



ANPA

**Agenzia Nazionale per la
Protezione dell'Ambiente**

Acidificazione ed eutrofizzazione da deposizioni atmosferiche: le mappe nazionali dei carichi critici

Stato dell'Ambiente 2/2001

ANPA - Dipartimento Stato dell'Ambiente, Controlli e Sistemi Informativi
ANPA - Unità Interdipartimentale Censimento delle Fonti di Emissione

Informazioni legali

L'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente o le persone che agiscono per conto dell'Agenzia stessa non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo rapporto.

Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

Via Vitaliano Brancati, 48 - 00144 Roma

Dipartimento Stato dell'Ambiente, Controlli e Sistemi Informativi

Unità Interdipartimentale Censimento delle Fonti di Emissione

www.anpa.it

© ANPA, Stato dell'Ambiente 2/2001

ISBN 88-448-0044-6

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Coordinamento ed elaborazione grafica

ANPA, Immagine

Grafica di copertina: Franco Iozzoli

Foto di copertina: Giorgio Brunialti e Paolo Giordani

Coordinamento tipografico

ANPA, Dipartimento Strategie Integrate Promozione e Comunicazione

Impaginazione e stampa

I.G.E.R. srl - Viale C.T. Odescalchi, 67/A - 00147 Roma

Stampato su carta TCF

Finito di stampare nel mese di dicembre 2001

Il documento è stato elaborato da:

Patrizia Bonanni, ANPA
Silvia Brini ANPA
Armando Buffoni CESI
Giuseppe Stella CESI
Gianni Vialetto ENEA

Con la collaborazione di:

Cristina Sarti
Alessandra Scifo
Giusy Vetrella

Elaborati grafici a cura di **ESA Environmental System Analysis S.a.s.**

Si ringrazia l'**Ing. Mario Cirillo** per il contributo alla revisione del documento ed i suggerimenti dati.

Premessa

I protocolli attuativi della Convenzione di Ginevra sull'Inquinamento Atmosferico Transfrontaliero (1979), che prevedono riduzioni delle emissioni nazionali di inquinanti atmosferici dei diversi Paesi aderenti alla Convenzione, vengono negoziati e finalizzati sulla base dei carichi e dei livelli critici, ovvero della sensibilità ambientale dei recettori (suoli forestali, acque superficiali ecc.) presenti nelle diverse porzioni del territorio alle deposizioni di sostanze acidificanti ed eutrofizzanti (carichi critici) e alle concentrazioni inquinanti (livelli critici).

L'Italia, come firmataria della Convenzione di Ginevra sull'Inquinamento Atmosferico Transfrontaliero, partecipa alle attività negoziali ed è tenuta al rispetto dei protocolli attuativi della Convenzione che sottoscrive e che successivamente vengono ratificati dal Parlamento. Una mappa nazionale aggiornata e affidabile dei carichi e dei livelli critici costituisce uno strumento fondamentale di supporto a tali attività e a quelle relative alla strategia europea per la lotta all'acidificazione e all'ozono troposferico che hanno avuto come esito, tra l'altro, la Direttiva sui tetti nazionali alle emissioni.

Nel presente rapporto vengono riportati sia i dati di base che le mappe nazionali dei carichi critici e delle eccedenze di tali carichi per i suoli forestali con riferimento all'acidità totale, allo zolfo, all'azoto acidificante e all'azoto nutriente. Vengono inoltre presentati alcuni studi di caso con riferimento alla laguna di Venezia e alla provincia di Bologna.

Le mappe dei carichi critici e delle eccedenze sono pure disponibili al sito www.sinanet.anpa.it.

E' auspicabile che il lavoro qui presentato possa essere quanto prima arricchito e integrato con altri contributi di soggetti nazionali competenti sulla materia, quali quello dell'Istituto di Idrobiologia del CNR di Pallanza riguardante i carichi critici per i laghi alpini.

E' altresì auspicabile che l'analisi venga estesa ad altri recettori quali i manufatti di interesse artistico e storico, la cui protezione non può non costituire una priorità fra gli interventi di salvaguardia e risanamento dell'ambiente e del territorio nel nostro Paese.

Mario Cirillo

Responsabile Unità Interdipartimentale
Censimento delle Fonti di Emissione

Indice

INTRODUZIONE	I
1. I CONCETTI DI CARICO E DI LIVELLO CRITICO E DI ECCEDENZIA	5
1.1 Inserimento della tematica nel contesto internazionale	5
1.2 La stima del carico critico	7
1.3 La stima del livello critico	10
1.4 La disaggregazione spaziale : il reticolato EMEP	11
1.5 Il concetto di eccedenza e la sua valutazione	13
2.1 DATI DI BASE	15
2.1 Carta della percentuale di territorio italiano compresa nel reticolato EMEP	15
2.2 Carta del territorio italiano coperto da elementi sensibili	16
2.3 Carta dell'uso del suolo	17
2.4 Carta delle precipitazioni	20
2.5 Carta dei suoli	22
2.6 Carta delle temperature	25
2.7 Carta della deposizione dei cationi basici	27
2.8 Carta della rimozione dei cationi basici	29
2.9 Carta del rilascio dei cationi basici da parte dei suoli	31
2.10 I limiti provinciali	32
2.11 Perdite di azoto attraverso gli incendi	43
2.12 Quantità di azoto immobilizzato dal materiale organico del suolo	55
2.13 Quantità di azoto rimosso dalla biomassa vegetale e animale	67
2.14 Quantità di azoto rilasciato all'atmosfera attraverso i processi di denitrificazione	79
2.15 Quantità di azoto rilasciato all'atmosfera attraverso i processi di volatilizzazione	92
2.16 Quantità di azoto percolato dalla zona radicale	103
2.17 Quantità di azoto fissato mediante fissazione biologica	115
3. LE MAPPE NAZIONALI DEI CARICHI CRITICI E DELLE ECCEDENZIE	129
3.1 Acidità totale	129
3.1.a Mappa del carico critico	130
3.1.b Mappa dell'eccedenza	131
3.2 Zolfo	132
3.2.a Mappa del carico critico	132
3.2.b Mappa dell'eccedenza	133
3.3 Azoto acidificante	134
3.3.a Mappa del carico critico	134
3.3.b Mappa dell'eccedenza	135
3.4 Azoto nutriente	136
3.4.a Mappa del carico critico	136
3.4.b Mappa dell'eccedenza	138
3.4.c Quadro complessivo dell'acidificazione e dell'eutrofizzazione	139

4. STUDI DI CASO	141
4.1 Azoto nutriente nella laguna di Venezia	141
4.1.a Mappa del carico critico	142
4.1.b Mappa dell'eccedenza	143
4.2 Metalli pesanti nella provincia di Bologna	144
4.2.a Mappa del carico critico di Cadmio	144
4.2.b Mappa dell'eccedenza di Cadmio	145
4.2.c Mappa del carico critico di Piombo	146
4.2.D Mappa dell'eccedenza di Piombo	147
ALLEGATI	
Allegato 1	149
Allegato 2	151
Allegato 3	153
Allegato 4	155
Allegato 5	157
Allegato 6	159
Allegato 7	161
Allegato 8	163
Appendice A	165
Appendice B	167
BIBLIOGRAFIA	169

Introduzione

I processi di combustione (nell'industria, negli autoveicoli, per la produzione di energia elettrica, per il riscaldamento domestico), i processi industriali, le attività vulcaniche e particolari attività microbiche, determinano emissioni nell'atmosfera di composti dello zolfo¹, dell'azoto² e di altri inquinanti (metalli pesanti, composti organici) che tal quali, o come prodotti di processi chimico-fisici, dall'atmosfera vengono trasferiti al suolo e alle acque con le deposizioni³ e provocano effetti dannosi sull'ambiente. I composti dello zolfo e dell'azoto sono causa di fenomeni di acidificazione e di eutrofizzazione; l'ozono presente nella atmosfera, che si forma a partire dai composti organici volatili e dagli ossidi di azoto in presenza di radiazione solare, può causare danni alla salute, alla vegetazione e cali di resa nei raccolti; alcune sostanze inquinanti sono anche causa di fenomeni di corrosione e deterioramento dei materiali e quindi del patrimonio artistico; anche inquinanti presenti in traccia (metalli pesanti, composti organici persistenti) infine, sono tossici per l'uomo e per l'ambiente.

Le sostanze trasportate in atmosfera fanno sentire i loro effetti negativi sul suolo, sulla vegetazione, sulle acque sia superficiali che sotterranee e sui manufatti, anche a distanze di centinaia e migliaia di chilometri dal punto di emissione, spesso in paesi diversi da quelli in cui si è originata l'emissione che le ha prodotte.

Se si pensa che il 75% dello zolfo, il 70% degli ossidi di azoto e il 47% dell'ammoniaca emessi in Italia viaggiano oltre i confini nazionali andando a deporsi in altri paesi, e che per contro il 58% dello zolfo, il 30% degli ossidi di azoto e il 12% dell'ammoniaca che si depone sul nostro territorio, proviene da altri paesi (stime EMEP per il 1997), appare evidente come il problema dell'inquinamento atmosferico non può essere risolto solo su scala nazionale.

La problematica dell'inquinamento transfrontaliero ha cominciato ad assumere peso fin dagli anni 60 quando per la prima volta si collegarono i danni provocati dal fenomeno dell'acidificazione (in particolare la diminuzione del potere tampone delle acque superficiali) riscontrati in alcuni laghi scandinavi con le emissioni di ossidi di zolfo provenienti dal continente europeo. L'idea fu portata avanti dalla scienziato svedese Svante Odèn, e fu oggetto di discussione alla conferenza delle Nazioni Unite sull'ambiente globale che si tenne a Stoccolma nel 1972 (Sverdrup et al, 1995). Pur essendoci ancora molto scetticismo sul fatto che gli inquinanti potessero causare danni anche a migliaia chilometri di distanza dal punto di emissione, in quell'occasione parecchi Paesi sottoscrissero il principio che le nazioni non dovevano intraprendere attività che potessero arrecare danno oltre i propri confini.

Nel 1977 anche l'OECD⁴ presentò un rapporto nel quale venivano confermate le teorie

¹ SO₂ (anidride solforosa) e SO₃ (anidride solforica), indicati complessivamente con il termine SO_x, (ossidi di zolfo).

² NO (monossido di azoto) e NO₂ (biossido di azoto), indicati come NO_x, (ossidi di azoto), NH₃ (ammoniaca);

³ Il termine deposizione comprende tre fenomeni distinti: la *deposizione umida*, la *deposizione secca* e la *deposizione occulta*

La *deposizione umida*, può verificarsi anche in zone lontane dalla sorgente, gli inquinanti originariamente emessi (denominati inquinanti primari) presenti nell'aria si combinano con l'umidità atmosferica (pioggia, neve, grandine, nebbia) dando luogo a altre sostanze (indicate con il termine di inquinanti secondari). Il fenomeno di deposizione umida consta sostanzialmente di due fasi: un processo di inglobamento delle particelle nelle minuscole goccioline che costituiscono la nube per nucleazione, diffusione o impatto (rainout) e un processo di trascinalamento delle particelle sottostanti la nube al momento in cui avviene la precipitazione (washout).

Il processo di *deposizione secca* consiste nel trasferimento dell'inquinante dall'aria alla superficie sottostante. In questo processo è coinvolto il materiale presente in aria nelle immediate vicinanze del suolo. La deposizione è dovuta al trasferimento dell'inquinante dallo strato turbolento immediatamente sovrastante la superficie allo strato immediatamente in contatto con essa. Il successivo trasferimento alla superficie può avvenire per impatto, assorbimento o passaggio in soluzione. La deposizione secca è particolarmente rilevante in prossimità della sorgente di emissione.

Per *deposizione occulta* si intende la deposizione di goccioline di nebbia o nube, che non vengono raccolte efficacemente dai campionatori convenzionali di precipitazione e il cui apporto non è quindi compreso nei bilanci della deposizione chimica. Mentre la pioggia esercita un effetto dilavante, le goccioline di nebbia e nube, date le piccole dimensioni rimangono a contatto con le superfici su cui si depositano per un tempo relativamente lungo, aggravando così le conseguenze negative legate al fenomeno.

⁴ Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico (di cui fanno parte 29 paesi industrializzati)

dello scienziato svedese; quindi, allo scopo di proteggere l'ambiente e la salute dell'uomo dall'azione transfrontaliera dei vari inquinanti chimici, i paesi membri dell'UN/ECE⁵ firmano a Ginevra, il 13 novembre 1979, la Convenzione sull'Inquinamento Atmosferico Transfrontaliero a Lunga distanza (Long-Range Transboundary Air Pollution). (Violetto G., 1997; Cirillo M.C. 1998)

La Convenzione di Ginevra ha dato vita a impegni a livello internazionale di riduzione delle emissioni di inquinanti atmosferici (Protocolli). Per stabilire le quote di riduzione delle emissioni per ciascun paese è stato messo a punto un approccio orientato al recettore, basato sulla sensibilità alle deposizioni di specie inquinanti, o alle loro concentrazioni al suolo, denominato l'approccio basato sugli effetti. Tale approccio valuta la sensibilità dell'ambiente verso un certo inquinante (sensibilità rappresentata dal carico critico) e poi stima la deposizione di tale inquinante che può essere sostenuta senza causare danni all'ambiente, tenendo anche conto dei costi di riduzione delle emissioni.

Le informazioni sulla sensibilità degli elementi recettori che si ottengono attraverso la misura dei carichi critici, devono essere paragonate con i dati di deposizione degli inquinanti per determinare quali aree ricevono correntemente delle deposizioni che eccedono il valore di carico critico dell'area stessa. Tali aree di eccedenza indicano dove gli attuali valori di deposizione degli inquinanti possono indurre danno agli ecosistemi e quindi quali sono le aree per la cui salvaguardia è indispensabile intervenire. Le aree di eccedenza non necessariamente verranno a coincidere con le aree caratterizzate dal carico critico più basso, cioè le aree più sensibili, (anche se queste saranno le più probabili), in quanto la criticità della situazione del territorio sarà determinata dalla combinazione dei due fattori: carico critico e deposizione.

Parimenti la sensibilità ad inquinanti presenti in atmosfera (ad esempio l'ozono, che si forma a partire dai composti organici volatili e dagli ossidi di azoto in presenza di radiazione solare, può causare danni alla salute, alla vegetazione e cali di resa nei raccolti) può essere analizzata con l'approccio detto dei livelli critici

Ad oggi nell'ambito delle attività previste dalla Convenzione di Ginevra, sono stati considerati carichi critici per l'acidità totale delle deposizioni, per lo zolfo (nei riguardi dell'effetto acidificante), per l'azoto (sia rispetto all'effetto acidificante che eutrofizzante) e per i metalli pesanti. I recettori presi in considerazione sono stati i suoli forestali, le acque interne e marine, e i materiali. I livelli critici hanno riguardato varie sostanze gassose quali anidride solforosa, ossidi di azoto e ammoniaca, ma soprattutto ci si è focalizzati sull'ozono per i suoi effetti sia sulla salute umana che su vari ecosistemi vegetali (colture agricole in termini di resa, foreste in termini di danno vero e proprio)

I Paesi aderenti alla Convenzione di Ginevra hanno istituito dei Centri Focali Nazionali (NFC) al fine di sviluppare, raccogliere e revisionare i dati nazionali e presentarli sotto forma di mappe, in cui il territorio è suddiviso in griglie, ad ognuna delle quali è assegnata una certa sensibilità verso la deposizione di una data specie chimica. Dal 1992 in Italia è stata avviata l'operazione di mappatura dei carichi critici sul territorio nazionale, che vede tutt'ora impegnati svariati attori: ANPA, ENEA, ENEL, CNR, Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, Università.

In questo lavoro viene presentata una rassegna di quanto ad oggi è stato prodotto per l'Italia, con riferimento ai carichi critici e alle relative eccedenze, si accennerà a quanto si sta producendo e a quanto è in fase di progettazione per rispondere sia alle esigenze della comunità internazionale che alle peculiarità del nostro Paese.

I dati di mappatura riportati riguardano i carichi critici relativi a più di un inquinante: in par-

⁵ UN/ECE è l'acronimo di "United Nations Economic Commission for Europe. La Commissione Economica per l'Europa, ECE, è una commissione regionale delle Nazioni Unite a cui aderiscono i Paesi Europei più gli Stati Uniti d'America, il Canada ed Israele, per un totale di 54 paesi.

icolare acidità totale, zolfo, azoto (sia per il suo effetto acidificante che per il suo effetto eutrofizzante) e (come esposizione di studi di caso) i metalli pesanti. Il calcolo è stato effettuato prendendo in considerazione elementi recettori di diversa natura (suoli forestali per tutto il territorio nazionale, e per uno studio di caso anche le acque marine). Le mappe nazionali sono realizzate facendo riferimento a un reticolo geografico con maglie quadrate di 50 km di lato, indicato come reticolo EMEP 50x50⁶, e per ciascuna cella viene fornito il pentile (dal greco penta + percentile, cioè il 5°percentile), vale a dire il limite di deposizione rimanendo al di sotto del quale si assicura la protezione del 95 % degli elementi recettori presenti. Pertanto deposizioni di quantità superiori al valore del carico critico determineranno un grado di protezione degli elementi recettori minore del 95%.

Sono in via di preparazione mappe nazionali dei carichi critici dei metalli pesanti e mappe di livelli critici per l'ozono.

E' in via di realizzazione, attraverso una collaborazione ANPA- ICR (Istituto Centrale del Restauro) la realizzazione della mappatura dei carichi e dei livelli critici per i principali inquinanti atmosferici, acidità, composti dell'azoto, dello zolfo e ozono e particolato, considerando come elementi recettori i beni di interesse storico-artistico presenti sul territorio nazionale.

⁶ Tale reticolo è quello che viene utilizzato dal programma europeo EMEP per rappresentare i valori di emissione in Europa, originariamente era composto di maglie quadrate di lato 150 km, successivamente ognuna è stata suddivisa in 9 maglie di 50 km di lato. Trattandosi di maglie quadrate, esse non coincidono con i meridiani e i par alleli, ma sono invece basate sulle cosiddette proiezioni stereografiche polari.

