://doi.org/10.1136/bmj.m627>.

Cheng V., Wong S-C., Chen J., Yip C, Chuang V., Tsang O., et al. (2020) Escalating infection control response to the rapidly evolving epidemiology of the Coronavirus disease 2019 (COVID-19) due to SARS-CoV-2 in Hong Kong. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2020 Mar 5 [Epub ahead of print]

Comunicato ARPAV (Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto): *“Tra COVID-19 e inquinamento atmosferico nessuna associazione causale verificata, servono cautela e approccio scientifico”*. Disponibile al seguente link: <https://www.arpa.veneto.it/arpavinforma/comunicati-stampa/archivio/comunicati-2020/arpav-tra-COVID-19-e-inquinamento-atmosferico-nessuna-associazione-causale-verificata-servono-cautela-e-approccio-scientifico>

³⁸ Ricercatore in gestione e pianificazione forestale, presso l'Università Statale di Milano.

Comunicato Regione Emilia-Romagna: “*L’associazione tra smog e COVID-19 ipotesi non verificata*”. Disponibile al seguente link:

https://www.arpae.it/dettaglio_notizia.asp?id=11080&idlivello=1504

Conticini, E.; Frediani, B.; Caro, D. – “*Can atmospheric pollution be considered a co-factor in extremely high level of SARS-CoV-2 lethality in Northern Italy?*”. *Environmental Pollutin*, 2020, 114465. [[CrossRef](#)]

Corman, V. M., Landt, O., Kaiser, M., Molenkamp, R., Meijer, A., Chu, D. K., & Mulders, D. G. (2020) - *Detection of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) by real-time RT-PCR*. *Eurosurveillance*, 25(3), available at:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6988269/>

Cui, Y.; Zhang, Z.-F.; Froines, J.; Zhao, J.; Wang, H.; Yu, S.-Z.; Detels, R. Air pollution and case fatality of SARS in the People’s Republic of China: An ecologic study. *Environ. Health* 2003, 2, 15. [[CrossRef](#)]

Italian Aerosol Society (IAS) – “*Contributo IAS alla discussione sulla relazione tra inquinamento da particolato atmosferico e diffusione del COVID-19*”. Available at:

<http://www.iasaerosol.it/it/news-ita/96-contributo-ias-alla-discussione-sulla-relazione-tra-inquinamento-da-particolato-atmosferico-e-diffusione-del-covid-19>

Dipartimento della Protezione Civile Italiana – “*COVID-19 Italia: monitoraggio della situazione*”. Map available at:

<http://opendatadpc.maps.arcgis.com/apps/opsdashboard/index.html#/b0c68bce2cce478eaac82fe38d4138b1>

EEA (European Environmental Agency) – “*Air Quality in Europe 2019 Report*”; No 10/2019; European Environment Agency: Copenhagen, Denmark, available at:

<https://www.eea.europa.eu/publications/airquality-in-europe-2019>

EEA (European Environmental Agency) – “*European air quality index*”. Available at:

<https://airindex.eea.europa.eu/#>.

Italian Society of Environmental Medicine (SIMA-Società Italiana di Medicina Ambientale) – “*Position Paper - Particulate Matter and COVID-19*”. Available at:

http://www.simaonlus.it/wpsima/wp-content/uploads/2020/03/COVID_19_positionpaper_ENG.pdf

[Positionspapier: Relazione circa l’effetto dell’inquinamento da particolato atmosferico e la diffusione di virus nella popolazione. 2020, SIMA, University of Bologna, University of Bari](#)

G. Grasselli et al.,-“*Critical Care Utilization for the COVID-19 Outbreak in Lombardy, Italy Early Experience and Forecast During an Emergency Response*”. 2020, JAMA (Journal of American Medical Association). Available at:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32167538/>

Istituto Superiore di Sanità (ISS) - “**Epidemia COVID-19 /Aggiornamento nazionale**”. Roma, Maggio 2020. Available at: https://www.epicentro.iss.it/coronavirus/bollettino/Bollettino-sorveglianza-integrata-COVID-19_20-maggio-2020.pdf

Italian Ministry of Health (ISS-Istituto Superiore di Sanità) – “**Daily bulletin Covid-19 outbreak in Italy**”. Available at: http://www.salute.gov.it/imgs/C_17_notizie_4451_0_file.pdf

Iuliano AD, Roguski KM, Chang HH, Muscatello DJ, Palekar R, Tempia S, et al. – “**Global seasonal influenza-associated mortality collaborator network**”. *Lancet* 2018; **391** (10127):1285–300.

Lewis D. (2020) - “**Is the coronavirus airborne? Experts can’t agree**”. *Nature*, Vol. 580, 175, 9 April 2020.

Ma, Y., Zhou, J., Yang, S., Zhao, Y., Zheng, X. – “**Assessment for the impact of dust events on measles incidence in western China**”. *Atmospheric Environment*. 157, 1-9 (2017). Available at: <https://media.nature.com/original/magazine-assets/d41586-020-00974-w/d41586-020-00974-w.pdf>

Maffei G. et alii (*Steering Committee* del progetto Centro nazionale per la prevenzione e il controllo delle malattie-Ccm) – “**Aria e Covid-19, il documento della Rete italiana ambiente e salute RIAS (Rete italiana ambiente e salute)**”. RIAS, DIMES Università di Bologna, CDR Ambiente, Prevenzione e Salute ARPA Emilia Romagna. Available at: https://www.arpae.it/dettaglio_notizia.asp?id=11125&idlivello=1171

Martelletti, L.; Martelletti, P. – “**Air Pollution and the Novel Covid-19 Disease: A Putative Disease Risk Factor**”. *SN Compr. Clin. Med.* **2020**. [[CrossRef](#)]

NASA – “**Earth Observatory**”. Available at: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/15900/smog-in-northern-italy>.

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2020). “**Rapid Expert Consultation on the Possibility of Bioaerosol Spread of SARS-CoV-2 for the COVID-19 Pandemic**”. (April 1, 2020). <http://nap.edu/25769>

Pan, M., Lednicky, J.A., Wu, C.-Y. – “**Collection, particle sizing and detection of airborne viruses**”. *Journal of Applied Microbiology*, 127, 1596-1611 (2019)

Re S. (Climate Media Centre, Milan, Italy), Facchini A. (IMT School for Advanced Studies, Lucca, Italy) - “**Potential effects of airborne particulate matter on spreading, pathophysiology and prognosis of a viral respiratory infection**”. 02/04/2020 – repo.epiprev.it/688

Reche, I.; D'Orta, G.; Mladenov, N.; Winget, D.M.; Suttle, C.A. – “*Deposition rates of viruses and bacteria above the atmospheric boundary layer*”. The ISME Journal. 2018, 12, 1154–1162. [[CrossRef](#)]

Sajadi, M.M.; Habibzadeh, P.; Vintzileos, A.; Shokouhi, S.; Miralles-Wilhelm, F.; Amoroso, A. – “*Temperature, Humidity and Latitude Analysis to Predict Potential Spread and Seasonality for COVID-19*”. 2020. Available online: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3550308 (accessed on 28 April 2020). [[CrossRef](#)]

Schwartz KL, Murti M, Finkelstein M, Leis J, Fitzgerald-Husek A, Bourns L, et al. (2020) – “*Lack of COVID-19 Transmission on an International Flight*”. CMAJ, Published on: 24 February 2020 (<https://www.cmaj.ca/content/192/7/E171/tab-e-letters#lack-of-covid-19-transmission-on-aninternational-flight>).

Setti L et al (2020): *POSITION PAPER – “Relazione circa l’effetto dell’inquinamento da particolato atmosferico e la diffusione di virus nella popolazione.”* Mar 2020 - Position Paper. 2020. Available at: [Position Paper congiunto della Società Italiana di Medicina Ambientale](#) (accessed on 10 March 2020).

Setti L., Passarini F., De Gennaro G., Barbieri P., Perrone M.G., Piazzalunga A., Borelli M., Palmisani J., Di Gilio A, Piscitelli P, Miani A. - “*Is there a Plausible Role for Particulate Matter in the spreading of COVID-19 in Northern Italy?*”, BMJ Rapid Responses, April 8th 2020, available at: <https://www.bmj.com/content/368/bmj.m1103/rapid-responses>

Setti, L.; Passarini, F.; Gennaro, G.D.; Barbieri, P.; Perrone, M.G.; Borelli, M.; Palmisani, J.; Gilio, A.D.; Torboli, V.; Pallavicini, A.; et al. “*SARS-Cov-2 RNA Found on Particulate Matter of Bergamo in Northern Italy: First Preliminary Evidence*”. medRxiv 2020. [[CrossRef](#)] © 2020 by the authors.

Su, W., Wu, X., Geng, X. et al.- “*The short-term effects of air pollutants on influenza-like illness in Jinan, China*”. BMC Public Health 19, 1319 (2019). <https://doi.org/10.1186/s12889-019-7607-2>

Tian S, Hu N, Lou J, Chen K, Kang X, Xiang Z, Chen H, Wang D, Liu N, Liu D, Chen G, Zhang Y, Li D, Li J, Lian H, Niu S, Zhang L, Zhang J. J Infect – “*Characteristics of COVID-19 infection in Beijing*”. 2020 Feb 27. pii: S0163-4453(20)30101-8. doi: [10.1016/j.jinf.2020.02.018](https://doi.org/10.1016/j.jinf.2020.02.018)

Tsai, D.H., Riediker, M., Berchet, A., et al., - “*Effects of short- and long-term exposures to particulate matter on inflammatory marker levels in the general population*”. 2019, Environ. Sci. Pollut. Res. Int. 26 (19), 19697e19704.

Van Doremalen, N.; Bushmaker, T.; Morris, D.; Holbrook, M.; Gamble, A.; Williamson, B.; Tamin, A.; Harcourt, J.; Thornburg, N.; Gerber, S.; et al. “*Aerosol and surface stability of HCoV-19 (SARS-CoV-2) compared to SARS-CoV-1*”. N. Engl. J. Med. 2020, 382, 16. [[CrossRef](#)]

Yao, Y.; Pan, J.; Wang, W.; Liu, Z.; Kan, H.; Meng, X.; Wang, W. Spatial Correlation of Particulate Matter Pollution and Death Rate of COVID-19. medRxiv **2020**. [[CrossRef](#)]

Ye, Q.; Fu, J.; Mao, J.; Shang, S. Haze is a risk factor contributing to the rapid spread of respiratory syncytial virus in children. Environ. Sci. Pollut. Res. **2016**, 23, 20178–20185. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]. Challenges **2020**, 11, 6 12 of 12.

World Health Organisation (WHO) – “*Modes of transmission of virus causing COVID-19: implications for IPC precaution recommendations*”. SCIENTIFIC BRIEF; available at: <https://www.who.int/newsroom/commentaries/detail/modes-of-transmission-of-virus-causing-covid-19-implications-for-ipcprecaution-recommendations>. (29 March 2020).

World Air Quality Index – “*Inquinamento atmosferico mondiale: indice di qualità dell’aria in tempo reale*”. Map available at: <https://waqi.info/it/>.

Wu, X.; Nethery, R.C.; Sabath, B.M.; Braun, D.; Dominici, F. – “*Exposure to Air Pollution and COVID-19 Mortality in the United States*”. medRxiv **2020**. [[CrossRef](#)]

WWF Italia – “**Pandemie, l’effetto boomerang della distruzione degli ecosistemi. Tutelare la salute umana conservando la biodiversità**”. 2020

Available at:

https://d24qi7hsckwe9l.cloudfront.net/downloads/biodiversita_e_pandemie_31_3.pdf

Zhao, Y.; Richardson, B.; Takle, E.; Chai, L.; Schmitt, D.; Xin, H.- “*Airborne transmission may have played a role in the spread of 2015 highly pathogenic avian influenza outbreaks in the United States*”. Sci. Rep. **2019**, 9, 11755. [[CrossRef](#)]