



Università degli Studi di Catania

Dipartimento di Scienze del Farmaco

Corso di Laurea in Tossicologia dell'Ambiente e degli Alimenti

L'aria che respiriamo

Docente

Prof. Rosario Pignatello

Relatori

Andriolo Cristina
Barbiero Emanuela
Bosco Georgiana
Cantaro Valentina
D'Anna Giovanni
Di Bassiano Helene
Emanuele Roberta
Mirabella Cristina
Nuzzi Carmelo
Piyadigamage Manuela
Valenti Carmen
Vecchia Federica

A.A 2013/2014

SOMMARIO

Collegare scienza, politica e pubblico	3
L'aria che respiriamo	6
La qualità dell'aria in Europa oggi	10
Una questione di chimica	12
Aria e cambiamenti climatici	14
Dublino affronta l'impatto dell'inquinamento atmosferico sulla salute	17
Qualità dell'aria negli ambienti chiusi	19
Sviluppare le nostre conoscenze sull'aria	22
Legislazione sulla qualità dell'aria in Europa	25

Collegare scienza, politica e pubblico

L'atmosfera, è stata per lungo tempo oggetto di interesse ed osservazione; infatti fin dal IV secolo a.C., il grande filosofo Aristotele raccolse le sue riflessioni su tutte le scienze naturali in generale, compresi i modelli climatici, nel trattato "Meteorologia". Fin quando Galileo Galilei non dimostrò l'importanza dell'aria, questa rappresentava il "nulla". Grazie alle conoscenze attuali, si può comprendere molto meglio la nostra atmosfera, quindi installare stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria che permettono di visualizzare i dati relativi alla sua composizione chimica, avendo inoltre un quadro più chiaro delle fonti di inquinamento atmosferico che colpiscono l'Europa; quindi è possibile stimare le quantità di sostanze inquinanti rilasciate nell'aria da singoli impianti industriali, prevedere e monitorare i movimenti atmosferici ed offrire accesso gratuito ed immediato a queste informazioni. L'atmosfera è dinamica e complessa; l'aria e le sostanze inquinanti che contiene si spostano attorno al globo. L'inquinamento atmosferico è un termine che indica tutti gli agenti fisici, chimici e biologici che modificano le caratteristiche naturali dell'atmosfera; un contaminante è "ogni cosa che viene aggiunta all'ambiente che causa una deviazione dalla composizione geochimica media", quindi l'inquinante, per essere considerato tale, deve essere un contaminante responsabile di causare effetti nocivi sia all'ambiente che all'uomo. I fenomeni di inquinamento sono il risultato di una complessa competizione tra fattori che portano ad un accumulo degli inquinanti ed altri che invece determinano la loro rimozione e la loro diluizione in atmosfera. L'entità e le modalità di emissione (sorgenti puntiformi, diffuse, altezza di emissione, ecc.), i tempi di persistenza degli inquinanti, il grado di mescolamento dell'aria, sono alcuni dei principali fattori che producono variazioni spazio-temporali della composizione dell'aria. Gli inquinanti reagiscono, per questo li distinguiamo in:

- **Primari:** per inquinanti primari si intendono quegli inquinanti che vengono emessi direttamente in atmosfera tale e quali, cioè non subiscono altre modifiche una volta emessi, la loro immissione nell'ambiente deriva dal rilascio di sostanze o particelle prodotte dal comparto; il monossido di carbonio è un esempio di inquinante primario, perché è un sottoprodotto della combustione, ma lo sono anche le polveri che si sviluppano da eventi naturali.
- **Secondari:** per inquinanti secondari invece si intende tutti gli inquinanti che si formano in atmosfera tramite delle reazioni chimiche tra varie sostanze presenti (queste sostanze possono essere inquinanti primari oppure no); la formazione di ozono nello smog è un esempio di inquinante secondario.

Esistono inoltre inquinanti, come il particolato fine, in cui, secondo molti studi, si equivalgono numericamente le componenti primarie e secondarie. Molti fattori influiscono sulla qualità dell'aria che respiriamo, come l'ammoniaca emessa dal settore agricolo, gli incendi dei boschi, le emissioni prodotte dai

gas di scarico degli autoveicoli nelle aree urbane, le eruzioni vulcaniche, le centrali elettriche a carbone presenti su tutto il pianeta, ecc. In alcuni casi le fonti di inquinamento si trovano a migliaia di chilometri di distanza dai luoghi in cui si verificano i danni. Una cattiva qualità dell'area può avere effetti nocivi, oltre che sull'ambiente, anche sulla nostra salute e sul nostro benessere; infatti l'inquinamento atmosferico, oltre a danneggiare foreste, ridurre i rendimenti dei raccolti, corrodere gli edifici ed acidificare suoli ed acque, può aggravare o addirittura provocare malattie respiratorie. Molti inquinanti atmosferici contribuiscono al cambiamento climatico, che può influire sulla qualità dell'aria in futuro. La qualità dell'aria in Europa è migliorata negli ultimi 60 anni grazie a numerose prove scientifiche, alle richieste dell'opinione pubblica e a varie normative, infatti sono diminuite notevolmente le concentrazioni di alcuni inquinanti atmosferici, come l'anidride solforosa, il monossido di carbonio, il benzene e soprattutto il piombo, le quali concentrazioni sono diminuite nettamente al di sotto dei limiti stabiliti dalla legislazione vigente. Ma nonostante le politiche attuate abbiano avuto risultati positivi, l'Europa non ha ancora raggiunto la qualità dell'aria prevista dalla propria legislazione e desiderata dai proprio cittadini. Sebbene siano diminuite le quantità di alcune sostanze tossiche come quelle prima elencate, rimangono ancora elevati valori di alcune sostanze inquinanti, come il particolato e l'ozono, che aggravano seriamente la salute dell'uomo e dell'ambiente. Le attuali leggi riguardo la qualità dell'aria sono rivolte a specifici settori, processi, combustibili e sostanze inquinanti; alcune di queste leggi fissano dei limiti relativi alla quantità di sostanze inquinanti che i paesi possono rilasciare nell'atmosfera, altre sono volte a ridurre l'esposizione della popolazione a livelli dannosi di sostanze inquinanti, limitando le alte concentrazioni. La maggior parte dei paesi dell'Unione Europea, non riesce a raggiungere i propri obiettivi riguardo la riduzione delle emissioni di sostanze che potrebbero inquinare l'atmosfera, in particolare gli ossidi di azoto. Per molte aree urbane le concentrazioni rappresentano una sfida, in quanto devono far fronte a livelli molto alti di particolato, biossido di azoto ed ozono, molto più elevati rispetto alle soglie fissate dalla legislazione. Da recenti sondaggi è emerso che la popolazione europea mostra una chiara preoccupazione riguardo la qualità dell'aria; quasi un europeo su cinque soffre di problemi respiratori, anche se non sempre legati alla cattiva qualità dell'aria, quattro europei su cinque ritengono che l'Unione Europea dovrebbe adottare ulteriori misure per affrontare i problemi legati alla qualità dell'aria, meno del 20% degli europei pensa che la qualità dell'aria in Europa sia migliorata, nonostante i significativi miglioramenti ottenuti negli ultimi decenni, più della metà degli europei pensa addirittura che sia peggiorata negli ultimi dieci anni, e infine, tre europei su cinque non si sentono sufficientemente informati sulle questioni relative alla qualità dell'aria nel proprio paese. Proprio per questo motivo la comunicazione sulle questioni legate alle qualità dell'aria è di fondamentale importanza, perché potrebbe non solo accrescere la comprensione relativa all'attuale stato della qualità dell'aria in Europa, ma anche aiutare a ridurre l'esposizione ad alti livelli di inquinanti atmosferici. Conoscere i livelli di inquinamento della città in cui si vive e avere accesso ad informazioni accurate, potrebbe essere molto importante, soprattutto per alcune persone, i cui familiari soffrono di malattie respiratorie o

cardiovascolari. Quest'anno l'Unione Europea inizierà a delineare la sua politica futura riguardo la qualità dell'aria, ma non sarà un compito facile in quanto, da un lato, c'è la necessità di ridurre gli impatti dell'inquinamento atmosferico sulla salute pubblica e sull'ambiente, che hanno costi molto elevati, dall'altro lato, non esiste una soluzione rapida e semplice per migliorare la qualità dell'aria in Europa. Bisogna infatti occuparsi di molte sostanze inquinanti provenienti da diverse fonti nel lungo periodo, oltre ad effettuare un cambiamento strutturale nella nostra economia, volgendola verso modelli di produzione e consumo più ecologici. La scienza dimostra che anche lievi miglioramenti della qualità dell'aria, soprattutto nelle aree altamente popolate, portano benefici per la salute e risparmi dal punto di vista economico. Tali benefici sono, ad esempio, una qualità di vita più elevata per i cittadini, i quali soffriranno meno di malattie connesse all'inquinamento, una maggiore produttività grazie a un minor numero di giorni di malattia e una riduzione dei costi delle cure mediche per la società. Assicurare che le politiche relative al clima e alla qualità dell'aria siano vantaggiose può aiutare a combattere il cambiamento climatico e allo stesso tempo migliorare la qualità dell'aria. Migliorare l'attuazione della normativa relativa all'aria costituisce un'ulteriore opportunità di miglioramento della qualità dell'aria. Nella maggior parte dei casi sono le autorità locali e regionali a mettere in atto le politiche ed affrontare le sfide quotidiane che derivano da una scarsa qualità dell'aria. Queste autorità sono spesso le autorità pubbliche più vicine alle persone colpite dall'inquinamento atmosferico, le quali sono in possesso di un gran numero di informazioni e di concrete soluzioni per affrontare il problema dell'inquinamento atmosferico nella propria area. È quindi di fondamentale importanza riunire le autorità locali al fine di condividere sfide, idee e soluzioni; ciò fornirà loro nuovi strumenti per raggiungere gli obiettivi fissati nella legislazione, per informare meglio il cittadino ed infine per ridurre l'impatto dell'inquinamento atmosferico sulla salute pubblica e sull'ambiente. Per concludere è importante capire quali sono le azioni che si possono intraprendere per ridurre l'impatto dell'inquinamento atmosferico sulla nostra salute e sull'ambiente, quali sono le migliori opzioni disponibili e come possono essere attuate. Ed è proprio in momenti come questi che gli scienziati, i responsabili politici e i cittadini devono lavorare insieme per affrontare questi problemi affinché si possa continuare a migliorare la qualità dell'aria in Europa.

L'aria che respiriamo

Respiriamo dal momento della nostra nascita fino alla nostra morte. E' una necessità per tutti gli esseri viventi ma una cattiva qualità dell'aria ha effetti negativi sulla nostra salute e sull'ambiente. Ma com'è composta l'aria che respiriamo e da dove provengono gli inquinanti atmosferici? Lo strato più sottile e basso dell'atmosfera è la troposfera, dove sono presenti piante ed animali e dove si applicano i nostri modelli climatici. I venti che circondano il globo terrestre trasportano piccoli organismi compresi batteri, virus e specie invasive, verso nuovi luoghi. L'aria è costituita da circa il 78% di azoto, il 21% di ossigeno, 1% di argon ed altri gas presenti in tracce come l'anidride carbonica ed il metano. L'aria nella troposfera presenta continui cambiamenti, pertanto alcune sostanze presenti nell'aria sono altamente reattive, ovvero hanno una maggiore propensione ad interagire con altre sostanze formandone nuove come ad esempio sostanze inquinanti secondarie nocive per la nostra salute e l'ambiente; anche il calore è un catalizzatore che scatena processi di reazione chimica. L'inquinamento atmosferico in Europa continua a danneggiare la nostra salute e l'ambiente, in particolar modo l'inquinamento da particolato e da ozono. Il particolato è l'inquinante atmosferico che provoca i maggiori danni alla salute umana; basta pensare al particolato come delle particelle di piccole dimensioni (PM 2,5 micron) in grado di penetrare all'interno del sistema respiratorio e nel torrente circolatorio, causando gravi danni alla nostra salute come aterosclerosi e persino problemi alla nascita e malattie respiratorie nei bambini. Altre particelle si formano come risultato di reazioni chimiche, coinvolgendo gas precursori come anidride solforosa, ossidi di azoto, ammoniaca e composti organici volatili; anche alcuni metalli pesanti come l'arsenico, il cadmio, il mercurio e il nichel possono essere presenti nel particolato. L'ozono è una forma allotropica dell'ossigeno che ci protegge dalle pericolose radiazioni ultraviolette provenienti dal sole. L'ozono è fortemente ossidante e riduce la capacità delle piante di eseguire la fotosintesi, indebolendo la crescita e la loro riproduzione. Nel corpo umano provoca infiammazioni ai polmoni e ai bronchi. L'ozono e il particolato non sono gli unici inquinanti ambientali in quanto anche la combustione dei carburanti rappresenta un problema, dato che modifica la struttura di molte sostanze compreso l'azoto, che reagendo con l'ossigeno forma gli ossidi di azoto. I processi di combustione emettono altri inquinanti atmosferici, dall'anidride solforosa al benzene, fino al monossido di carbonio e ai metalli pesanti. Alcune di queste sostanze inquinanti sono pericolose per la salute ed anche per l'ambiente dato che entrano nella nostra catena alimentare. Il benzene è una sostanza cancerogena, utilizzato come additivo della benzina, circa l'80% viene rilasciato nell'atmosfera a causa della combustione dei carburanti. Un altro inquinante cancerogeno è il benzo(a)pirene, che ha origine dalla combustione incompleta di carburanti, oltre a causare il cancro irrita occhi, naso, gola e canali bronchiali. L'inquinamento atmosferico, nonostante i suoi effetti sull'intera popolazione, non colpisce tutti alla stessa misura e maniera. Tuttavia non è facile stimare con esattezza i danni causati alla salute e

all'ambiente dall'inquinamento atmosferico. Secondo il progetto Aphekomp, co-finanziato dalla commissione europea, l'inquinamento atmosferico provoca in Europa una riduzione dell'aspettativa di vita pari a circa 8,6 mesi a persona. Gli impianti industriali europei forniscono i dati relativi alla quantità delle diverse sostanze inquinanti presenti nell'atmosfera, che verranno trasferiti al Registro Europeo delle Emissioni e dei Trasferimenti di Sostanze Inquinanti. Sulla base di questi dati, l' AEA ha stimato che l'inquinamento atmosferico prodotto da questi impianti industriali è costato ai cittadini europei tra i 102 e 169 miliardi di euro nel 2009. Quindi solo migliorando la qualità dell'aria potremmo ottenere benefici. Ad esempio lo studio Aphekomp prevede che riducendo i livelli medi annui di PM 2,5 ai livelli indicati dall'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità) si otterrebbero benefici. L'inquinamento atmosferico colpisce un'ampia gamma di ecosistemi. L'azoto è uno dei nutrienti fondamentali presente nell'ambiente, particolarmente importante per le piante. Trasportato dall'aria è in grado di depositarsi in zone, dove vi è una quantità limitata di nutrienti, i cosiddetti ecosistemi sensibili. I depositi eccessivi di azoto causano l'eutrofizzazione. Gli ecosistemi sensibili sono a rischio di eutrofizzazione. Inoltre i composti di azoto contribuiscono all'acidificazione di acque dolci e suoli forestali colpendo le specie che vi abitano. L'UE grazie alla forte riduzione delle emissioni di anidride solforosa è riuscita a ridurre l'aria colpita da acidificazione. L'inquinamento non riguarda solo alcune parti del globo ma appunto l'intero globo, pertanto si parla d'inquinamento transfrontaliero. I venti veicolano le varie sostanze presenti nell'atmosfera, così ad esempio sostanze inquinanti emesse in Europa vengono trasportate verso altre regioni e continenti. Un esempio di grande rilevanza sono le "polveri africane" provenienti dal Sahara che rappresentano una fonte naturale di particolato atmosferico, che possono disperdersi nell'atmosfera sino a colpire l'Europa. L'aerosol marino è un'altra fonte di particolato costituito principalmente da sale e spazzato nell'aria da forti venti. Le eruzioni vulcaniche, come in Islanda o nel Mediterraneo, possono produrre particolato in sospensione in Europa. Gli incendi in Europa sono una fonte significativa di inquinamento atmosferico, causati direttamente o indirettamente dall'uomo. L'inquinamento atmosferico è la contaminazione dell'ambiente interno o esterno da qualsiasi agente chimico, fisico o biologico che modifica le caratteristiche naturali dell'atmosfera. Dispositivi di combustione domestica, veicoli a motore, impianti industriali e incendi boschivi sono comuni fonti di inquinamento atmosferico. Inquinanti di grande preoccupazione per la salute pubblica includono particolato, monossido di carbonio, ozono, biossido di azoto e biossido di zolfo. Sia all'aperto che nei luoghi chiusi l' inquinamento dell'aria causa patologie respiratorie e altre malattie fatali. Riducendo i livelli di inquinanti atmosferici, ridurremmo il peso globale delle malattie, come infezioni respiratorie, malattie cardiache e cancro ai polmoni. Si stima che circa 2 milioni di morti premature, specialmente nei paesi in via di sviluppo, sono dovute all'inquinamento dell'aria interna, mentre l' inquinamento dell'aria esterna urbana provoca 1,3 milioni di morti nel mondo ogni anno. L'esposizione agli inquinanti atmosferici richiede l'azione delle autorità pubbliche a livello, regionale, nazionale e persino internazionale come l'OMS che valuta gli effetti sulla salute dell'inquinamento atmosferico, raccomandando obiettivi per la qualità dell'aria in cui i rischi per la salute sono

notevolmente ridotti. Le linee guida indicano che riducendo il particolato (PM₁₀) possiamo ridurre i rischi per la salute, inoltre l'OMS raccomanda di ridurre oltre al particolato anche, ozono (O₃), biossido di azoto (NO₂) e anidride solforosa (SO₂). Seguendo le linee guida dettate dall'OMS potremmo ridurre il rischio per la salute e tali misure potranno anche ridurre i gas serra oltre agli altri inquinanti e contribuire alla mitigazione del riscaldamento globale. Le linee guida per la qualità dell'aria in Europa (AQGs) danno obiettivi intermedi connessi all'inquinamento dell'aria esterna, per ciascun inquinante dell'aria, volto a promuovere un graduale passaggio da concentrazioni più alte a concentrazioni più basse. Se questi obiettivi dovessero essere raggiunti, si potrebbero prevedere riduzioni significative in termini di rischi per gli effetti sulla salute sia acuti che cronici dell'inquinamento atmosferico. I progressi verso i valori guida, tuttavia, dovrebbe essere l'obiettivo finale.

Particolato

Valori di riferimento

PM_{2,5}

10 µg/m³ media annua

25 µg/m³ concentrazione media al giorno (24 ore)

PM₁₀

20 µg/m³ media annua

50 µg/m³ concentrazione media al giorno (24 ore)

Il particolato colpisce più persone di qualsiasi altra sostanza inquinante. I principali componenti di PM sono il solfato, nitrati, ammoniaca, cloruro di sodio, carbonio, polveri minerali ed acqua. È costituita da una miscela complessa di particelle solide e liquide di sostanze organiche ed inorganiche in sospensione nell'aria. Le particelle sono identificate in base al loro diametro aerodinamico, sia come PM₁₀ (particelle con un diametro aerodinamico inferiore a 10 micron) o PM_{2,5} (diametro aerodinamico inferiore a 2,5 micron). Questi ultimi sono più pericolosi in quanto, se inalate, possono raggiungere le regioni periferiche dei bronchioli, e interferire con lo scambio di gas nei polmoni.

Ozono (O₃)

Valori di riferimento

O₃

100 µg/m³ 8 ore

L'ozono a livello del suolo è uno dei principali componenti dello smog fotochimico, è formato dalla reazione con luce solare (reazione fotochimica) di inquinanti quali gli ossidi di azoto (NO_x) dalle emissioni dei veicoli e delle industrie. I più alti livelli di inquinamento da ozono si verificano durante i periodi di tempo soleggiato. L'ozono può causare problemi respiratori, in Europa è attualmente uno degli inquinanti atmosferici di maggiore preoccupazione ed inoltre diversi studi europei hanno riferito che la mortalità giornaliera aumenta dello 0,3% e quello per le malattie cardiache dello 0,4%.

Biossido di azoto (NO₂)

Valori di riferimento

NO₂

40 µg/m³ media annua

200 µg/m³ media in 1 ora

Come inquinante dell'aria, NO₂ provoca una notevole infiammazione delle vie aeree. Si libera attraverso i processi di combustione (riscaldamento, generazione di energia, e motori dei veicoli e navi). Studi epidemiologici dimostrano che il biossido di azoto provoca nei bambini asmatici bronchite.

Anidride solforosa (SO₂)

Valori di riferimento

SO₂

20 µg/m³ concentrazione media al giorno (24 ore)

500 µg/m³ media 10 minuti

Una concentrazione di SO₂ di 500 µg/m³ non deve essere superata per periodi medi di 10 minuti di durata dato che studi hanno dimostrato che individui con asma possono presentare cambiamenti a livello polmonare e sintomi respiratori. L'anidride solforosa è un gas incolore con un odore acuto. È prodotto dalla combustione di combustibili fossili (carbone e petrolio) e la fusione dei minerali che contengono zolfo. Può influenzare il sistema respiratorio e le funzioni dei polmoni, e provoca irritazione degli occhi. L'infiammazione delle vie respiratorie provoca tosse, secrezione di muco, aggravamento di asma e bronchite cronica e rende le persone più inclini alle infezioni delle vie respiratorie. Quando SO₂ si combina con l'acqua, forma l'acido solforico, questo è il componente principale delle piogge acide che è una causa di deforestazione. Molti Paesi non hanno ancora una regolamentazione sull'inquinamento atmosferico, e ciò rende quasi impossibile controllare questo importante fattore di rischio per la salute. Gli standard nazionali esistenti variano significativamente e non assicurano una garanzia sufficiente. Mentre l'OMS comprende la necessità dei singoli Governi di stabilire standard nazionali in base alle proprie particolari circostanze, queste Linee guida forniscono indicazioni sui livelli di inquinamento a cui il rischio per la salute è minimo e danno ai diversi Paesi le basi per poter definire le proprie politiche basandosi su solide evidenze scientifiche.

La qualità dell'aria in Europa oggi

Nonostante negli ultimi decenni l'Europa abbia migliorato la qualità dell'aria, il particolato e l'inquinamento da ozono sono ancora persistenti nell'aria. Nel XX secolo la combinazione di condizioni invernali e fattori meteorologici causava alti livelli di inquinamento atmosferico (Grande Nebbia). Dopo la "Grande Nebbia" oltre Londra molti paesi furono sensibilizzati, ciò ha portato a introdurre misure legislative volte a ridurre l'inquinamento atmosferico prodotto da fonti fisse. Sessanta anni dopo la Grande Nebbia, la qualità dell'aria in Europa migliorò grazie a legislazioni a livello nazionale, europeo e internazionale. Ad esempio i motori delle autovetture sono ormai più efficienti nell'utilizzo dei combustibili, le industrie hanno iniziato a utilizzare dispositivi di abbattimento degli inquinanti più efficaci. Sempre negli anni 60 si ebbe l'introduzione del primo strumento giuridico internazionale vincolante, affrontando i problemi dell'inquinamento su ampia base regionale, vale a dire la Convenzione sull'inquinamento transfrontaliero a lunga distanza della Commissione Europea delle Nazioni Unite per l'Europa. Le emissioni di SO₂, CO₂, benzene e piombo sono state ridotte. Al giorno d'oggi il livello di piombo nell'aria è al di sotto dei limiti fissati dalla legislazione dell'UE. Per quanto riguarda le altre sostanze inquinanti i risultati sono meno chiari, in quanto non si conoscono le reazioni chimiche di queste sostanze a contatto con l'atmosfera e anche la nostra dipendenza da alcune attività economiche rendono più difficile contrastare tali sostanze. Un'altra causa è il modo in cui la legislazione viene attuata e applicata nei paesi dell'UE. La legislazione fissa obiettivi o valori limite relativa alla sostanza specifica ma lascia ai paesi la facoltà di stabilire come raggiungere tali obiettivi. L'attuale legislazione internazionale dell'UE volta a contrastare il particolato classifica le particelle in due dimensioni, PM₁₀ e PM_{2,5} regola le emissioni di gas precursori. Tra il 2001-2010 le emissioni dirette sia di PM₁₀ e PM_{2,5} e di gas precursori del particolato sono diminuite, ma queste riduzioni delle emissioni non sempre si sono tradotte in un'esposizione più bassa al particolato. Se prendiamo in considerazione le direttive dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, più dell'80% della popolazione urbana è esposta a concentrazioni eccessive di PM₁₀. Così come per il particolato anche per quanto riguarda l'inquinamento da ozono si può fare lo stesso discorso, in Europa le quantità di precursori dell'ozono sono diminuite ma non c'è stata una corrispondente riduzione degli elevati livelli di concentrazione di ozono. Ciò è dovuto sia al trasporto intercontinentale dell'ozono e dei suoi precursori. Nonostante una diminuzione del numero di frequenza dei picchi di concentrazione dell'ozono in estate, l'esposizione della popolazione urbana all'ozono rimane elevata. Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità quasi tutti gli abitanti delle città dell'UE sono molto esposti all'ozono, soprattutto nelle regioni mediterranee e nelle zone rurali poiché nelle zone urbane il traffico, produce una sostanza inquinante in grado di distruggere le molecole di ozono, facendo sì che vi siano quantità più basse. Le emissioni di alcuni dei precursori dell'ozono e del particolato sono regolamentate dal Protocollo di Göteborg alla Convenzione

sull'inquinamento transfrontaliero a lunga distanza (Convenzione LRTAP). L'UE ha superato uno o più tetti di emissioni per una o più sostanze (NH₃, NO₂, CO₂). La direttiva NEC (National Emission Ceiling) regola le emissioni con un po' più rigore di queste sostanze al pari del Protocollo di Göteborg. Gli inquinanti atmosferici derivano da diversi settori economici, dal trasporto stradale alla produzione e utilizzo di energia fino alle attività agricole (emissione di metano e ammoniaca), discariche, estrazioni di carbone ecc. Studi hanno dimostrato che a causa del trasporto atmosferico e processi di chimica, la formazione di particelle può avvenire a lunghe distanze dalle fonti di gas precursori. Tuttavia, le lacune restano nella conoscenza e comprensione delle proprietà delle particelle di aerosol e flussi (inquinamento, polveri, emissioni da biomassa) tra continenti (ONU, 2010). In Europa il valore limite di breve termine per PM₁₀ (ovvero non più di 35 giorni all'anno con concentrazione media giornaliera superiore a 50 g/m³) è il valore limite più spesso superato in europa, in città e aree urbane. L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) e la qualità dell'aria linee guida (AQG), hanno norme più rigide rispetto alle norme dell'UE sulla qualità dell'aria. La relazione TERM 2012 mira a fornire la prima valutazione dei progressi verso il minor consumo di trasporti. Il trasporto di inquinanti atmosferici colpisce una zona molto più ampia rispetto all'ambiente locale che emette inquinanti. L'UE ha introdotto e attuato vari strumenti giuridici al fine di raggiungere livelli di qualità dell'aria che non incidono negativamente sulla salute umana e sull'ambiente. Ma a causa dei complessi collegamenti tra emissioni e qualità dell'aria, nonché una serie di incertezze associati con stime delle emissioni, le riduzioni non hanno sempre prodotto un corrispondente calo del livello del suolo e le concentrazioni di inquinanti atmosferici. Questo può essere attribuito al fatto che le norme di emissione per i veicoli diesel non hanno consegnato i miglioramenti previsti in condizioni reali (tra cui l'aumento percentuale di NO_x emessi come NO₂ dai veicoli diesel moderni). Per ridurre le emissioni di gas serra si dovrebbero utilizzare combustibili più puliti. Questo miglioramento non è stato del tutto completo a causa del rallentamento economico all'aumento dei prezzi del carburante. È importante l'uso di trasporto.

Una questione di chimica

Secondo l'intervista fatta al professor David Fowler (Centro per l'Ecologia e l'Idrologia - Consiglio per la Ricerca sull'Ambiente Naturale del Regno Unito), molti dei gas presenti nell'atmosfera non sono particolarmente importanti in termini chimici. Alcuni gas traccia come l'anidride carbonica e il protossido d'azoto non reagiscono prontamente nell'atmosfera e per tale motivo sono classificati come gas a lunga vita. Anche l'elemento principale dell'aria, l'azoto, è per lo più inerte nell'atmosfera. Le concentrazioni di altri gas quali l'anidride solforosa, l'ammoniaca e gli ossidanti sensibili alla luce solare come l'ozono, sono molto più variabili. Questi gas rappresentano una minaccia per l'ambiente e la salute umana e poiché reagiscono molto velocemente nell'atmosfera non rimangono a lungo nella loro forma originale. Reagiscono velocemente per formare altri composti o vengono eliminati quando si depositano sul terreno e vengono chiamati gas a vita breve. Molti di questi gas a vita breve sono tossici per la salute umana e la vegetazione. Inoltre si trasformano rapidamente nell'atmosfera in altre sostanze inquinanti, alcuni per l'azione della luce solare. L'energia del sole è in grado di scindere molti di questi gas reattivi a vita breve in nuovi composti chimici. Il biossido di azoto è un buon esempio. Quando il biossido di azoto è esposto alla luce solare, si scinde in due nuovi composti chimici: l'ossido d'azoto e quello che i chimici chiamano ossigeno atomico. L'ossigeno atomico è semplicemente un singolo atomo di ossigeno. L'ossigeno atomico reagisce con l'ossigeno molecolare (due atomi di ossigeno combinati in molecole di O_2) per formare l'ozono (O_3), che è tossico per gli ecosistemi e la salute umana. L'ozono è un potente ossidante. Entra nelle piante attraverso gli stomi, piccoli pori posti sulla pagina fogliare. Viene assorbito dalle piante e genera radicali liberi — molecole instabili che danneggiano membrane e proteine. Le piante possiedono meccanismi sofisticati per difendersi dai radicali liberi. Ma se una pianta deve destinare una parte dell'energia che ricava dalla luce solare e dalla fotosintesi per riparare i danni cellulari provocati dai radicali liberi avrà meno energia per crescere. Così, quando le colture sono esposte all'ozono sono meno produttive. La chimica dell'ozono negli esseri umani è abbastanza simile alla chimica dell'ozono nelle piante. Ma, invece di entrare attraverso gli stomi presenti sulla superficie fogliare, l'ozono viene assorbito attraverso la respirazione. Una volta incamerato dai polmoni genera radicali liberi all'interno dei tessuti polmonari danneggiandone la funzionalità. Le persone più a rischio in presenza di ozono sono quelle con una respirazione indebolita. Gli aerosol rappresentano l'altra sostanza inquinante principale e sono più importanti dell'ozono. Gli aerosol sono piccole particelle nell'atmosfera chiamate anche particolato (PM). Possono essere solide o liquide e molte di loro si trasformano in goccioline nell'aria umida per tornare ad essere particelle solide quando l'aria si secca. Il particolato presente nell'atmosfera causa effetti sulla salute più gravi dell'ozono. Molte delle sostanze inquinanti create dalle attività umane sono emesse sotto forma di gas. Ad esempio lo zolfo viene di solito emesso sotto forma di anidride solforosa (SO_2) mentre l'azoto come biossido di azoto (NO_2) e/o ammoniaca (NH_3). Una volta nell'atmosfera questi

gas vengono trasformati in particelle. Questo processo trasforma l'anidride solforosa in particelle di solfato che non sono più grandi di una frazione di micron. Se c'è abbastanza ammoniaca nell'aria allora il solfato reagisce e diventa solfato ammonico. L'ammoniaca nell'atmosfera reagisce con altre sostanze. Ad esempio, l' NO_2 nell'atmosfera si trasforma in acido nitrico, e questo reagisce a sua volta con l'ammoniaca per dare nitrato ammonico. Il nitrato ammonico è molto volatile. Più in alto nell'atmosfera il nitrato ammonico può essere presente in forma di particolato o goccioline, ma in una giornata calda e vicino alla superficie, il nitrato ammonico si scinde in acido nitrico e ammoniaca, ed entrambi si depositano sulla superficie terrestre molto rapidamente. L'acido nitrico fornisce una quantità aggiuntiva di azoto alla superficie terrestre e agisce di fatto come fertilizzante per le nostre piante. Stiamo così fertilizzando l'ambiente naturale dell'Europa dall'atmosfera nello stesso modo in cui gli agricoltori fertilizzano i terreni coltivabili. L'azoto aggiuntivo che fertilizza il paesaggio naturale ha come risultato l'acidificazione e comporta maggiori emissioni di protossido d'azoto ma nello stesso tempo incrementa la crescita delle foreste e quindi rappresenta sia una minaccia che un vantaggio. L'effetto più rilevante dell'azoto che si deposita sul paesaggio naturale è la fornitura di nutrienti supplementari agli ecosistemi. Di conseguenza, le piante affamate di azoto crescono molto velocemente e prosperano a danno delle specie che crescono più lentamente. Ciò porta a una perdita di diverse specie specialiste, le quali si sono adattate a crescere in un ambiente in cui l'azoto rappresenta un fattore limitante. Le emissioni di ammoniaca provengono dal settore agricolo e in particolare dal settore caseario. Urine e letami di mucche e pecore nei campi rilasciano emissioni di ammoniaca nell'atmosfera, un composto molto reattivo che in breve si deposita nel paesaggio. Forma inoltre il nitrato ammonico e contribuisce in maniera significativa alla presenza di particolato nell'atmosfera e ai problemi alla salute umana ad esso associati.

Aria e cambiamenti climatici

Il nostro clima sta cambiando. Molti gas che provocano cambiamenti climatici sono anche inquinanti atmosferici comuni che hanno impatti sulla nostra salute e l'ambiente. La sfida da affrontare in futuro sarà assicurare che le politiche relative al clima e alla qualità dell'aria si concentrino su scenari vincenti su tutti i fronti. Nel 2009 un'équipe congiunta di ricercatori britannici e tedeschi ha condotto una ricerca al largo delle coste norvegesi con un tipo di sonar utilizzato di solito per individuare i banchi di pesci. L'équipe non si trovava là alla ricerca di pesce, ma per osservare uno dei più potenti gas serra, il metano, che viene rilasciato dal fondale marino (melting seabed). Le loro scoperte sono solo alcune delle tante nella lunga sequenza di avvertimenti sui potenziali impatti del cambiamento climatico. Nelle regioni vicine ai poli una parte della massa terrestre o del fondale marino è permanentemente ghiacciata. Questo strato — conosciuto come permafrost — contiene due volte l'ammontare di carbonio attualmente presente nell'atmosfera. In caso di innalzamento della temperatura, questo carbonio può essere rilasciato da biomasse in decomposizione sotto forma di anidride carbonica o metano. L'anidride carbonica può essere la causa principale del riscaldamento globale e del cambiamento climatico, ma non è l'unica. Molti altri composti gassosi o particellari, conosciuti come «forzanti climatiche», hanno un'influenza sull'ammontare di energia solare. Tali forzanti climatiche comprendono i principali inquinanti atmosferici come l'ozono, il metano, il particolato e il protossido d'azoto. Il particolato è un inquinante complesso. A seconda della sua composizione può avere un effetto di raffreddamento o riscaldante sul clima globale o locale. Ad esempio il nerofumo, uno dei componenti del particolato fine, risultato di una combustione incompleta di carburanti, assorbe le radiazioni solari e infrarosse nell'atmosfera e quindi ha un effetto di riscaldamento. Altri tipi di particolato che contengono composti di azoto o zolfo hanno l'effetto opposto. Tendono ad agire come piccoli specchi che riflettono l'energia solare e quindi provocano un raffreddamento. In termini semplici, l'effetto dipende dal colore della particella. Le particelle «bianche» tendono a riflettere la luce solare mentre le particelle «nere» e «marroni» la assorbono. Avviene un fenomeno simile sulla terra. Negli ultimi anni i depositi di nerofumo nell'Artico hanno sempre più annerito le superfici bianche e ridotto l'albedo, e di conseguenza il nostro pianeta trattiene più calore. A causa di questo calore aggiuntivo l'estensione delle superfici bianche si sta riducendo sempre più velocemente nell'Artico. È interessante notare che molti processi climatici non sono controllati dai principali costituenti della nostra atmosfera ma da alcuni gas che sono presenti solo in quantità molto piccole. Il più comune di questi cosiddetti gas traccia è l'anidride carbonica. Qualsiasi variazione in queste quantità minime ha il potere di influenzare e alterare il nostro clima. Il loro «colore» non è l'unico modo con cui le particelle sospese nell'aria o depositate sul suolo possono influire sul clima. Parte della nostra atmosfera è formata da vapore acqueo. Nella loro forma più condensata sono da noi conosciute come nubi. Ogni particella gioca un ruolo importante nella formazione delle nubi,

nella loro durata, nella quantità di radiazioni solari che possono riflettere, sul tipo e la localizzazione delle precipitazioni che possono generare. Le nubi sono ovviamente essenziali per il nostro clima; le concentrazioni e la composizione del particolato potrebbero di fatto mutare tempi e luoghi della consueta distribuzione delle precipitazioni. La relazione dell'AEA «Cambiamento climatico, impatti e vulnerabilità in Europa al 2012» ci mostra come tutte le regioni d'Europa sono interessate dal cambiamento climatico, che provoca un'ampia gamma di impatti sulla società, gli ecosistemi e la salute umana. Secondo la relazione, in Europa sono state rilevate temperature medie più elevate, con precipitazioni in diminuzione nelle regioni meridionali e in aumento in quelle settentrionali. Inoltre le calotte glaciali e i ghiacciai stanno fondendo e i livelli dei mari si innalzano. Si prevede un'accentuazione di tali tendenze in futuro. Nelle valutazioni del 2007, il Gruppo Intergovernativo di Esperti sul Cambiamento Climatico prevede per il futuro una diminuzione della qualità dell'aria nelle città dovuta al cambiamento climatico. A livello internazionale il dibattito sulla mitigazione degli effetti del cambiamento climatico ha convenuto di limitare l'incremento della temperatura globale media a 2° Celsius. Non è ancora certo se il mondo riuscirà a frenare le emissioni di gas serra in modo sufficiente per conseguire l'obiettivo dei 2 gradi. È chiaro che c'è bisogno di maggiori sforzi per ridurre ulteriormente le emissioni al fine di aumentare le nostre possibilità di limitare l'aumento della temperatura a 2 gradi. L'Unione europea mira ad avere un'economia più competitiva con una minore dipendenza dai carburanti fossili e un minore impatto sull'ambiente entro il 2050. In termini concreti, entro quella data la Commissione europea mira a ridurre le emissioni interne di gas serra dell'UE del 80-95 % rispetto ai livelli del 1990. Nell'ambito di tali obiettivi è anche prevista una più ampia applicazione di nuove tecnologie, come quelle per la cattura e lo stoccaggio del carbonio, dove le emissioni di anidride carbonica provenienti da un impianto industriale vengono catturate e stoccate sottoterra, principalmente in formazioni geologiche da dove non possono sfuggire. Molti studi confermano che efficaci politiche relative al clima e alla qualità dell'aria possono trarre benefici l'una dall'altra. Ma non è detto che tutte le politiche relative al clima e alla qualità dell'aria siano necessariamente mutualmente vantaggiose. La tecnologia utilizzata gioca un ruolo importante. Ad esempio, alcune delle tecnologie utilizzate per la cattura e lo stoccaggio del carbonio potrebbero aiutare a migliorare la qualità dell'aria in Europa, mentre altre no. Allo stesso modo, la sostituzione di combustibili fossili con biocarburanti potrebbe ridurre le emissioni di gas serra e aiutare a raggiungere gli obiettivi in materia di clima. Ma allo stesso tempo, potrebbe aumentare le emissioni di particolato e di altre sostanze inquinanti cancerogene, deteriorando quindi la qualità dell'aria in Europa. Una sfida per l'Europa sarà quella di assicurare che le politiche relative al clima e alla qualità dell'aria per il prossimo decennio promuovano e investano in tecnologie e scenari vincenti su tutti i fronti che si rafforzino a vicenda. Il pacchetto clima ed energia è un insieme di una legislazione vincolante che mira a garantire che l'Unione Europea incontra i suoi ambiziosi obiettivi climatici ed energetici per il 2020. Questi obiettivi noti come 20-20-20. Tre obiettivi principali per il 2020:

- Una riduzione del 20% delle emissioni di gas a effetto serra, ai livelli del 1990;
- Aumentare la quota di consumo energetico dell'UE prodotta da fonti rinnovabili al 20%;
- Un miglioramento del 20% dell'efficienza energetica dell'UE;
- Il pacchetto comprende 4 parti della legislazione, l'EU e l'ETS è lo strumento chiave per il taglio conveniente di emissioni di gas. Comprende una revisione completa e il raffreddamento della normativa. Gli stati membri devono riferire sulle loro emissioni ogni anno nel quadro del meccanismo di controllo dell'UE;
- Cattura e stoccaggio del carbonio è il quarto elemento del pacchetto che riguarda stoccaggio del carbonio. Questo processo comporta come detto precedentemente la cattura dell'anidride carbonica emessa dai processi industriali e poi riparla in formazioni geologiche sotterranee dove non può sfuggire.

Dublino affronta l'impatto dell'inquinamento atmosferico sulla salute

In quest'articolo, viene condotta un'intervista ad un funzionario responsabile del settore della salute ambientale dell'unità per l'inquinamento acustico e il monitoraggio della qualità dell'aria del Consiglio Comunale di Dublino, Martin Fitzpatrick. Al fine di migliorare la qualità dell'aria a Dublino (e in Irlanda in generale), Martin Fitzpatrick afferma che, dal 1990, vige il divieto di vendere combustibile bituminoso o fumoso; in questo modo, sono state evitate ben trecentosessanta morti all'anno. Tuttavia, le città di piccole e medie dimensioni, soffrono ancora di una cattiva qualità dell'aria; per tale motivo, il funzionario afferma la decisa convinzione che una nuova legislazione che vieti il commercio di combustibili bituminosi sia da destinarsi anche ai centri minori irlandesi. Il Ministero dell'Ambiente è l'organo irlandese preposto allo studio e al controllo della qualità dell'aria e l'Agenzia della Protezione Ambientale agisce come suo braccio operativo. Questi due organi fanno in modo di regolamentare e controllare la qualità dell'aria respirata in Irlanda. In campo sanitario, Dublino è chiamata ad affrontare una serie di difficili sfide, tra cui obesità, cancro e problemi cardiovascolari. Il modo in cui agisce il Consiglio Comunale è quello di organizzazione di progetti atti al miglioramento dell'ambiente che ci circonda, aria compresa. In sei città europee, prendendo in considerazione il benzene, dei volontari hanno partecipato ad un programma radio che ha trasformato queste persone in "controllori"; essi hanno indossato dei badge affinché potessero monitorare la loro esposizione al benzene e ne è venuto fuori che i più esposti a questo idrocarburo policiclico aromatico cancerogeno, bisogna tenersi alla larga dalla frittura del bacon! Infatti, un volontario che lavorava presso un autogrill, ha riscontrato concentrazioni di benzene maggiori rispetto ad altri luoghi. Questo particolare caso, ha fatto riflettere sulla correlazione tra sostanze inquinanti ed ambienti chiusi. Una direttiva istituita con fine di migliorare la qualità dell'aria negli ambienti chiusi è il divieto di fumo del 2004; l'Irlanda, in particolare, è stato il primo paese a decretare questo divieto. Tuttavia, gli effetti collaterali di questo divieto furono imprevedibili: un'industria preposta alla pulitura a secco ha registrato un forte calo del giro d'affari semplicemente per questo divieto imposto dalla legge. Un'altra questione degna di nota è l'informazione cittadina, che in Irlanda viene effettuata comunicando un riepilogo delle relazioni annuali precedenti, disponibile online. Inoltre, grazie a vari progetti come il Dublinked, le varie informazioni circa la qualità dell'aria vengono comunicate ai cittadini che possono prenderne tranquillamente visione. Dublino, oltretutto, è stata coinvolta in un progetto dell'AEA e della Commissione Europea, un progetto pilota sulla qualità dell'aria che coinvolge tutt'Europa. Si constatò che le altre città erano assai più avanti della capitale irlandese in fatto di sviluppare

inventari dell'emissioni. Così, si è iniziato a lavorare su anche su dei progetti regionali, al fine di espandere a macchia d'olio il progetto di pulizia dell'aria.

Qualità dell'aria negli ambienti chiusi

La maggior parte di noi si preoccupa dell'inquinamento solo quando si alza il livello dello smog all'esterno. Non molte persone, però, si rendono conto che si è soggetti anche all'inquinamento negli ambienti chiusi - in casa, nei negozi, nel luogo di lavoro, a scuola - a maggiori concentrazioni rispetto all'ambiente esterno e che può provocare riscontri problematici sulla nostra salute. Ma, ci sorge spontaneo chiederci: cosa determina la qualità dell'aria negli ambienti chiusi? E come possiamo migliorare la qualità dell'aria negli ambienti chiusi? In passato la questione dell'inquinamento atmosferico in ambienti confinati, ha ricevuto meno attenzione rispetto al tema dell'inquinamento atmosferico in spazi aperti, come quello derivante da emissioni industriali o dei trasporti. Ma negli ultimi anni le minacce relative all'inquinamento atmosferico negli ambienti chiusi sono diventate più evidenti. Quali sono le fonti di inquinamento interno? Secondo Erik Lebret, dell'istituto nazionale Olandese per la Salute Pubblica e l'Ambiente (RIVM), <<L'inquinamento atmosferico non si ferma sulle soglie delle nostre case. Molte sostanze inquinanti esterne penetrano nelle nostre case dove passiamo la maggior parte del nostro tempo. Molti altri fattori influiscono sulla qualità dell'aria interna, compresi la preparazione dei cibi, le stufe a legna, la combustione di candele o incenso, l'utilizzo di prodotti di consumo come cere e lucidi per la pulizia di superfici, i materiali edili come la formaldeide nel compensato e i ritardanti di fiamma in molti materiali. Bisogna inoltre considerare anche il radon emesso dal suolo e dai materiali edili>>. Oltre il radon, gas radioattivo che si forma nel suolo, sono presenti negli ambienti interni anche il fumo di tabacco, le sostanze chimiche o gli allergeni, il monossido di carbonio, i biossidi di azoto, le particelle e i composti organici volatili.

Come abbiamo visti prima, secondo Erik Lebret le sostanze inquinanti presenti nelle nostre case ,sono più di quanto pensiamo. Infatti se volessimo analizzare le nostre abitazioni potremmo registrare notevoli inquinanti come:

- Allergeni che possono causare problematiche respiratorie, tosse, dolori toracici, irritazioni agli occhi.
- CO e NO₂, provenienti ad esempio alle stufe o dai fornelli, a dosi elevate causano nausea, vertigini e mal di testa.
- Umidità, provoca problemi respiratori, allergie e asma.
- Sostanze chimiche sintetiche, vengono utilizzati per i prodotti della pulizia e provocano problemi al fegato, reni e sistema nervoso.

L'aria interna di scarsa qualità è associata a patologie polmonari e anche solo dopo un breve periodo di esposizione all'inquinamento interno possono svilupparsi irritazioni della gola e dei bronchi; gli effetti dell'inquinamento interno variano da persone a persone, ad esempio i bambini o le persone esposte a malattie polmonari o cardiovascolari, sono più soggette rispetto ad altri. L'ELF è la portavoce della European Respiratory Society (ERS) ,

un'associazione medica internazionale, che si dedica alla salute polmonare in Europa e riunisce i principali esperti europei del settore per fornire informazioni ai pazienti e sensibilizzare il pubblico in merito alle malattie polmonari. La Health & Environment Alliance (HEAL) è un'organizzazione internazionale non governativa il cui scopo è migliorare la salute tramite politiche pubbliche per la promozione di un ambiente più pulito e sicuro. L'IHCP (Istituto per la Salute e la Protezione dei consumatori) è costantemente impegnata nel testare le varie sostanze inquinanti con metodi e modelli di analisi per valutare i loro effetti sulla qualità dell'aria interna. Secondo il Global Health Risks il 2,7% delle mortalità e delle malattie è attribuibile all'inquinamento dell'aria interna. Per combattere questo peso rilevante e crescente delle malattie, l'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità), ha sviluppato un programma globale per aiutare i paesi in via di sviluppo. Infatti, da studi effettuati in paesi in via di sviluppo come Asia, Africa e America Latina è stato dimostrato che i livelli di inquinamento dell'aria interna delle abitazioni prive di autonomia di carburante, sono estremamente elevate; infatti le donne e i bambini sono i maggiormente colpiti dall'inquinamento dell'aria interna per l'uso di cucine a legna in ambienti non arieggiati. Per tanto l'inquinamento non è solo una piaga dei paesi emergenti, ma in maniera diversa anche dei paesi in via di sviluppo, in quanto mancano le attenzioni legislative per prevenire i danni alla salute per effetti dannosi dell'inquinamento interno ed esterni. Il divieto di fumo negli ambienti chiusi è un esempio di inquinante, negli spazi chiusi, che ha ricevuto attenzione per il suo impatto dannoso nei confronti della salute umana. Infatti, l'entrata in vigore del divieto di fumo negli ambienti pubblici, emanata il 16 Gennaio 2003, volta a proteggere i propri cittadini dall'esposizione al fumo di tabacco, ha portato ad una maggiore sensibilizzazione pubblica oltre che portare un netto miglioramento della qualità dell'aria negli ambienti pubblici. Oggi molti paesi, compresi tutti i paesi membri dell'AEA (Agenzia europea dell'Ambiente), si sono dotati di legislazione che fissa i limiti o vieta il fumo all'interno di luoghi pubblici. Inoltre l'Unione europea ha anche adottato nel 2009 una risoluzione con la quale chiede, agli stati membri dell'UE, di promulgare e attuare leggi che proteggano i propri cittadini dall'esposizione al fumo di tabacco. Il 16 Giugno 2011 la Commissione ha avviato una campagna per incoraggiare le persone a smettere di fumare per proteggere la popolazione dal fumo passivo. Il divieto di fumo nei luoghi pubblici, ha registrato, ad esempio a Dublino, una diminuzione dell'80% degli inquinanti atmosferici presenti nell'aria, dovuti al fumo di tabacco. Ma facciamo attenzione al fatto che non solo il fumo di tabacco è un inquinante atmosferico, ma contribuisce insieme ad altri inquinanti al deterioramento dell'aria e al conseguente danno alla salute umana. I Paesi europei stanno cercando di contrastare queste forme di inquinamento atmosferico interno, sostituendo sostanze più tossiche con sostanze meno tossiche o trovando dei procedimenti che riducano le emissioni, ad esempio, di formaldeide del compensato, oppure un uso minore di materiali per la costruzione di mura che emettano radon. Non esistono solo apparati legislativi per migliorare la qualità dell'aria che respiriamo; infatti, noi tutti, possiamo adottare iniziative per contrastare, controllare e ridurre le sostanze inquinanti. Una vasta gamma di interventi sono disponibili per ridurre l'inquinamento dell'aria interna e gli effetti associati alla

salute. Gli interventi possono essere classificati, ad esempio, in base alla fonte di inquinamento, all'ambiente di vita e al comportamento degli utenti. Per quanto riguarda la fonte di inquinamento, si potrebbe ridurre passando da combustibili solidi (biomasse, carbone) a combustibili più puliti come il GPL, l'energia solare o il biogas. Un esempio di piccole azioni può essere arieggiare gli spazi chiusi, per l'inizio di un miglioramento della qualità dell'aria. Ma a tali buone intenzioni, potrebbero, in realtà, seguire effetti negativi, come lo stesso Lebret suggerisce <<Dovremmo arieggiare i nostri ambienti senza però eccedere perché questo rappresenta in sostanza una perdita di energia... Dovremmo pensare in termini di utilizzo più sostenibile delle nostre risorse in generale>>.

Sviluppare le nostre conoscenze sull'aria

La nostra conoscenza e comprensione dell'inquinamento atmosferico cresce ogni anno. Dobbiamo assicurarci che conoscenze scientifiche e politiche continuino a svilupparsi di pari passo. Possediamo una rete in espansione di stazioni di monitoraggio che con regolarità raccolgono campioni d'aria, misurano i livelli esatti di concentrazione dei principali inquinanti atmosferici quali l'ozono e il particolato e comunicano automaticamente i dati a una banca dati. Entro pochi minuti dal momento del campionamento in molti casi si può accedere online a queste informazioni. Di solito sono ubicate vicino a strade molto trafficate nelle aree urbane o nei parchi pubblici e spesso non vengono notate queste scatole dall'aspetto anonimo. Sia leggi nazionali che europee si occupano dei principali inquinanti atmosferici. Per tenere sotto osservazione tali inquinanti sono state create in Europa estese reti di monitoraggio, al fine di verificare se la qualità dell'aria in luoghi diversi soddisfa le varie norme e le raccomandazioni sanitarie. Queste stazioni registrano e trasmettono le misurazioni con diversa cadenza, per un'ampia gamma di inquinanti atmosferici, compresi l'anidride solforosa, il biossido di azoto, il piombo, l'ozono, il particolato, il monossido di carbonio, il benzene, i composti organici volatili e gli idrocarburi policiclici aromatici. L'Agenzia europea dell'ambiente raccoglie le misurazioni sulla qualità dell'aria provenienti da più di 7.500 stazioni di monitoraggio sparse in Europa nella banca dati sulla qualità dell'aria AirBase. AirBase raccoglie i dati sulla qualità dell'aria degli anni precedenti per più di 30 paesi (dati storici). Alcune stazioni di monitoraggio misurano e comunicano dati quasi in tempo reale (dati near-real time). Nel 2010, ad esempio, circa 2.000 stazioni hanno misurato le concentrazioni di ozono a livello del suolo in modo continuativo e comunicato i dati ogni ora. Tali misurazioni in tempo quasi reale possono essere utilizzate per sistemi di allarme in caso di incidenti rilevanti che provocano inquinamento. Negli ultimi dieci anni il numero di stazioni di monitoraggio in Europa è aumentato in modo considerevole, specialmente quello delle stazioni che monitorano alcune sostanze inquinanti principali. Nel 2001 poco più di 200 stazioni hanno riportato misurazioni del biossido di azoto, mentre nel 2010 quasi 3.300 stazioni hanno comunicato dati in 37 paesi europei. Nello stesso periodo il numero di stazioni che comunicano dati relativi al PM₁₀ è quasi triplicato fino a superare le 3.000 stazioni in 38 paesi. La crescita della rete di monitoraggio contribuisce alla nostra conoscenza e comprensione della qualità dell'aria in Europa. Dato che installare una nuova stazione di monitoraggio con le sue attrezzature ad alta tecnologia è alquanto costoso, una parte delle nostre conoscenze proviene da altre fonti, quali le immagini satellitari, le stime delle emissioni di grandi impianti industriali, i modelli di qualità dell'aria e studi approfonditi su sostanze inquinanti, settori o regioni specifiche. Alcuni dei 28.000 impianti industriali presenti in 32 paesi europei comunicano all'E-PRTR

— un registro delle emissioni esteso a livello europeo — l'ammontare delle diverse sostanze inquinanti rilasciato nelle acque, nel terreno e nell'aria. Tutte queste informazioni sono online, disponibili per il pubblico e i responsabili politici. Mettere insieme le informazioni che raccogliamo da queste diverse fonti è impegnativo. Le misurazioni provenienti dalle stazioni di monitoraggio sono relative a luoghi e momenti specifici. I modelli climatici, le caratteristiche paesaggistiche, il momento del giorno o dell'anno e la distanza dalle fonti di emissioni giocano tutti un ruolo nelle misurazioni delle sostanze inquinanti. In alcuni casi, come nelle stazioni di monitoraggio lungo le strade, una distanza di anche pochi metri può influire sulle rilevazioni. Vengono inoltre utilizzati metodi diversi per monitorare e misurare la stessa sostanza inquinante. Anche altri fattori giocano un ruolo. Un aumento del traffico o piani di deviazione del traffico, ad esempio, produrranno misurazioni diverse da quelle registrate nella stessa via un anno prima. La valutazione della qualità dell'aria di una zona si basa, oltre che sulle stazioni di monitoraggio, sulla modellistica o su una combinazione di modellistica e misurazioni, comprese le osservazioni satellitari. La modellistica della qualità dell'aria presenta alcune incertezze poiché i modelli non possono riprodurre tutti i fattori complessi collegati alla formazione, dispersione e deposito delle sostanze inquinanti. L'incertezza è molto più alta quando si tratta di valutare gli impatti sulla salute dell'esposizione a sostanze inquinanti in un dato luogo. Le stazioni di monitoraggio di solito misurano la massa di particolato per volume d'aria ma non necessariamente la composizione chimica delle particelle. Le emissioni prodotte dai gas di scarico, ad esempio, rilasciano fumo nero come il biossido di azoto. Per essere in grado di stabilire gli effetti sulla salute pubblica dovremmo però conoscere la miscela esatta presente nell'aria. La tecnologia è fondamentale per approfondire la conoscenza dell'aria che respiriamo. I recenti sviluppi nel settore delle tecnologie dell'informazione consentono a ricercatori e responsabili politici di elaborare enormi quantità di dati nell'arco di pochi secondi. Molte autorità pubbliche rendono queste informazioni accessibili al pubblico o tramite i loro siti web, come ad esempio la municipalità di Madrid. L'AEA mantiene attivi portali informativi pubblici sulla qualità dell'aria e l'inquinamento atmosferico. I dati storici sulla qualità dell'aria conservati in AirBase possono essere visionati su una mappa, filtrati per inquinante, per anno e scaricati. La tecnologia non ci ha solo permesso di elaborare grosse quantità di dati ma ci ha anche aiutato a migliorare la qualità e la precisione delle nostre analisi. Possiamo ora analizzare allo stesso tempo i dati meteorologici, le infrastrutture per il trasporto stradale, la densità della popolazione e le emissioni di sostanze inquinanti derivanti da specifici impianti industriali assieme alle misurazioni delle stazioni di monitoraggio e ai risultati dei modelli di qualità dell'aria. Per alcune regioni è possibile confrontare le morti premature causate da malattie respiratorie e cardiovascolari con i livelli di inquinamento atmosferico. Possiamo tracciare la maggior parte di queste variabili su una mappa dell'Europa e costruire modelli più accurati. Le ricerche relative alla qualità dell'aria non si limitano ai fattori menzionati. Marie-Eve Heroux, dell'Ufficio Regionale per l'Europa dell'Organizzazione Mondiale della Sanità afferma che esistono misure che possono ridurre i livelli di inquinamento, in particolare quelli di particolato. Questo ci dà un'indicazione di

come possiamo effettivamente ridurre i tassi di mortalità dovuti all'inquinamento atmosferico. Una migliore comprensione degli impatti ambientali e sulla salute degli inquinanti atmosferici fornisce contributi al processo politico. Nuove sostanze inquinanti, fonti di inquinamento e possibili misure volte a combattere l'inquinamento vengono individuate e incluse nella legislazione. Ad esempio nel 2004, sebbene ci fossero misurazioni a livello locale e nazionale, non c'era nessuna stazione di monitoraggio che comunicasse direttamente a AirBase i dati sulle concentrazioni di composti organici volatili, metalli pesanti o idrocarburi policiclici aromatici in Europa. Nel 2010 erano presenti rispettivamente più di 450, 750 e 550 di tali stazioni. La legislazione sulla qualità dell'aria normalmente fissa degli obiettivi da raggiungere in un dato arco temporale. Prevede inoltre le modalità per monitorare i progressi e verificare se gli obiettivi sono stati raggiunti nell'arco di tempo previsto. Per gli obiettivi politici fissati dieci anni fa possono emergere due quadri diversi a seconda degli strumenti che utilizziamo. L'AEA ha preso in considerazione la direttiva relativa ai limiti nazionali di emissione adottata nel 2001 che aveva come obiettivo quello di limitare le emissioni di quattro inquinanti atmosferici entro il 2010 e ha valutato se gli obiettivi relativi all'acidificazione e eutrofizzazione indicati nella direttiva sono stati raggiunti. L'eutrofizzazione causata dall'inquinamento atmosferico rappresenta ancora oggi un grande problema ambientale e vi sono molte più aree che non hanno raggiunto gli obiettivi relativi all'acidificazione. Quest'anno l'Unione europea ha stabilito di rivedere la propria politica in materia di qualità dell'aria nella quale saranno individuati nuovi obiettivi e l'arco temporale di riferimento si estenderà fino al 2020 e oltre.

Legislazione sulla qualità dell'aria in Europa

L'aumento della produzione industriale e di energia, la combustione di combustibili fossili ed il drammatico aumento del traffico sulle strade contribuiscono all'inquinamento dell'aria nelle nostre città, tutto ciò grava sulla salute dei cittadini. L'inquinamento atmosferico differisce a seconda dei luoghi. Una volta entrati nell'atmosfera, gli inquinanti, rilasciati da un'ampia gamma di fonti, possono dar luogo a nuove sostanze inquinanti e diffondersi nel mondo. Il problema della qualità dell'aria pesa ancora su molte città europee ed è anche uno dei settori in cui l'Unione Europea è più attiva. Progettare ed attuare politiche che affrontino tale problema non è un compito semplice, tuttavia, da quando, negli anni '70, l'UE ha introdotto politiche e misure concernenti la qualità dell'aria, il livello di sostanze inquinanti in essa si è ridotto notevolmente. La Comunità agisce a vari livelli per ridurre l'esposizione all'inquinamento atmosferico: attraverso la legislazione comunitaria, il lavoro più ampio a livello internazionale, al fine di ridurre l'inquinamento transfrontaliero, attraverso la collaborazione con i settori responsabili dell'inquinamento atmosferico e con, le autorità regionali e le ONG nazionali, ed attraverso la ricerca. Nel 2001 la CE ha proposto al consiglio il SESTO PROGRAMMA D'AZIONE PER L'AMBIENTE (PAA): "Ambiente 2010: il nostro futuro, la nostra scelta", che pone come obiettivo quello di raggiungere livelli di qualità dell'aria che non comportino impatti inaccettabili e rischi per la salute umana e dell'ambiente. Il miglioramento della qualità dell'aria è stato ottenuto grazie alla fissazione da parte dell'UE di VALORI LIMITE per tutte quelle sostanze che influiscono negativamente sulla salute umana e sugli ecosistemi, quali il particolato di diverse dimensioni, l'ozono, l'anidride solforosa, gli ossidi di azoto e il piombo; ed inoltre valori limite di ammissione annuale di sostanze inquinanti specifiche. Le parti fondamentali della legislazione che fissa tali valori sono definite dalla direttiva del 2008 sulla qualità dell'aria e per un'aria più pulita in Europa [2008/50/CE] e la direttiva quadro del 1996 sulla valutazione e gestione della qualità dell'aria [96/62/CE]. La prima definisce:

- La fusione della maggior parte della legislazione esistente in un'unica direttiva senza apportare cambiamenti agli obiettivi preesistenti;
- Nuovi obiettivi di qualità dell'aria per il PM_{2,5} (particelle fini) riguardanti la riduzione del valore limite di esposizione;
- La possibilità di proroghe di 3 anni (PM₁₀) o fino a 5 anni (NO₂, benzene) per il rispetto dei valori limite, sulla base della valutazione delle condizioni da parte della Commissione Europea.

La seconda direttiva [96/62/CE] pone, invece, come obiettivo la definizione dei principi di base con una strategia comune volta a:

- Definire e stabilire obiettivi di qualità dell'aria nella comunità europea al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi sulla salute umana e sull'ambiente;

- Valutare la qualità dell'aria degli stati membri sulla base di metodi e criteri comuni;
- Disporre di informazioni adeguate sulla qualità dell'aria e far sì che siano messe a disposizione del pubblico;
- Mantenere la qualità dell'aria, laddove è buona, e migliorarla negli altri casi.

Un ulteriore passo avanti venne effettuato con il Protocollo di Goteborg del 1999, modificato poi nel 2012. Quest'ultimo, dopo la modifica, specifica gli impegni nazionali di riduzione delle emissioni per i principali inquinanti atmosferici entro il 2020 e comprende, per la prima volta, impegni per ridurre le emissioni di particelle fini (PM_{2,5}). Inoltre il carbone nero o fuliggine viene riconosciuto come un'importante componente del PM_{2,5} nonché come inquinante atmosferico che danneggia la salute e contribuisce al cambiamento climatico. Il Protocollo, come anche la Direttiva [2001/81/CE] dell'UE relativa ai Limiti Nazionali di Emissione (NEC) fissano i valori limite annui di emissioni totali, per ciascuno Stato membro, dei quattro inquinanti responsabili dell'acidificazione, dell'eutrofizzazione e dell'inquinamento da ozono a livello del suolo, ossia: biossido di zolfo, ossidi di azoto, composti organici volatili e ammoniaca. La Direttiva NEC lascia in gran parte agli Stati membri decidere quali misure adottare al fine di conformarsi, in compenso questi devono riferire gli inventari delle loro emissioni al SEE e alla Commissione Europea, al fine di monitorare i progressi e verificarne la conformità. Il particolato è composto da una miscela di particelle solide e liquide, con caratteristiche chimico-fisiche variabili, sospese nell'aria. I suoi comuni costituenti sono solfati, nitrati, ammonio, ioni come sodio, calcio, potassio e magnesio, carbonio organico ed elementare, particelle di acqua, metalli (tra cui cadmio, rame, nichel, vanadio e zinco) e idrocarburi policiclici aromatici. Inoltre possono essere presenti componenti biologici quali allergeni e microrganismi. Le particelle possono essere emesse direttamente nell'aria (PM primario) o formarsi nell'atmosfera da precursori gassosi come anidride solforosa, ossidi di azoto, ammoniaca e composti organici volatili (PM secondario). Il PM primario ed i gas precursori possono derivare sia da attività antropiche che da fonti naturali. Le prime includono motori a combustione (diesel e benzina), combustibili solidi (lignite, carbone) utilizzati per la produzione di energia, attività industriali ecc. Tra le fonti naturali troviamo i vulcani, il terreno e la polvere in sospensione, in particolare nelle zone aride o durante gli episodi di trasporto a lunga distanza, per esempio, dal Sahara al sud Europa. Sono rilevanti per la salute, il PM avente un diametro inferiore a 10 micron (PM₁₀) e il PM avente un diametro inferiore a 2,5 micron (PM_{2,5}). Il particolato compreso tra 0,1 ed 1 micron può rimanere nell'atmosfera per giorni o settimane e quindi essere soggetto anche ad un trasporto transfrontaliero. L'OMS Ambiente e Sistema Informativo Sanitario (ENVIS), che si basa per lo più su informazioni presentate dall'UE, possiede dati di monitoraggio del PM₁₀ provenienti da siti di fondo urbani ed extraurbani. La figura sotto mostrata presenta l'esposizione della popolazione al particolato nel 2010, espressa come media ponderata annua della concentrazione di PM₁₀. In solo 9 dei 34 stati membri esaminati il livello di PM₁₀ risulta al di sotto di 20g/m³ annui che rappresenta il valore espresso dalla linea

guida dell'OMS sulla qualità dell'aria (AQG). Quasi l'83% della popolazione delle città è esposta a livelli di PM₁₀ superiore al AQG.

Valori AQG proposti dall'OMS		
	Media annua	Media giornaliera
per il PM _{2,5}	10g/m ³	25g/m ³ (valore che non deve essere superato per più di 3 giorni l'anno)
per il PM ₁₀	20g/m ³	50g/m ³

Oltre a questi valori guida, l'AQG fornisce obiettivi intermedi per ciascun inquinante atmosferico, volto a promuovere un graduale passaggio a concentrazioni più basse in luoghi altamente inquinati. I PM₁₀ e i PM_{2,5} sono particelle inalabili abbastanza piccole da penetrare nel sistema respiratorio. Si possono avere esposizioni sia a breve (ore, giorni) che a lungo termine (mesi, anni) ciò può condurre, da un semplice aggravamento di sintomi respiratori sino alla mortalità per malattie cardiovascolari, respiratorie e cancro ai polmoni. Ad oggi non vi sono prove che affermino l'esistenza di soglie o livelli di sicurezza al di sotto dei quali l'esposizione al particolato non comporti effetti negativi per la salute. Dunque i valori raccomandati devono essere considerati come obiettivi accettabili e realizzabili per ridurre al minimo gli effetti sulla salute nel contesto dei vincoli locali, le capacità e le priorità di salute pubblica. Oltre a fissare valori limite in materia di qualità dell'aria, la legislazione europea è anche ideata per determinare obiettivi per i vari settori che costituiscono fonti di inquinamento atmosferico. Le emissioni di inquinanti atmosferici prodotte dal sistema industriale sono regolamentate dalla Direttiva del 2010 sulle Emissioni Industriali [2010/75/UE] e dalla Direttiva [2001/80/CE] concernente la Limitazione delle Emissioni nell'Atmosfera di taluni inquinanti originati dai grandi impianti di combustione. Inoltre ai sensi dell'art.3 del D.Lgs.128/2010, il titolo I della Parte V del Codice Ambiente si applica agli impianti, inclusi gli impianti termici civili non disciplinati dal titolo II (che riguarda gli impianti cui lo sviluppo di potenza termica nominale è inferiore a 3MW), ed alle attività che producono emissioni in atmosfera. Le emissioni veicolari sono, invece, regolamentate da una serie di norme conosciute come Norme Euro. Queste stabiliscono standard differenti in base che si tratti di veicoli leggeri, quali autovetture, veicoli commerciali e furgoni, o veicoli pesanti, ossia autocarri e autobus. Per quanto riguarda le emissioni prodotte dai veicoli leggeri attualmente vige la norma Euro 5 entrata in vigore il 1° Gennaio 2011. Questa si pone come obiettivo principale la riduzione delle emissioni di particolato dai veicoli a diesel da 25mg/km a 5mg/km. Dal 2015 entrerà in vigore la norma Euro 6. Questa imporrà valori limite più rigorosi riguardanti soprattutto le emissioni degli ossidi di azoto (NO_x) dai motori a diesel, passando da un valore di 180mg/km a un valore di 80mg/km. Esistono anche accordi internazionali relativi ad altri settori, come la Convenzione Internazionale del 1973 sulla Prevenzione dell'Inquinamento Navale (MARPOL) dell'Organizzazione Marittima Internazionale, e relativi protocolli supplementari, che regolano le emissioni di anidride solforosa del trasporto

navale. L'attuale legislazione europea sulla qualità dell'aria si basa sul principio che gli Stati membri dividono i loro territori in un certo numero di zone di gestione in cui è richiesto di valutare la qualità dell'aria. Se i valori limite vengono superati in una zona, lo Stato membro deve riferirlo alla Commissione europea e spiegarne il motivo. Ai paesi è poi richiesto di sviluppare piani regionali o locali che descrivano come intendono migliorare la qualità dell'aria. Questi potrebbero ad esempio stabilire delle zone a basse emissioni che limitino l'accesso ai veicoli più inquinanti ed incoraggiare la circolazione a piedi, in bici e con i mezzi pubblici. Possono anche assicurare che le fonti di combustione industriali siano dotate di sistemi di controllo delle emissioni conformi alle più avanzate tecnologie disponibili. Fino all'80% del particolato atmosferico può essere ridotto nei paesi dell'EOCAC con tecnologie attualmente disponibili. La riduzione di inquinanti richiede un'azione concertata da parte delle autorità pubbliche, l'industria e gli individui a livello nazionale, regionale e anche internazionale.

Bibliografia

Segnali ambientali 2013 - L'aria che respiro - Migliorare la qualità dell'aria in Europa - Agenzia europea dell'ambiente. ISBN 978-92-9213-371-9.

Collegamenti esterni

- Relazione tecnica dell'AEA n. 15/2011: «I costi dell'inquinamento atmosferico derivante dalle industrie in Europa»
- Organizzazione Mondiale della Sanità — Inquinamento atmosferico e impatto sulla salute: http://www.who.int/topics/air_pollution/en e studio Aphekom www.aphekom.org
- Relazione dell'AEA 4/2012: «Qualità dell'aria in Europa — relazione 2012»
- Relazione dell'AEA 10/2012: «TERM 2012 — Il contributo dei trasporti alla qualità dell'aria»
- Sulla chimica atmosferica: Enciclopedia climatica online ESPERE
- Insieme di indicatori dell'AEA: Insieme di indicatori 2013 sulle concentrazioni di gas serra in atmosfera
- Relazione dell'AEA n. 12/2012: «Cambiamento climatico, impatti e vulnerabilità in Europa al 2012»
- Climate-ADAPT: sito web relativo alle informazioni sull'adattamento al cambiamento climatico
- Il pacchetto relativo al clima e all'energia dell'UE: http://ec.europa.eu/clima/policies/package/index_en.htm
- UNEP: Valutazione integrata su nerofumo e ozono troposferico
- Sulla qualità dell'aria di Dublino: www.airquality.epa.ie
- Sito web: <http://www.dublinked.ie>
- Commissione europea sulla salute pubblica: http://ec.europa.eu/health/index_en.htm
- Centro comune di ricerca sulla qualità dell'aria negli ambienti chiusi: http://ihcp.jrc.ec.europa.eu/our_activities/public-health/indoor_air_quality
- Organizzazione Mondiale della Sanità sulla qualità dell'aria negli ambienti chiusi: www.who.int/indoorair
- Suggestioni per migliorare la qualità dell'aria negli ambienti chiusi: Fondazione europea malattie polmonari
- AirBase: <http://www.eea.europa.eu/themes/air/air-quality/map/airbase>
- Relazione tecnica dell'AEA n. 14/2012 «Valutazione dei progressi ai sensi della direttiva dell'UE relativa ai limiti nazionali di emissione»
- Programma europeo di monitoraggio e valutazione (EMEP) sull'inquinamento transfrontaliero a lunga distanza dell'UNECE: <http://www.emep.int>
- Commissione europea — panoramica sulla legislazione relativa alla qualità dell'aria: http://ec.europa.eu/environment/air/index_en.htm
- Revisione 2013 della politica in materia di qualità dell'aria dell'UE: http://ec.europa.eu/environment/air/review_air_policy.htm
- Inquinamento atmosferico UNECE: <http://www.unece.org/env/lrtap/welcome.html>