

L'ambiente in Europa: Seconda valutazione

Capitolo 4. Acidificazione

European Environment Agency



4. Acidificazione

Conclusioni

Rispetto ai dati della valutazione di *Dobbris*, è stato registrato un calo degli effetti dei depositi acidi dovuti alle emissioni di anidride solforosa, ossidi di azoto e ammoniaca nelle acque dolci e un parziale recupero della fauna invertebrata in molte aree. La vitalità di numerose foreste continua tuttavia a essere in diminuzione. Benché le cause primarie del danno non siano necessariamente riconducibili all'acidificazione, gli effetti a lungo termine dei depositi acidi nel suolo possono contribuirvi. Nelle aree più colpite l'acidificazione determina l'aumento della mobilità dell'alluminio e dei metalli pesanti con conseguente inquinamento delle acque sotterranee.

A partire all'incirca dal 1985, i depositi di sostanze acidificanti si sono ridotti. In circa il 10% del territorio europeo, tuttavia, prevalentemente nell'Europa settentrionale e centrale, continuano ad essere superati i carichi critici (i livelli di deposito al di sopra dei quali sono prevedibili effetti dannosi a lungo termine).

Le emissioni di anidride solforosa si sono ridotte in Europa del 50% nel periodo compreso fra il 1980 e il 1995. Le emissioni totali di azoto (ossidi di azoto e ammoniaca), rimaste sostanzialmente costanti fra il 1980 e il 1990, hanno subito un calo di circa il 15% fra il 1990 e il 1995; le riduzioni più consistenti sono state registrate nei PECO e negli NSI.

Il settore dei trasporti è diventato la principale fonte di emissioni di ossidi di azoto, contribuendo nella misura del 60% alle emissioni totali nel 1995. Fra il 1980 e il 1994 il trasporto merci su gomma ha fatto registrare un incremento del 54%; fra il 1985 e il 1995 il trasporto passeggeri su gomma è aumentato del 46% e il trasporto passeggeri via aerea è aumentato del 67%.

In Europa occidentale l'introduzione della marmitta catalitica ha determinato la diminuzione delle emissioni derivanti dal settore dei trasporti. Tuttavia, gli effetti di tali misure sono alquanto rallentati dal ridotto tasso di *turnover* del parco auto. Si ritiene che per ottenere riduzioni più consistenti sia necessario ricorrere a misure fiscali relative ai combustibili e agli autoveicoli.

Nei PECO e negli NSI vi è un significativo potenziale di crescita del trasporto privato ma anche un ampio spazio di intervento per migliorare l'efficienza energetica nel settore dei trasporti in generale.

Le misure politiche volte a combattere l'acidificazione hanno determinato solo in parte risultati soddisfacenti:

- L'obiettivo del protocollo della convenzione sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a grande distanza (CLRTAP) di stabilizzare le emissioni di ossido di azoto al livello del 1987 entro il 1994 è stato raggiunto complessivamente a livello europeo ma non da tutte e 21 le parti contraenti. In alcuni dei paesi contraenti e anche in altri non contraenti, la diminuzione delle emissioni è stata comunque considerevole.
- Il Quinto programma di azione a favore dell'ambiente della Commissione europea (5PAA) si è posto il traguardo di abbattere del 30% le emissioni di ossidi di azoto fra il 1990 e il 2000, ma entro il 1995 è stata registrata una riduzione pari soltanto all'8% e probabilmente l'obiettivo non verrà raggiunto nel 2000.

Per il 1999 dovrebbe essere pronto un protocollo di vasta portata avente lo scopo di fissare limiti più rigorosi, in modo economicamente efficiente, per le emissioni a livello nazionale di ossidi di azoto, ammoniaca e composti organici volatili non metanici (NMVOC).

• L'obiettivo del primo Protocollo CLRTAP di ridurre le emissioni di zolfo, nel 1993, del 30% rispetto al 1980, è stato raggiunto da tutti i 21 paesi contraenti e da 5 non contraenti. Va tuttavia rilevato che nel periodo considerato numerosi paesi europei (tra i quali il Portogallo e la Grecia) non hanno ridotto le proprie emissioni di zolfo in pari misura. Più incerte sono le possibilità di riuscire a rispettare

l'obiettivo intermedio del secondo Protocollo sullo zolfo entro il 2000 e occorrerà adottare ulteriori misure per conseguire l'obiettivo a lungo termine, ossia il non superamento dei carichi critici.

- L'obiettivo stabilito nel 5PAA, di ridurre del 35% le emissioni di anidride solforosa entro il 2000 rispetto ai livelli del 1985 è stato raggiunto complessivamente dall'UE nel 1995 (diminuzione totale pari al 40%) e dalla maggior parte degli Stati membri.

Nell'UE sono in via di elaborazione ulteriori misure volte a consentire di raggiungere l'obiettivo a lungo termine fissato per le emissioni di zolfo nel secondo Protocollo CLRTAP, che contengono fra l'altro, conformemente a quanto previsto nel 5PAA, la riduzione del tenore di zolfo nei prodotti petroliferi, il contenimento delle emissioni dei grandi impianti di combustione e la fissazione di limiti di emissione per gli autoveicoli. È attualmente all'esame, nell'ambito della strategia dell'UE sull'acidificazione, l'obiettivo provvisorio di una riduzione del 55% delle emissioni di ossidi di azoto fra il 1990 e il 2010. Per raggiungere tale obiettivo occorrerà concentrare gli sforzi in particolare sulle emissioni dal settore dei trasporti.

4.1. Introduzione

I depositi acidi, derivanti in massima parte dalle emissioni provocate dall'uomo di tre gas inquinanti, anidride solforosa (SO₂), ossidi di azoto (NO_x) e ammoniaca (NH₃), stanno danneggiando i sistemi di acqua dolce, le foreste, i suoli e gli ecosistemi naturali sensibili all'acidificazione in vaste zone d'Europa. Gli effetti si manifestano in vari modi, quali la defogliazione e la diminuzione della vitalità degli alberi, la riduzione delle riserve ittiche e della diversità di altri animali acquatici nei laghi, fiumi e corsi d'acqua sensibili all'acidificazione, nonché cambiamenti nella chimica dei suoli. I danni riguardano anche elementi importanti del patrimonio europeo, come edifici e monumenti di calcare e marmo e le vetrate a mosaici. I depositi dei composti azotati causano inoltre l'eutrofizzazione degli ecosistemi terrestri e marini. Dopo la valutazione di *Dobris* l'impatto dell'acidificazione sui laghi è diminuito, prevalentemente a seguito della riduzione delle emissioni di zolfo. Ma l'acidificazione dei suoli continuerà finché verranno superati i carichi critici, cosa che sta tuttora avvenendo in vaste zone d'Europa.

La maggior parte delle emissioni di SO₂ e NO_x deriva dalla combustione di carbone e olio combustibile residuo, soprattutto nelle centrali elettriche, dal riscaldamento degli edifici nei settori residenziale, commerciale e terziario, dall'industria e dai veicoli diesel o a benzina, comprese le navi e gli aerei.

Riquadro 4.1: Trasporto e deposito di composti acidi

Gli SO₂, NO_x e NH₃ emessi nell'atmosfera ritornano direttamente sulla superficie sotto forma di depositi secchi sulla vegetazione o altri elementi superficiali, oppure di depositi umidi insieme a pioggia, neve, grandine, nebbia e rugiada, oppure ancora, indirettamente, in forma secca o umida in seguito a trasformazioni chimiche. SO₂ e NO_x possono trasformarsi, per ossidazione, in acido solforico e acido nitrico, nell'atmosfera o dopo la deposizione. L'NH₃ può reagire con l'acido solforico e l'acido nitrico formando particelle di solfato di ammonio e nitrato di ammonio.

La vita media dei gas e delle particelle acidificanti nell'atmosfera dipende dalle condizioni meteorologiche e chimiche. In media, la maggior parte dei composti di zolfo si depositano entro due-quattro giorni dall'emissione. Gli ossidi di azoto tendono a restare più a lungo nell'atmosfera, ma la loro trasformazione in acido nitrico è relativamente rapida e l'acido nitrico viene velocemente eliminato dall'atmosfera. Anche l'ammoniaca si deposita rapidamente, ma non quando reagisce con l'acido solforico o nitrico e forma il solfato e il nitrato di ammonio. Queste interazioni rivestono particolare importanza per il trasporto a grandi distanze dei composti dello zolfo e dell'azoto, che può coprire anche distanze di molte migliaia di chilometri.

Le maggiori deposizioni di zolfo si verificano nelle regioni che presentano le emissioni più copiose e sono dovute in prevalenza ai depositi secchi di anidride solforosa. Alti tassi di deposizioni di zolfo hanno luogo anche nelle regioni con elevate precipitazioni, come le aree costiere e montuose. Si osserva una distribuzione analoga per le deposizioni di azoto ossidato (quelle che hanno origine dalle emissioni di NO_x), sebbene quantità relativamente inferiori (rispetto allo zolfo) si depositino vicino alla

fonte di emissione. L'azoto ossidato viene trasportato per distanze maggiori e contribuisce al problema dell'ozono troposferico (capitolo 5) poiché gli NO_x sono importanti precursori della formazione dell'ozono.

La distribuzione dei depositi dei composti azotati ridotti (quelle che hanno origine dalle emissioni di ammoniaca) è caratterizzata, in misura maggiore rispetto allo zolfo, da elevati tassi di depositi vicino alle fonti. Per gli ossidi di ammonio vi è pertanto un trasporto su distanze inferiori rispetto agli ossidi di zolfo e di azoto. In Francia, ad esempio, il 33% delle deposizioni di zolfo e il 62% dei depositi totali di azoto derivano da fonti interne al paese, mentre il 30% dello zolfo e il 15% dell'azoto totale provengono dai paesi vicini: Germania, Spagna e Regno Unito, e il 37% e 23%, rispettivamente, da zone più distanti.

La principale fonte di informazioni e di dati sui depositi, le concentrazioni, il trasporto a grande distanza e i flussi transfrontalieri degli inquinanti atmosferici acidificanti è il Programma concertato per la sorveglianza e la valutazione del trasporto a grande distanza degli inquinanti atmosferici in Europa (EMEP), istituito in base alla convenzione dell'UNECE sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a grande distanza (CLRTAP). L'area coperta dall'EMEP è delineata nella carta 4.1.

Le emissioni di NH₃ hanno origine prevalentemente dalla produzione e dallo spargimento dello stallatico.

Dopo l'emissione nell'atmosfera, i gas acidificanti si disperdono e possono restare nell'aria per molti giorni ed essere trasportati a grande distanza dai venti, causando effetti in zone lontane dal punto di emissione. I processi attraverso i quali le emissioni acide si depositano sulla superficie provocando l'acidificazione dei suoli e dell'acqua sono riassunti nel riquadro 4.1, mentre il concetto di carico critico è definito nel riquadro 4.2.

L'acidificazione è un problema che supera i confini nazionali e richiede una combinazione di iniziative nazionali e internazionali, quali misure volte a incoraggiare il passaggio a carburanti più puliti e a ridurre le emissioni, in particolare per gli autoveicoli e le centrali elettriche a carbone e petrolio.

4.2. Effetti

Foreste e suoli

Indagini eseguite con regolarità a partire dal 1986 hanno rilevato estesi danni agli alberi, con defogliazione e perdita del colore, soprattutto in Europa centrale (Becher *et al.*, 1996, Lorenz *et al.*, 1997). Il danno, tuttavia, non è necessariamente correlato all'acidificazione. Vi sono altri stress ambientali quali la siccità, il vento e il gelo, oltre al normale invecchiamento delle zone boschive, che provocano defogliazione e riducono la vitalità. In Scandinavia si osserva una diminuzione del fogliame dell'abete rosso con l'aumento dell'altitudine, a causa delle rigide condizioni ambientali e dei lunghi inverni. Gli effetti della siccità sono chiaramente visibili in alcune zone, come la Spagna che ha sofferto gravi siccità nel 1990-1993. Possono svolgere un ruolo anche altri stress da inquinamento, come l'esposizione all'ozono e a episodi di alte concentrazioni di anidride solforosa. Non è pertanto possibile individuare un nesso causale fra la presenza di deposizioni acide superiori al carico critico (riquadro 4.2) e la riduzione osservata del fogliame, perfino in zone in cui la capacità neutralizzante del suolo ha probabilmente un importante influsso sulla crescita e l'invecchiamento delle zone coperte da foreste. Nonostante le riduzioni delle emissioni, i risultati dei monitoraggi evidenziano un aumento generale della defogliazione degli alberi, che potrebbe essere dovuto in parte all'invecchiamento della popolazione arborea. L'acidificazione del suolo è tuttavia un processo lento che proseguirà nelle zone in cui i carichi critici vengono superati, con possibili effetti a lungo termine.

Riquadro 4.2: Carichi critici

Si definisce carico critico "la deposizione massima di composti acidificanti alla quale non si verificano cambiamenti chimici che provocano effetti dannosi a lungo termine sulla struttura e sulla funzione dell'ecosistema" (Gregor *et al.*, 1996). I carichi critici per l'Europa sono stati raccolti su una griglia di 50 x 50 km² (Posch *et al.*, 1997), a fronte della quale possono essere valutati i tassi di deposizione misurati o simulati tramite modelli. Il criterio per il calcolo di questi carichi critici non è accettato universalmente e gli esperimenti dimostrano che le specie comuni di alberi presenti nelle foreste talvolta non sono particolarmente sensibili alle trasformazioni chimiche dei suoli. Vi è tuttavia un ampio consenso sul fatto che l'immissione di acidi in quantitativi superiori ai carichi critici causa la distruzione delle sostanze nutritive che le piante hanno a disposizione e che ciò può influire sulla crescita e la vitalità degli alberi. Il superamento dei carichi critici è l'unico parametro di tale distruzione disponibile su scala europea.

Il concetto di carico critico, usato nel contesto degli effetti sulle foreste e sui suoli, si applica anche alle acque dolci; in tal caso i livelli di carico critico sono basati sui danni a determinati organismi e popolazioni (pesci e invertebrati) che sono sensibili ai cambiamenti della chimica delle acque derivanti dai depositi acidi.

I carichi critici sono calcolati per lo zolfo, l'azoto acidificante e l'azoto eutrofizzante. Gli effetti eutrofizzanti dell'azoto si associano all'aumento delle percolazioni dell'azoto nelle acque sotterranee, nei torrenti e nei laghi e a cambiamenti nell'ecosistema delle foreste. A livello dei singoli paesi europei, i dati relativi ai carichi critici vengono compilati in base ai dati inviati al Centro di coordinamento delle conseguenze (CCE), che collaziona i dati e li traduce in carte e banche dati. I valori più aggiornati si trovano in Posch *et al.*, 1997. L'UNECE impiega i cosiddetti carichi critici condizionali al 5° percentile sulla base della griglia EMEP (150 x 150 km) per l'elaborazione delle strategie di riduzione delle emissioni. Il 5° percentile significa che il 5% dell'area di una maglia della griglia che copre gli ecosistemi più sensibili resterà non protetto. Poiché l'acidificazione è causata sia dai depositi di zolfo che da quelli di azoto, la quantità di deposizioni di zolfo che un ecosistema può tollerare dipenderà anche dal livello delle deposizioni di azoto e viceversa. Se il livello dei depositi di azoto è noto (ad esempio in base a calcoli derivanti dalla modellizzazione), è possibile ricavare i carichi critici condizionali per lo zolfo, che possono variare di anno in anno se variano i depositi di azoto. Analogamente, i carichi critici condizionali per l'azoto si ricavano quando sono note le deposizioni di zolfo. I carichi critici condizionali saranno inferiori (o, in teoria, pari) ai carichi critici calcolati in base ai soli depositi di zolfo. Si registra un superamento ogni qualvolta si osserva o si calcola un deposito che supera un carico critico. I superamenti stimati sono illustrati nel sottoparagrafo 4.4.2.

Un limite importante del rilevamento di riduzioni delle emissioni basato sui superamenti medi su larga scala in griglie con maglie di 150 x 150 km è che a livello locale, all'interno di un'ampia superficie della griglia, i depositi possono variare in maniera considerevole, cosicché i superamenti reali negli ecosistemi locali possono essere significativamente diversi da quelli basati sulle stime delle deposizioni medie.

Acqua dolce

Molte migliaia di laghi in Europa, soprattutto nelle zone settentrionali, sono stati colpiti gravemente dalle deposizioni acide. Le conseguenze sugli organismi acquatici possono essere dirette, ossia dovute alla tossicità, o indirette, ossia legate alla scomparsa di prede o vegetali sensibili all'acidificazione o dovute ai complessi cambiamenti nella chimica delle acque causati all'aumento dell'acidità. In molti casi sono scomparse intere popolazioni di pesci (Hesthagen *et al.*, 1995).

Il confronto fra i dati relativi agli anni Ottanta e quelli relativi agli anni Novanta indica che la riduzione delle deposizioni acide stanno inducendo un miglioramento nella chimica delle acque e un parziale recupero della fauna invertebrata in molti siti (Lükewille *et al.*, 1997). A livello regionale, le concentrazioni di solfati sono in calo in quasi tutti i siti e quasi dovunque le diminuzioni negli anni Novanta sono superiori a quelle degli anni Ottanta (figura 4.1). Fa eccezione il Regno Unito, dove si riscontra tuttora una scarsa riduzione delle concentrazioni di solfati, nonostante il calo delle deposizioni acide.

Le variazioni delle concentrazioni di solfati stanno provocando mutamenti nella concentrazione di altri componenti dell'acqua. Nei paesi nordici (Finlandia, Svezia, Norvegia), l'alcalinità è diminuita negli anni Ottanta (per l'incremento dell'acidificazione), ma è aumentata negli anni Novanta (recupero). In molti siti europei (Italia, Germania, Paesi Bassi, Danimarca), l'alcalinità è aumentata negli anni Ottanta e il tasso di aumento ha subito un'accelerazione negli anni Novanta. Anche in questo caso, non si registrano forti incrementi di alcalinità nelle acque dolci del Regno Unito nello stesso periodo.

La figura 4.2 mostra le percentuali di laghi in cui si riscontra un superamento del carico critico per lo zolfo in diversi paesi. La cifra relativa alla Norvegia è elevata per l'effetto combinato di elevate deposizioni di zolfo e carichi critici molto bassi, soprattutto nella zona meridionale. A causa degli alti livelli di deposizioni, anche la cifra relativa al Galles è elevata, nonostante i carichi critici siano relativamente modesti. Le deposizioni nella regione della penisola di Kola in Russia derivano principalmente dalle fonderie locali. Le cifre relative a Finlandia e Svezia indicano che il carico critico è stato superato in circa 3 000 laghi finlandesi e 6 000 svedesi.

Altre conseguenze

Gli effetti dannosi dei composti acidificanti sui materiali è quasi interamente dovuto all'anidride solforosa gassosa in zone che presentano alte concentrazioni di questa sostanza. I benefici, in termini di riduzione dei costi di manutenzione e sostituzione di edifici e costruzioni, stanno controbilanciando in larga misura il costo comportato dalla riduzione delle emissioni di anidride solforosa in Europa (Kucera e Fitz, 1995). Vi è inoltre crescente preoccupazione circa gli effetti indesiderati dei particolati (PM) sulla salute, soprattutto nelle aree urbane (cfr. capitolo 12, sottoparagrafi 12.2.2 e 12.3.2) dove le emissioni di zolfo e azoto acidificanti costituiscono un'importante fonte di particelle di diametro inferiore a 2,5 micrometri (PM_{2.5}).

Figura 4.1 Variazioni del tenore di solfato e dell'alcalinità delle acque superficiali, dagli anni Ottanta agli anni Novanta

Variazioni annuali dei solfati nelle acque superficiali durante gli anni Ottanta e Novanta in varie regioni d'Europa
 Solfato
 Europa centrale
 Paesi nordici

Nota: I valori negativi indicano che vi è una riduzione del tenore di solfati o dell'alcalinità, mentre i valori positivi indicano un aumento. La lunghezza della barra indica l'entità della variazione. Fonte: Lükewille *et al.* (1997).

Figura 4.2 Percentuale di laghi nei vari paesi con superamento del carico critico per lo zolfo (S), autunno 1995

Norvegia
 Galles
 Kola (Russia)
 Finlandia
 Svezia

Danimarca
Carelia (Russia)
Scozia
percentuale della popolazione lacustre totale

Nota: Le cifre per la Danimarca e la Carelia sono incerte a causa del basso numero di laghi studiati.
Fonte: Henriksen *et al.* (1998)

Figura 4.3 Concentrazioni di particelle di solfato nell'aria in siti rurali

Ispra, Italia
Jarczew, Polonia
Suwalki, Polonia
Keldsno, Danimarca
Tange, Danimarca
Birkesnes, Norvegia
High Muffles, Regno Unito
Eskdalemuir, Regno Unito

Nota: differenze nelle scale verticali

Fonte: EMEP/CCC

Le particelle di solfato e di nitrato di ammonio trasportate dall'aria possono influire sulla visibilità e fungere da nuclei di condensazione per la formazione di nebbia e nubi. Le particelle di solfato trasportate nell'aria possono parzialmente neutralizzare il riscaldamento globale da parte dei gas a effetto serra a livello regionale (cfr. capitolo 2, paragrafo 2.3).

4.3. Tendenze nelle concentrazioni misurate nell'aria

Le riduzioni negli effetti delle deposizioni acide in Europa sono dovute alla diminuzione delle emissioni di anidride solforosa durante gli ultimi 15 anni e al corrispondente calo delle concentrazioni di anidride solforosa e aerosol di solfati nell'aria e dell'acidità nelle precipitazioni. I miglioramenti sono più evidenti nei siti dell'Europa occidentale e settentrionale in cui le fonti di emissioni sono state oggetto di misure di abbattimento.

Le concentrazioni di anidride solforosa sono spesso fortemente influenzate dalle emissioni nelle aree relativamente vicine ai siti di misurazione; le tendenze di queste concentrazioni sono pertanto difficili da interpretare. Le particelle di acido solforico e di aerosol di solfati hanno tempi di permanenza nell'atmosfera più lunghi dell'anidride solforosa e sono pertanto più indicative delle tendenze su larga scala. L'esame dei valori registrati nei siti di misurazione EMEP per il periodo 1980-93 (figura 4.3) evidenziano riduzioni notevoli delle concentrazioni di solfato sospeso nell'aria nei siti nell'Europa settentrionale e un certo calo anche a Ispra, in Italia settentrionale. Le riduzioni osservate sono per lo più parallele alla diminuzione delle emissioni che ha cominciato a verificarsi a metà degli anni Settanta in Europa occidentale e alla fine degli anni Ottanta in Europa orientale.

4.4. Deposizioni di sostanze acidificanti

4.4.1. Tendenze

Le emissioni di zolfo in Europa sono aumentate costantemente dal 1880 (con la sola interruzione del periodo della seconda guerra mondiale) fino a raggiungere un massimo di 60 milioni di tonnellate all'anno nel 1980, picco seguito poi da un rapido decremento (figura 4.4) (Mylona, 1996).

Le deposizioni presentano la stessa distribuzione generale, come illustrato dalla figura 4.5 che presenta i dati relativi a un sito nella Norvegia meridionale e a uno nella Polonia meridionale. Il sito polacco è rappresentativo del cosiddetto Triangolo Nero, la zona in cui si incontrano i confini di Germania, Repubblica ceca e Polonia. In Norvegia i depositi hanno iniziato a diminuire molto prima che in Polonia, in quanto il calo delle emissioni nell'Europa nordoccidentale è iniziato quasi 10-15 anni prima che nei PECO e negli NSI, e in particolare rispetto all'ex Repubblica democratica di Germania, alla Repubblica ceca e alla Polonia.

L'andamento delle deposizioni di zolfo, azoto ossidato e azoto ridotto per varie regioni fra il 1985 e il 1995 sono illustrate nella figura 4.6. Le regioni vanno soggette a condizioni meteorologiche diverse e la loro vicinanza alle grandi aree responsabili delle emissioni varia in maniera considerevole (cfr. carte 4.4 e 4.5). In genere, la distribuzione delle deposizioni corrisponde ai cambiamenti verificatisi nelle emissioni. Il calo delle emissioni di NO_x in Europa occidentale durante il periodo considerato è stato scarso, in quanto i vantaggi derivanti dall'evoluzione tecnologica e dalla riduzione delle emissioni dovute all'industria e al settore domestico sono stati neutralizzati dall'aumento dell'impiego dei veicoli a motore (cfr. paragrafo 4.6).

In tutta Europa, le deposizioni di azoto stanno assumendo sempre maggiore rilevanza, in termini relativi, rispetto a quelle di zolfo.

Le conseguenze delle emissioni di anidride solforosa possono essere parzialmente neutralizzate, in linea di principio, dalle deposizioni di materiale alcalino, come le ceneri volatili e alcune polveri industriali. Per parecchi decenni le emissioni di questi materiali sono diminuite, in conseguenza delle misure di controllo (Hedin *et al.*, 1994) e probabilmente le quantità emesse sono attualmente troppo esigue per avere un effetto neutralizzante significativo (Semb *et al.*, 1995). Nell'Europa meridionale e sudorientale, tuttavia, possono avere effetti significativi le polveri alcaline di sabbie desertiche.

4.4.2. Superamenti dei carichi critici

La figura 4.7 illustra i cambiamenti avvenuti fra il 1985 e il 1995 nella frazione dell'area totale di ecosistemi in Europa in cui si registrano dei superamenti. La distribuzione corrisponde generalmente alle riduzioni delle emissioni che si sono verificate. Le ampie differenze registrate fra i vari anni possono essere attribuite al variare delle condizioni atmosferiche. La tendenza discendente dello zolfo è collegata alla riduzione delle emissioni di SO_2 , (figura 4.8), cosa che incide ulteriormente sull'area totale di superamento per l'azoto acidificante in quanto, quando i depositi di zolfo si riducono, risulta più elevato il carico critico condizionale per l'azoto. Le emissioni totali di azoto ($\text{NO}_x + \text{NH}_3$), invece, nel periodo considerato hanno evidenziato variazioni irrilevanti, come dimostrato dall'area di superamento, quasi invariata, per l'azoto eutrofizzante, che non dipende dalle deposizioni di zolfo. La carta 4.1 illustra la distribuzione spaziale dei superamenti del carico critico condizionale per lo zolfo. I livelli massimi si osservano in prossimità delle

Figura 4.4 Emissioni di zolfo in Europa, 1880-95
milioni di tonnellate

Fonti: Mylona (1996) e EMEP/MSW (dal 1980)

Figura 4.5 Deposizioni di zolfo nella Norvegia e nella Polonia meridionali, 1880-95
Norvegia meridionale
Polonia meridionale

Fonti: Mylona (1996) e EMEP/MSW (dal 1985)

Carta 4.1 Superamento dei carichi critici condizionali al 5° percentile per lo zolfo, 1995

Superamento dei carichi critici per lo zolfo

1:30 000 000

oltre 2000

1000-2000

Carichi in eq/ha nella griglia EMEP 150 x 150

aree senza superamento

200-400

40-200

meno di 40

Fonti: EMEP/MSC-W e CCE

Carta 4.2 Superamento dei carichi critici condizionali al 5° percentile per l'azoto acidificante, 1995

Superamento dei carichi critici per l'azoto acidificante

1:30 000 000

Carichi in eq/ha nella griglia EMEP 150 x 150

oltre 1000

400-1000

aree senza superamento

200-400

40-200

meno di 40

Fonti: EMEP/MSC-W e CCE

Map 4.3 Superamento dei carichi critici condizionali al 5° percentile per l'azoto eutrofizzante, 1995

Superamento dei carichi critici per l'azoto eutrofizzante

1:30 000 000

Carichi in eq/ha nella griglia EMEP 150 x 150

oltre 1000

400-1000

aree senza superamento

200-400

40-200

meno di 40

Fonti: EMEP/MSC-W e CCE

principali fonti di emissioni in Europa centrale, Regno Unito orientale e in alcuni altri luoghi. In alcune parti della Scandinavia, dove le emissioni sono particolarmente modeste, il numero di superamenti è piuttosto alto, a causa della scarsa capacità tamponante del suolo (un indicatore della sua capacità di neutralizzare l'acidità). Nell'area del Mediterraneo, la capacità tamponante dei suoli è molto maggiore, cosicché i carichi critici sono più elevati, e quindi il numero dei superamenti è assai inferiore. La carta 4.2 mostra i superamenti del carico critico condizionale per l'azoto acidificante, mentre la carta 4.3 illustra i superamenti dei carichi critici per l'azoto eutrofizzante.

4.5. Emissioni

4.5.1. Tendenze nel periodo 1980-95

I dati contenuti nel presente paragrafo comprendono tutte le emissioni all'interno dell'area EMEP indicate nella base dati EMEP sulle emissioni (Olendrzynski, 1997). Le figure 4.8, 4.9 e 4.10 illustrano le variazioni delle emissioni di SO₂, NO_x e NH₃ intervenute fra il 1980 e il 1995. Il quadro generale vede un calo costante e di ampie proporzioni delle emissioni di SO₂ per tutto il periodo considerato e un calo generale ma meno rapido delle emissioni di azoto solo a partire dal 1990 circa. Il totale delle emissioni di SO₂ è sceso di circa il 50% fra il 1980 e il 1995 (figura 4.8). Il calo è stato maggiore negli NSI e nell'UE, con una riduzione rispettivamente del 58% e del 57%, mentre la diminuzione nei PECO è stata all'incirca del 40% e si è verificata soprattutto a partire dal 1990. Per gli NO_x le riduzioni sono state inferiori, ma fra il 1990 e il 1995 vi è stato un calo del 15% delle emissioni totali (8% nell'UE, 29% nei PECO e 31% negli NSI) (figura 4.9). I dati sulle emissioni di NH₃ prima del 1990 sono incompleti e imprecisi, ma dopo tale anno sono disponibili stime ufficiali più affidabili per tutta l'Europa. Dal 1990 al 1995, le emissioni totali di NH₃ in Europa sono scese del 15% (9% nell'UE, 32% nei PECO e 17% negli NSI) (figura 4.10).

4.5.2. Emissioni per settore

La figura 4.11 mostra che le emissioni di zolfo sono dominate dal settore dell'energia, quelle di NO_x dal settore dei trasporti e quelle di NH₃ dall'agricoltura. I dati riguardanti l'evoluzione temporale delle varie emissioni per i diversi settori sono piuttosto incompleti ma indicano una riduzione della quota di emissioni di SO₂ dal settore industriale, un aumento della quota delle stesse emissioni dal settore energetico e un passaggio dal settore industriale a quello dei trasporti per gli NO_x. L'agricoltura resta il settore dominante per le emissioni di NH₃.

4.5.3. Distribuzione spaziale delle emissioni

La distribuzione spaziale delle emissioni di anidride solforosa (esprese in tonnellate di zolfo

Figura 4.6 Deposizioni annuali, 1985-1995

Zolfo

Polonia meridionale

Benelux

Italia settentrionale

Norvegia meridionale

Azoto ossidato

Benelux

Polonia meridionale

Italia settentrionale

Norvegia meridionale

Azoto ridotto

Benelux

Italia settentrionale

Polonia meridionale

Norvegia meridionale

Fonte: EMEP/MSC-W

all'anno) e di ossidi di azoto e ammoniaca (espresse in tonnellate di azoto all'anno) in Europa nel 1995 è illustrata nelle carte 4.4 e 4.5, con l'impiego dei dati EMEP sulle emissioni raffigurati su una griglia con risoluzione 50 x 50 km (Olendrzynski, 1997).

Le emissioni di zolfo provengono soprattutto dall'Europa centrale, da alcune zone del Regno Unito, dalla Spagna, dall'Italia, da alcune zone dell'area balcanica, dall'Ucraina e dalla Russia. I dieci paesi che hanno emesso maggiori quantità di zolfo nel periodo 1985-95 (in 1 000 tonnellate di S all'anno) sono stati Germania (2 612), Russia (2 248), Regno Unito (1 741), Polonia (1 704), Ucraina (1 348), Spagna (1 022), Bulgaria (943), Repubblica ceca (894), Italia (827) e Francia (623).

Ognuno di questi 10 paesi è anche la fonte maggiore di deposizioni interne di zolfo, a causa dell'alto tasso di depositi secchi di SO₂ vicino alla fonte di emissione. Numerosi paesi limitrofi (Austria, Belgio, Danimarca, Lussemburgo, Paesi Bassi, Norvegia, Svizzera, Svezia, Bielorussia, Lettonia e Lituania) ricevono più della metà dello zolfo depositato all'interno dei loro confini da questi 10 paesi. Tale distribuzione si evidenzia anche nei superamenti dei carichi critici (carta 4.1).

La distribuzione delle emissioni di azoto è più uniforme di quella delle emissioni di zolfo. Questo andamento è particolarmente marcato nei Paesi Bassi, in Germania occidentale e nel Regno Unito meridionale. Come sottolineato nel sottoparagrafo 4.4.1, le emissioni di azoto stanno diventando una fonte di acidificazione sempre più importante. In vaste zone di Francia, Spagna, Italia, Scandinavia, dei PECO e degli NSI, le emissioni di azoto sono attualmente superiori alle emissioni di zolfo. I 10 paesi con i valori totali più elevati di emissioni di azoto (NO_x e NH₃, espressi in 1 000 tonnellate di N all'anno) sono stati Russia (1 610), Germania (1 486), Regno Unito (1 067), Francia (1 064), Italia (938), Ucraina (880), Polonia (793), Spagna (615), Romania (388) e Paesi Bassi (355).

In Bulgaria, Danimarca, Francia, Germania, Irlanda, Italia, Paesi Bassi, Portogallo, Romania, Spagna, Turchia, Regno Unito e Ucraina, le emissioni interne sono la fonte di oltre metà dei depositi interni di azoto. I restanti paesi ricevono oltre il 50% da fonti all'esterno del paese.

Rispetto a quelle di zolfo, le deposizioni totali di azoto sono un po' più localizzate, ma il carattere transfrontaliero del trasporto di azoto è comunque evidente (cfr. riquadro 4.1). Le diverse distanze di trasporto sono evidenziate nelle carte dei superamenti dei carichi critici, carte 4.1 e 4.2.

4.6. Cause: trasporti

I progressi ottenuti nel contenere il problema dell'acidificazione sono stati soprattutto il risultato della continua riduzione delle emissioni di anidride solforosa. L'attenzione si concentra ora maggiormente sul settore dei trasporti, dove la politica ambientale non ha tenuto il passo con la crescita dell'uso dei mezzi di trasporto, tanto che il settore è ormai la fonte principale di emissioni di ossidi di azoto. I trasporti costituiscono inoltre una fonte importante di altri inquinanti atmosferici, come il monossido di carbonio, l'anidride carbonica, i particolati e i composti organici volatili non metanici (NMVOC). Alcuni composti organici sono tossici; attualmente sono causa di particolari preoccupazioni il benzene e l'1,3-butadiene. Il trasporto su gomma è fonte inoltre di emissioni di idrocarburi poli-aromatici, oltre che di piombo, nel caso di veicoli che non utilizzano benzina verde.

I fattori che causano aumento delle emissioni di vari inquinanti provenienti dal settore dei trasporti in Europa comprendono:

- la crescita continua dell'uso del trasporto su gomma, in particolare di camion e automobili, e l'abbandono del trasporto su rotaia;
- l'aumento dei viaggi aerei, la modalità di trasporto che sta crescendo più rapidamente in Europa;
- la forte potenzialità di espansione dei trasporti privati in Europa orientale, in base ai modelli di crescita già verificatisi in Europa occidentale.

Figura 4.7 Quota dell'Europa con superamenti dei carichi critici, 1985-95

percentuale dell'area terrestre totale su quella coperta dall'EMEP

zolfo acidificante

azoto acidificante

azoto eutrofizzante

Nota: Stime della quota di superficie totale dell'Europa che presenta superamenti del carico critico condizionale (5° percentile) per zolfo e azoto, e del carico critico (costante) per l'azoto eutrofizzante. Calcolate sulle maglie della griglia EMEP (150 x 150 km), usando stime della quota di ecosistemi interessati dal superamento per ogni maglia della griglia (Posch, 1997). Fonte: EMEP/MSC-W e CCE

Carta 4.4 Emissioni di zolfo nel 1995 con risoluzione di 50 km (tonnellate di S all'anno)

oltre 50 000

10 000 - 50 000

1 000 - 5 000

Emissioni di zolfo

1 : 30 000 000

Emissioni in tonnellate nella griglia EMEP 50 x 50

500 - 1 000

100 - 500

1-100

Note: Compresa le emissioni derivanti dai trasporti marittimi nel Mare del Nord e nell'Atlantico nordorientale (Lloyd's, 1995). Pochi dati disponibili per le emissioni derivanti dai trasporti nel Baltico, quasi nessun dato per il Mediterraneo e il Mar Nero. Le emissioni in questi mari sono ampiamente sottostimate. Fonte: EMEP

Carta 4.5 Emissioni di ossidi di azoto e ammoniaca nel 1995 con risoluzione di 50 km (tonnellate di N all'anno)

oltre 50 000

10 000 - 50 000

5 000 - 10 000

1 000 - 5 000

Emissioni di ossidi di azoto e ammoniaca

1 : 30 000 000

Emissioni in tonnellate nella griglia EMEP 50 x 50

500-1 000

100 - 500

1 - 100

Note: Compresa le emissioni derivanti dai trasporti marittimi nel Mare del Nord e nell'Atlantico nordorientale (Lloyd's, 1995). Pochi i dati disponibili per le emissioni derivanti dai trasporti nel Baltico, quasi nessun dato per il Mediterraneo e il Mar Nero. Le emissioni in questi mari sono ampiamente sottostimate. Fonte: EMEP

4.6.1. Uso dei trasporti

Trasporto delle merci

La figura 4.12 illustra i mutamenti intervenuti nel trasporto delle merci in Europa fra il 1985 e il 1995. La continua espansione dei volumi totali del trasporto merci in Europa occidentale è dominata dalla crescita del trasporto su gomma. Il trasporto su rotaia è sceso del 20%, anche a seguito della ristrutturazione economica in Germania orientale; solo il 17% del trasporto merci avviene attualmente su rotaia.

Anche se il trasporto merci su rotaia è percentualmente più importante nei PECO e negli NSI che in Europa occidentale, anche in questi paesi il suo impiego è sceso rapidamente, sempre a seguito della ristrutturazione economica. La crescita del trasporto merci su gomma, dal 1993 in poi, fa pensare ad un ravvicinamento ai modelli dell'Europa occidentale.

La carta 4.6 illustra la quota percentuale del trasporto merci su gomma in diversi paesi.

Trasporto dei passeggeri

Il trasporto delle persone in Europa continua ad aumentare. Nel decennio che precede il 1994, nell'UE i viaggi aerei sono cresciuti dell'82% e i viaggi in automobile del 46%, mentre l'uso degli autobus è salito del 15% e quello del treno solo del 3%. Anche in questo caso vi sono notevoli differenze nella distribuzione dei trasporti fra l'Europa occidentale e quella orientale (figura 4.13).

I proprietari di automobili sono più numerosi in paesi quali Germania, Svizzera, Austria e Italia, un dato che rispecchia i livelli più elevati di benessere in tali paesi e che indica il potenziale di aumento del numero di auto nei restanti paesi d'Europa.

Nei PECO è in corso un passaggio generalizzato dai trasporti pubblici a quelli privati, che sta causando un aumento della congestione urbana e dei parcheggi non custoditi nelle città, non progettate per accogliere un gran numero di automobili private, oltre che dell'inquinamento. Un'altra conseguenza è la notevole contrazione o razionalizzazione delle reti dei trasporti pubblici. In Polonia, ad esempio, nel 1993 risultavano funzionanti 24 000 km di linee ferroviarie, ma quando si sarà concluso il previsto programma di costruzione di strade si calcola che ne resteranno solo 14 000 km (Hall, 1993).

In linea con l'incremento del trasporto su gomma, la rete stradale in Europa si è ampliata mentre la rete ferroviaria è rimasta invariata o si è ridotta. In tutto il continente sono state costruite autostrade ben più estese che in passato (un incremento di oltre il 200% nella sola UE dal 1970). Dal 1970 è aumentata anche la lunghezza totale di tutte le strade, in misura del 17% nell'UE e del 12% nei PECO.

Figura 4.8 Emissioni di SO₂ in Europa, 1980-95

milioni di tonnellate
in tutta Europa
Europa occidentale
PECO
NSI

Figura 4.9 Emissioni di NO_x in Europa, 1980-95

milioni di tonnellate
in tutta Europa
Europa occidentale
PECO
NSI

Figura 4.10 Emissioni di NH₃ in Europa, 1980-95

milioni di tonnellate
in tutta Europa

Europa occidentale
PECO
NSI

Fonte: EMEP/MSC-W

Per le ferrovie, la linea di tendenza rispecchia l'andamento del trasporto merci. La rete ferroviaria si è ridotta del 6% nell'UE, mentre nei PECO e negli NSI resta quasi del tutto invariata.

Gli scenari dell'energia discussi nel sottoparagrafo 2.7.2 sono per lo più basati sull'ipotesi che i trasporti in tutta Europa continueranno a crescere (Amman, 1997). E' prevedibile che il consumo di energia da parte delle automobili aumenterà nell'UE da 15 GJ/pro capite a 18 GJ/pro capite fra il 1990 e il 2010. Nei PECO e negli NSI, questi valori passeranno prevedibilmente da 3,6 a 5,4 GJ/pro capite, ipotizzando un andamento di tipo "convenzionale". Se invece si ipotizza un andamento secondo il quale il consumo di energia e l'efficienza energetica nei PECO e negli NSI si adegueranno ai livelli dell'Europa occidentale, è prevedibile che in Europa il consumo raggiunga 12 GJ/pro capite. Si prevede che gran parte di questo aumento si verifichi nei PECO e che provochi in tali paesi un incremento delle emissioni di inquinanti atmosferici derivanti dalle automobili.

Mentre si prevede che il consumo di energia per i trasporti aumenti, l'intensità energetica nel settore (consumo di energia per unità di PIL) potrebbe scendere. All'interno dell'UE, si prevede infatti che l'intensità energetica nel settore trasporti scenda da 0,76 a 0,64 MJ/ECU PIL fra il 1990 e il 2010. Per i PECO e gli NSI, si prevede un calo dall'1,92 all'1,61 MJ/ECU PIL nell'ipotesi di un andamento "convenzionale" e all'1,11 MJ/ECU PIL nell'ipotesi della "convergenza energetica" (Amman, 1997). È evidente che in questi paesi si possono ancora realizzare notevoli incrementi di efficienza nei sistemi di trasporto.

4.6.2. Contenimento delle emissioni del trasporto su gomma

In Europa sono state introdotte svariate misure legislative tese a contenere le emissioni derivanti dal trasporto su gomma. Nell'UE, la direttiva 91/441/CEE richiedeva l'installazione di marmitte catalitiche a tre vie in tutte le auto nuove con motore dotato di accensione a scintilla a partire dal 1993. Da allora, le emissioni di NO_x, CO e NMVOC derivanti dal parco macchine sono in decremento. Si prevedono ulteriori controlli per il 2001. Tuttavia, se il traffico continua a crescere, si prevede che le emissioni riprendano ad aumentare fra circa 15 anni.

Il passaggio ad automobili più grandi sta causando un aumento generalizzato delle emissioni di CO₂, aggravato da nuove apparecchiature che consumano carburante in più, come l'aria condizionata. E' prevedibile che le emissioni totali di CO₂ aumentino di pari passo con l'incremento dei trasporti, sebbene sia difficile prevedere l'entità dell'aumento.

Le misure fiscali possono incoraggiare l'impiego di combustibili meno inquinanti. La figura 4.14 illustra l'andamento dei prezzi dei carburanti per il trasporto su gomma a partire dal 1978. Il gasolio e la benzina hanno seguito andamenti simili; la benzina è risultata più costosa a causa degli incentivi fiscali. Nel 1996 il prezzo medio della benzina verde in Europa era uguale a quello della benzina con piombo.

Un libro verde CE per una corretta ed efficace determinazione dei prezzi ha dato slancio al dibattito sull'internalizzazione dei costi esterni. Fin dal 1993 esiste nell'UE il cosiddetto sistema "Eurovignette" volto a creare un regime comune di tariffazione per gli automezzi pesanti che utilizzano le strade della Comunità. Sono in discussione proposte per aggiornare e modificare il regime, come ad esempio

Figura 4.11 Emissioni di sostanze acidificanti per settore, 1994/95

SO ₂
industria
trasporti
nuclei familiari
altri
energia
Totale: 18,5 milioni di tonnellate
NO _x
trasporti
nuclei familiari
altri

energia
industria
Totale: 15,5 milioni di tonnellate

NH₃
agricoltura
industria
trasporti
Totale: 4,5 milioni di tonnellate

Note: Dati solo per UE, EFTA e PECO. Dati UE per il 1994, dati EFTA e PECO per il 1995. Non vi sono dati disponibili per altri paesi europei. Fonti: AEA e ETC/AE

Carta 4.6 Trasporto merci su gomma, rispetto al totale su gomma, su rotaia, sulle acque interne e tramite condutture, 1995

Trasporto merci

1:30 000 000

Merci trasportate su strada

80-98%

60-80%

40-60%

20-40%

2-20%

dati disponibili insufficienti

Fonte: UNSTAT, ECMT

tariffe inferiori per i veicoli che soddisfano le nuove norme Euro II per le emissioni.

Nel 1993, il 48% di tutto il carburante per il trasporto su gomma usato nell'UE era diesel, rispetto al 33% nel 1980. La maggior diffusione del carburante diesel può portare a riduzioni marginali delle emissioni di CO₂, ma anche provocare un aumento, nelle aree urbane, delle emissioni dei particolati e degli NO_x, che si ritiene provochino problemi di salute per l'uomo. Se le automobili diesel presentano vantaggi rispetto alle auto a benzina senza marmitta catalitica per quanto riguarda le emissioni di NO_x, CO e NMVOC, tale vantaggio scompare rispetto alle auto a benzina provviste di marmitta catalitica.

Un altro inquinante derivante dal trasporto su gomma è il piombo che viene aggiunto alla benzina per aumentarne il numero di ottani e può contribuire in maniera rilevante alla concentrazione atmosferica di piombo nelle aree urbane (cfr. figura 12.7). Per ridurre tali emissioni, molti paesi hanno introdotto la benzina senza piombo (carta 4.7). In alcuni paesi dell'Europa orientale, i motori possono funzionare di norma con benzine a basso numero di ottani, senza additivi al piombo. Le marmitte catalitiche vengono rovinare dal piombo contenuto nella benzina, e pertanto gli autoveicoli catalizzati devono impiegare la benzina senza piombo. Per ridurre le emissioni acide tramite l'impiego di marmitte catalitiche occorre in primo luogo utilizzare benzina senza piombo.

Produrre la benzina senza piombo costa all'incirca il 2% in più che produrre quella senza piombo, ma alcuni paesi hanno introdotto incentivi fiscali per incoraggiarne l'uso. Tali misure, insieme all'obbligo di introdurre le marmitte catalitiche e ad iniziative volte a sensibilizzare al problema, stanno ottenendo un calo delle emissioni di piombo dovute al trasporto su gomma (cfr. figura 6.4).

Figura 4.12 Trasporto merci in Europa, 1985-1995

Europa occidentale
miliardi di tonnellate/chilometri
totale
idrovie interne
ferrovie
condutture
strade
Europa centroorientale
miliardi di tonnellate/chilometri

Figura 4.13 Trasporto passeggeri in Europa, 1995

Europa occidentale
Europa centroorientale
Nuovi Stati Indipendenti
aerei
treni
autobus
automobili

Fonte: UNSTAT, ECMT

Carta 4.7 Utilizzo della benzina senza piombo in Europa, 1996

Utilizzo della benzina senza piombo

1:30 000 000

Benzina senza piombo in percentuale su tutte le benzine

>95%

75-95%

<50%

nessun dato

Fonte: Ministero danese per l'ambiente, 1998

4.7. Risposte

Due punti deboli fondamentali della politica europea dei trasporti come mezzo per combattere l'acidificazione sono i poteri limitati dell'UE e di altri enti sovranazionali e il forte incoraggiamento dato ai mercati aperti e allo sviluppo economico, spesso a spese dell'ambiente. Il Quinto programma di azione a favore dell'ambiente ha riconosciuto che la realizzazione di un sistema di trasporti sostenibile richiede azioni concertate, non solo da parte delle istituzioni dell'UE ma anche da parte dei governi nazionali e delle amministrazioni locali, delle imprese e degli individui, nonché di altri soggetti interessati. Da allora sono stati preparati un programma quinquennale di azione per lo sviluppo della politica europea dei trasporti e un libro bianco sulla competitività e sul libero accesso alle reti ferroviarie. Un'altra iniziativa, il programma "auto oil", che ha coinvolto la Commissione e le industrie automobilistica e petrolifera,

Figura 4.14 Prezzi dei carburanti per il trasporto su gomma in Europa, 1978-96

USD al litro

benzina con piombo

benzina senza piombo

Diesel

Fonte: AIE

Tabella 4.1 Obiettivi UNECE e UE, attuali e programmati, di riduzione delle emissioni riguardanti acidificazione ed eutrofizzazione

Attuali protocolli UNECE	Anno	Obiettivo principale
Primo Protocollo sullo zolfo (Helsinki) 1985		Riduzione del 30%, entro il 1993, delle emissioni di zolfo o dei flussi transfrontalieri di zolfo rispetto ai livelli del 1980.
Secondo Protocollo sullo zolfo (Oslo) 1994		Valori limite delle emissioni nazionali per il 2000 (e in alcuni casi anche per il 2005/2010) basati sull'obiettivo intermedio consistente nel ridurre del 60% il divario tra i livelli di deposizioni di zolfo e i carichi critici condizionali al 5° percentile
Primo Protocollo sugli NO _x (Sofia) transfrontalieri	1988	Stabilizzare le emissioni di NO _x o i flussi di NO _x ai livelli del 1987 entro il 1994.
Protocolli UNECE in preparazione	Anno (previsto)	Obiettivo principale
Protocollo di vasta portata	1999	Stabilire valori limite delle emissioni nazionali per NO _x , NH ₃ e VOC usando un approccio orientato agli effetti (carichi e livelli critici) ed economicamente efficiente teso a ridurre l'acidificazione, l'eutrofizzazione e l'ozono troposferico insieme a riduzioni delle emissioni di NMVOC (cfr. anche capitolo 5).

Attuale politica UE principale	Anno	Obiettivo
Obiettivo del 5PAA per l'SO ₂ 1985 entro il 2000.	1992	Una riduzione del 35% rispetto al livello del 1985. Molte direttive sono entrate in vigore o sono in corso di revisione per raggiungere questo obiettivo.
Obiettivo del 5PAA per gli NO _x	1992	Stabilizzazione entro il 1994 e riduzione del 30% entro il 2000, rispetto ai livelli di emissione del 1990. Varie direttive sono entrate in vigore o sono in preparazione per raggiungere questo obiettivo.

Strategia UE in preparazione	Anno (previsto)	Obiettivo principale
Riduzione emissioni di SO ₂ , NO _x e NH ₃ 1998		Secondo un approccio basato sugli effetti (carichi critici) ed economicamente efficiente, riduzioni delle emissioni di SO ₂ , NO _x e NH ₃ per raggiungere, entro il 2010, l'obiettivo ambientale provvisorio di ridurre il divario almeno del 50% (in base a uno scenario di riferimento comprendente tutte le direttive (attuali e in preparazione) nell'UE) in ogni area degli ecosistemi che supera i carichi critici per l'acidità totale.

ha affrontato il problema delle emissioni degli autoveicoli e della qualità dell'aria. Esso riguarda le emissioni dei veicoli e gli standard di qualità del carburante, i controlli delle emissioni di vapori e i programmi di ispezione e manutenzione. È attualmente in preparazione 'Auto-Oil II', che studierà gli standard da attuare entro il 2005.

Il controllo delle emissioni derivanti dal trasporto su gomma rientra in una serie di strategie intese a risolvere il problema dell'acidificazione in Europa, a livello nazionale e internazionale, strategie formulate a seguito della convenzione UNECE di Ginevra del 1979 sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a grande distanza (LRTAP), del primo trattato multilaterale riguardante l'inquinamento atmosferico e del Quinto programma di azione a favore dell'ambiente dell'UE (SPAA). La tabella 4.1 riassume i vari protocolli UNECE e le politiche dell'UE; la tabella 1 della Sintesi della presente relazione riassume i progressi compiuti verso il raggiungimento degli obiettivi di tali protocolli e politiche.

Anidride solforosa (SO₂)

L'obiettivo del primo Protocollo sullo zolfo in base alla convenzione LRTAP era di ridurre le emissioni del 30% rispetto ai livelli del 1980 entro il 1993. L'obiettivo a lungo termine del secondo Protocollo sullo zolfo, sottoscritto nel 1994, è di evitare il superamento dei carichi critici per lo zolfo. L'obiettivo provvisorio è di ridurre il divario fra i livelli delle deposizioni di zolfo del 1990 e il 5° percentile dei carichi critici per lo zolfo nelle diverse zone d'Europa di almeno il 60% entro l'anno 2000. Sulla base di un'analisi dell'efficienza economica, sono stati fissati per i singoli paesi europei diversi obiettivi di riduzione delle emissioni.

L'obiettivo del primo Protocollo è stato raggiunto per l'Europa in generale e da quasi tutti i paesi contraenti della convenzione. Il raggiungimento dell'obiettivo intermedio del secondo Protocollo entro il 2000 è più incerto. Per esempio per l'UE nel suo complesso l'obiettivo intermedio è una riduzione del 62% dei livelli del 1980 entro il 2000. Nel 1995 era stata raggiunta una riduzione del 57% dei livelli del 1980 - circa il 50% era stato raggiunto per l'Europa nel suo complesso.

L'obiettivo per l'SO₂ fissato nel SPAA (una riduzione del 35% delle emissioni del 1985 entro il 2000) è stato raggiunto per l'Europa nel suo complesso nel 1995 (riduzione complessiva del 40%) e dalla maggior parte dei singoli Stati membri.

Le riduzioni delle emissioni di SO₂ ottenute in Europa fra il 1980 e il 1995 sono state ottenute soprattutto a seguito di misure di abbattimento adottate per le grandi fonti localizzate (desolforizzazione dei gas di combustione e carbone a ridotto tenore di zolfo); alcune riduzioni si devono a misure come il passaggio dal carbone al gas naturale, la diminuzione della quota di carbone, il rinnovamento delle centrali elettriche e la ristrutturazione delle economie nei PECO e negli NSI.

Le parti contraenti della convenzione LRTAP dovranno ridurre ulteriormente le loro emissioni per raggiungere l'obiettivo a lungo termine del secondo Protocollo. Tra le ulteriori iniziative in corso o previste a livello comunitario per stimolare la progressiva riduzione delle emissioni di zolfo figurano:

- una strategia contro l'acidificazione - una comunicazione relativa a una strategia comunitaria per combattere l'acidificazione è stata adottata nel marzo 1997 dalla Commissione (COM(97)88);
- una revisione della direttiva sui grandi impianti di combustione (LCP) (88/609/CEE) sulla riduzione delle emissioni di SO₂ e NO_x dai grandi impianti di combustione;
- la direttiva (93/12/CEE) che fissa i limiti del tenore di zolfo del carburante diesel e del gasolio;
- una proposta di nuova direttiva che limita il contenuto di zolfo dell'olio combustibile pesante;
- una serie di direttive che fissano i valori limite delle emissioni per vari tipi di autoveicoli e diverse proposte di nuove direttive basate sui risultati del programma "auto oil";
- la direttiva sulla prevenzione e riduzione integrata dell'inquinamento.

Le strategie di abbattimento delle emissioni attualmente allo studio nell'UE sono strettamente legate ai documenti in preparazione all'UNECE (Amann *et al.*, 1997).

Ossidi di azoto (NO_x)

L'obiettivo del primo Protocollo sugli NO_x della convenzione LRTAP era di stabilizzare le emissioni al livello del 1987 entro il 1994. Tale obiettivo è stato raggiunto a livello europeo nel complesso, sebbene non da tutti i firmatari del protocollo.

Al momento attuale, uno scopo importante della convenzione è di portare a termine nel 1998 la negoziazione di un nuovo Protocollo sugli NO_x. Si tratterà del cosiddetto protocollo di vasta portata, riguardante l'acidificazione, l'eutrofizzazione e l'ozono troposferico, nonché le emissioni di NO_x, NH₃ e VOC. Come il secondo Protocollo sullo zolfo, avrà lo scopo di ridurre al minimo e alla fine eliminare gli effetti dannosi sull'ambiente nel modo economicamente più efficiente.

In base a questo nuovo protocollo, tuttavia, l'ottimizzazione dei costi dovrà avvenire in modi che soddisfino almeno gli obiettivi di qualità ambientale per l'acidificazione, l'eutrofizzazione e l'ozono troposferico.

L'obiettivo del SPAA per gli NO_x è una riduzione del 30% delle emissioni fra il 1990 e il 2000. Entro il 1995 è stata ottenuta una riduzione dell'8% e non sembra probabile che si possa raggiungere l'obiettivo per il 2000. Si prevede una continua crescita del traffico su gomma; i benefici di varie misure adottate per ridurre le emissioni dei veicoli a motore, come l'inasprimento degli standard per le emissioni delle automobili, non entreranno pienamente in vigore fino a dopo il 2000 a causa del ridotto tasso di *turnover* del parco auto. Per le fonti fisse di NO_x, le ulteriori riduzioni delle emissioni dipenderanno dal livello della domanda di energia, dal mix di carburanti utilizzati e dalla rapidità con cui gli Stati membri applicheranno le disposizioni delle direttive interessate (ad esempio le direttive LCP e IPPC)

Per ridurre l'acidificazione, l'eutrofizzazione e l'ozono troposferico saranno necessarie ulteriori riduzioni delle emissioni di NO_x dopo il 2000. È probabile che le strategie, gli obiettivi e le misure dell'UE relativamente all'acidificazione saranno simili e integrate con quelle del secondo Protocollo LRTAP sugli NO_x. L'obiettivo provvisorio in base alla strategia comunitaria per combattere l'acidificazione è una riduzione del 55% delle emissioni di NO_x fra il 1990 e il 2010.

Ammoniaca (NH₃)

Attualmente non vi sono obiettivi internazionali per la riduzione delle emissioni di ammoniaca, né nell'UE né in base alla convenzione LRTAP. Fra il 1990 e il 1995 è stato registrato un piccolo calo delle emissioni, dovuto alla riduzione dell'attività agricola (diminuzione del bestiame). L'ammoniaca è uno degli inquinanti compresi nei negoziati per un nuovo Protocollo sugli NO_x in base alla convenzione LRTAP; una prossima direttiva nell'ambito della strategia comunitaria per combattere l'acidificazione è volta a introdurre valori limite a livello nazionale per le emissioni di ammoniaca.

Bibliografia:

Amann, M., Bertok, I., Cofala, J., Gyarfas, F., Heyes, C., Klimont, Z., Schopp, W., Hettelingh, J.-P. and Posch, M. (1997). *Cost-effective control of acidification and ground level ozone*. Second Interim Report. International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria.

Becher, G., Förster, M., Lorenz, M., Minnich, M., Möller-Edzards, C., Stephan, K., van Ranst, E., Vanmechelen, L. and Vel., e. (1996). *Forest condition in Europe, Results of the*

1995 Survey. EC-UN/ECE, Brussels, Belgium, Geneva, Switzerland.

Danish Ministry of the Environment (1998). Fourth meeting of the task force on the phase-out of lead in gasoline. *Country Assessment Report*. Danish EPA.

Gregor, H.D., Werner, B. and Spranger, T. (eds.) (1996). *Manual on methodologies for mapping critical loads/levels and geographical areas where they are exceeded*. Task Force on Mapping (TFM), UBA Texte 71/96. Umweltbundesamt (UBA), Berlin, Germany.

Hall, D. R. (1993). *Transport and Economic Development in New Central and Eastern Europe*. Belhaven Press, London, UK.

Hedin, L.O., Granat, L., Likens, G.E., Buishand, T.A., Galloway, J.N., Butler, T.N., and Rodhe, H. (1994). Steep declines in atmospheric base cations in regions of Europe and North America. In *Nature*, Vol. 367, p. 351-354.

Henriksen, A., Skjelkvåle, B.L., Mannio, J., Wilander, A., Harriman, R., Curtis, C., Jensen, J.P., Fjeld, E., and Moiseenko, T. (1998). Northern Europe Lake Survey - 1995, Finland, Norway, Sweden, Denmark, Russian Kola, Russian Karelia, Scotland and Wales. *Ambio*, in press.

Hesthagen, T., Berger, H. M., Larsen, B.M. and Saksgård, R. (1995). Monitoring fish stocks in relation to acidification in Norwegian watersheds. In *Water, Air and Soil Pollution*, Vol. 85, p. 641-646.

Kucera, V. and Fitz, S. (1995). Direct and indirect air pollution effects on materials including cultural monuments. In *Water, Air and Soil Pollution*, Vol. 85, p. 153-165.

Lorenz, M., Augustin, S., Becher, G. and Förster, M. (1997). *Forest condition in Europe*. Results of the 1996 crown condition survey. Federal Research Centre for Forestry and Forest Products, Hamburg, Germany. EC-UN/ECE, Brussels, Belgium, Geneva, Switzerland.

Lloyd's Register of Shipping (1995). *Marine Exhaust Emission Research Programme*. Lloyd's Register of Shipping, London, UK.

Lükewille, A., Jeffries, D., Johannessen, M., Raddum, G., Stoddard, J., Traaen, T. (1997). The Nine Year Report: Acidification of Surface Waters in Europe and North

America. Long-term Developments (1980s and 1990s). Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Acidification of Rivers and Lakes, *NIVA-Report*, Serial No. 3637-97, 168 pages.

Mylona, S. (1996). Sulphur dioxide emissions in Europe 1880-1991 and their effect on sulphur concentrations and depositions. In *Tellus*, Vol. 48 B, p. 662-689.

Olendrzynski, K. (1997). Emissions. In *Transboundary Air Pollution in Europe. MSC-W Status Report 1997*. Ed: Berge, E.. EMEP/MSC-W Report 1/97. Norwegian Meteorological Institute, Oslo, Norway.

Posch, M., Hettelingh, J.-P., de Smet P.A.M. and Downing, R.J. (eds.) (1997). *Calculation and mapping of critical thresholds in Europe: Status Report 1997*. Co-ordination Centre for Effects. National Institute of Public Health and the Environment. Report no. 2591101007, Bilthoven, the Netherlands.

Posch, M. (1997). *Personal Communication*. National Institute of Public Health and the Environment. Bilthoven, the Netherlands.

Semb, A., Hanssen, J.E., François, F., Maenhaut, W. and Pacyna, J.M. (1995). Long range transport and deposition of mineral matter as a source for base cations. In *Water, Air, Soil Pollution*, Vol. 85, p. 1933-1940.

Tsyro, S.G. (1997). Long-term source-receptor calculations for acidifying and eutrophying compounds. In *Transboundary Air Pollution in Europe. MSC-W Status Report 1997*, Berge, E. (ed.). EMEP/MSC-W Report 1/97. Norwegian Meteorological Institute, Oslo, Norway.