
GLI AMBITI E LE TEMATICHE AMBIENTALI

L'INQUINAMENTO ATMOSFERICO E I CAMBIAMENTI CLIMATICI



Il capitolo che segue è articolato in quattro parti corrispondenti ad altrettante problematiche afferenti ad un unico comparto ambientale: l'atmosfera. Le quattro problematiche sono nell'ordine:

- la qualità dell'aria;
- l'inquinamento transfrontaliero a lunga distanza;
- il problema dell'impoverimento dello strato dell'ozono stratosferico;
- i cambiamenti climatici.

Tutti questi aspetti sono connessi con le emissioni in atmosfera, di origine antropica o naturale, di inquinanti o di sostanze che, modificando la composizione dell'atmosfera, ne alterano i delicati e complessi equilibri.

Per quanto queste considerazioni generali giochino a favore di una trattazione integrata dei quattro temi, è opportuno segnalare le argomentazioni che sottolineano le notevoli specificità dei diversi fenomeni e che ne giustificano una trattazione separata.

In primo luogo la diversa scala spaziale: mentre gli aspetti connessi alla qualità dell'aria coinvolgono preminentemente la scala locale, e segnatamente quella urbana, per l'inquinamento transfrontaliero a lunga distanza l'attenzione è centrata sui fenomeni di diffusione e trasporto di inquinanti che necessitano di una scala almeno continentale per caratterizzare in maniera appropriata i nessi di causa (sorgente) ed effetto (luogo dell'impatto). A maggior ragione i feno-

meni cui ricondurre i cambiamenti climatici e la riduzione dell'ozono stratosferico sono comprensibili e aggredibili soltanto con un approccio, analitico e predittivo, su scala planetaria. A tali schematizzazioni non sono peraltro riconducibili rilevanti eccezioni; è il caso dei fenomeni di inquinamento da ozono troposferico, complessa combinazione di cause su scala regionale (emissione e trasporto di inquinanti precursori) ed effetti locali (danni alla salute e alle colture). L'ozono troposferico è infatti un inquinante secondario, ossia non emesso da alcuna sorgente ma generato da reazioni che coinvolgono ossidi di azoto e composti organici volatili, i cosiddetti precursori, tramite processi chimici non lineari. Tale caratteristica rende complesse le politiche di riduzione delle emissioni in quanto la riduzione di una sola famiglia di precursori può portare ad un aumento e non ad una riduzione delle concentrazioni di ozono.

In secondo luogo la scala temporale: se i processi diffusivi nel caso della qualità dell'aria hanno un ordine di grandezza caratteristico di alcune ore o giorni, il problema dei cambiamenti climatici è caratterizzato da una scala temporale che, oltre a coinvolgere pesantemente le generazioni future nelle scelte attuali, non consente in molti casi una distinzione univoca tra i cicli climatici "naturali" e le modificazioni indotte dalle pressioni antropogeniche.

Da quanto detto risulta evidente la notevole specificità delle singole tematiche trattate che richiedono peraltro competenze estremamente specialistiche. Ciò nonostante, in particolare per quanto riguarda la predisposizione di misure di intervento realmente efficaci, l'approccio maggiormente consolidato è quello che tenta di integrare i diversi fenomeni che afferiscono al comparto atmosferico. Tale approccio si basa sulla constatazione che ogni singolo inquinante considerato, oltre ad interagire con altre sostanze, risulta come fattore causale in molteplici fenomeni di inquinamento, secondo uno schema definito "multi-inquinante, multi-effetti" riportato nello schema in figura 1. Intervenire abbattendo una singola sostanza può produrre in certi casi una sorta di positivo effetto moltiplicativo su più fronti ambientali. Vale la pena sottolineare come tale effetto moltiplicativo valga non solo per gli inquinanti, ma anche per i settori cui sono imputabili pressioni sull'ambiente; intervenire su determinati settori strategici (es. trasporti, produzione di energia,...) consente di ottenere risultati positivi su più problematiche ambientali. Lo schema consente pertanto una migliore comprensione delle singole parti del capitolo evidenziando le forti interrelazioni tra i fenomeni considerati in termini sia di fattori di pressione sia di impatti ambientali.



La qualità dell'aria

La qualità dell'aria è definita oggettivamente confrontando le concentrazioni misurate o stimate di alcuni inquinanti in atmosfera con valori di concentrazione riferiti ad un particolare intervallo temporale.

La normativa nazionale presenta cinque tipi di valori:

- i valori limite, per la salvaguardia della salute della popolazione, che valgono su tutto il territorio nazionale;
- i valori guida, che sono il riferimento di lungo termine per la protezione della salute e degli ecosistemi e possono riguardare zone cui si voglia imporre un regime particolare;
- livelli di attenzione e livelli di allarme, che si utilizzano nelle aree urbane e riguardano l'esposizione della popolazione;
- obiettivi di qualità, che sono rivolti alla protezione a lungo termine della

salute nelle aree urbane.

Ciascun parametro si riferisce ad un singolo inquinante, prescindendo dalla sorgente di inquinamento e viene individuato in base a considerazioni igienico-sanitarie con l'obiettivo di garantire il completo benessere degli individui ed, in particolare, dei gruppi più sensibili della popolazione (nel caso specifico bambini, anziani, persone con problemi respiratori e cardiovascolari). I valori previsti dalla normativa nazionale sono riassunti nella tabella 1.

Dalla definizione deriva che per uno stesso inquinante i valori di riferimento possono modificarsi nel tempo, in sintonia con il progresso delle ricerche mediche ed epidemiologiche. Accade poi che nuovi riferimenti normativi si aggiungano quando l'evoluzione dei processi produttivi o di combustione e l'introduzione di nuovi combustibili provochino emissioni consistenti di

sostanze non ancora considerate.

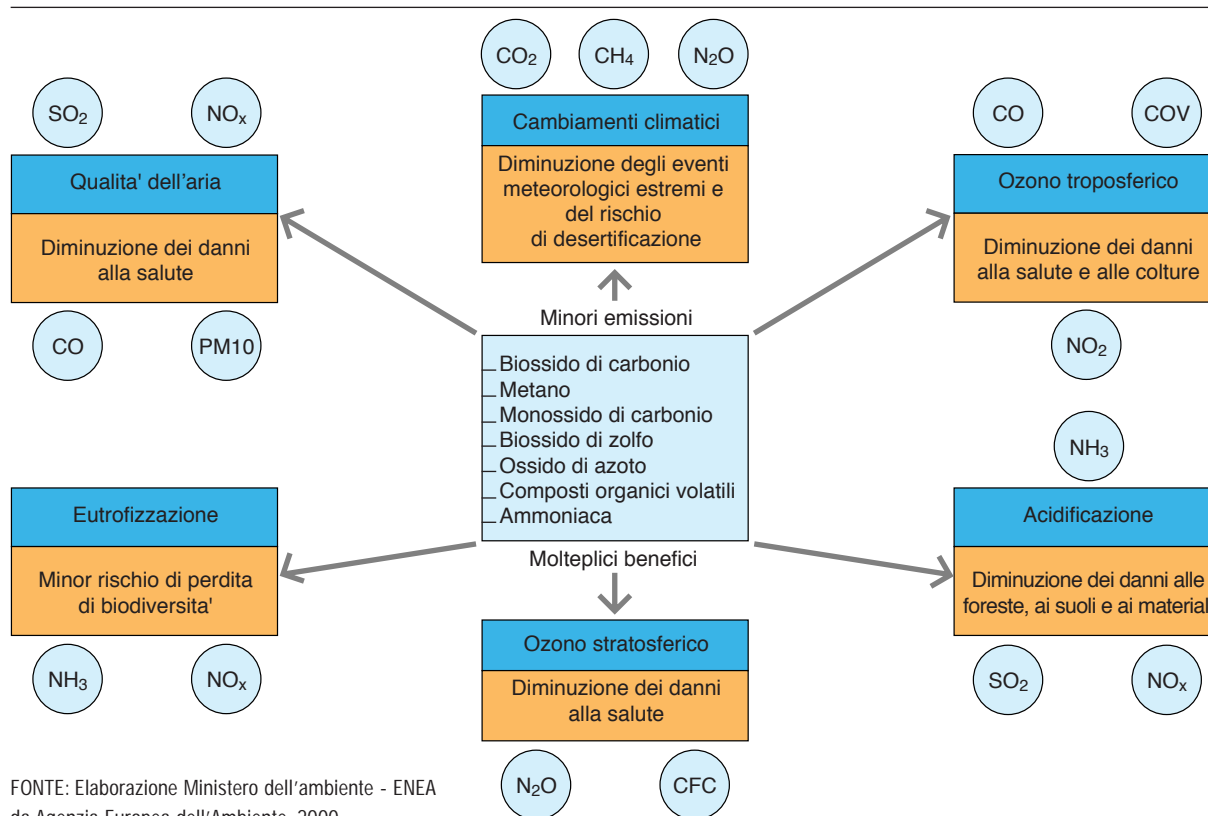
Nel corso di due decenni si è registrata una trasformazione nella percezione e nella preoccupazione del pubblico relativamente alla qualità dell'aria. Un gran numero di persone è consapevole dei pericoli connessi all'inquinamento atmosferico perché il fenomeno si è allargato ai centri urbani principalmente a causa del traffico. Gestire la qualità dell'aria comporta, quindi, l'assunzione di scelte complesse che non attengono solo alla sfera tecnica e che hanno necessità di strumenti di simulazione e di verifica per non incorrere in provvedimenti inefficaci o, peggio, controproducenti.

Emissioni di inquinanti in Italia

Le emissioni di sostanze inquinanti in atmosfera rappresentano il "fattore di pressione". Le sorgenti di emissione possono essere sia conseguenza delle

FIGURA 1

Schema "multi-inquinante, multi-effetti"



FONTE: Elaborazione Ministero dell'ambiente - ENEA da Agenzia Europea dell'Ambiente, 2000.


TABELLA 1 Limiti alle concentrazioni di inquinanti dell'aria previsti dalla normativa nazionale

Inquinante	Periodo di riferimento	Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tempo di mediazione dei dati	Commenti
Biossido di zolfo	anno (1 apr.-31 mar.)	80 (mediana) 250 (98° percentile) ⁽ⁱ⁾	giorno	valore limite DPR 203/24.5. 1988
	semestre freddo (1 ott.-31 mar.)	130 (mediana)	giorno	valore limite DPR 203/24.5.1988
	anno (1 apr.-31 mar.)	40-60 (media aritmetica)	giorno	valore guida DPR 203/24.5.1988
	giorno	100-150	giorno	valore guida DPR 203/24.5.1988
	giorno	125 (attenzione) 250 (allarme)	giorno	livelli di attenzione e di allarme DM 25.11.1994
Particolato (gravimetrico)	anno	150 (media aritmetica) 300 (95° percentile)	giorno	limite massimo accettabilità DPCM 28.03.1983
	giorno	150 (attenzione) ⁽²⁾⁽³⁾ 300 (allarme) ⁽²⁾⁽³⁾	giorno	livelli di attenzione e di allarme DM 25.11.1994
Particolato (fumi neri)	anno (1 apr.-31 mar.)	40-60 (media aritmetica)	giorno	valore guida DPR 203/24.5.1988
	giorno	100-150 (media aritmetica)	giorno	valore guida DPR 203/24.5.1988
Biossido di azoto	anno (1 gen.-31 dic.)	200 (98° percentile)	ora	valore limite DPR 203/24.5.1988
	anno (1 gen.-31 dic.)	50 (mediana)	ora	valore guida DPR 203/24.5.1988
	anno (1 gen.-31 dic.)	135 (98° percentile)	ora	valore guida DPR 203/24.5.1988
	ora	200 (attenzione) 400 (allarme)	ora	livelli di attenzione e di allarme DM 25.11.1994
Ozono	ora	200 ⁽⁴⁾	ora	livelli di attenzione e di allarme DM 28.3.1983
	ora	180 (attenzione) ⁽⁵⁾ 360 (allarme) ⁽⁵⁾	ora	livelli di attenzione e di allarme DM 16.5.96
	8 ore	110 (media mobile trascinata)	ora	livello per la protezione della salute DM 16.5.96
	ora	200	ora	livello per la protezione della
	giorno	65	ora	vegetazione DM 16.5.96
Idrocarburi non metanici	3 ore	200 (media aritmetica) ⁽⁶⁾	ora	valore limite DPCM 28.3.1983
Monossido di Carbonio	ora	40.000	ora	valore limite DPCM 28.3.1983
	8 ore	10.000 (media aritmetica)	ora	valore limite DPCM 28.3.1983
	ora	15.000 (attenzione) 30.000 (allarme)	ora	DM 25.11.1994



L'INQUINAMENTO ATMOSFERICO E I CAMBIAMENTI CLIMATICI

segue **TABELLA 1**

Limiti alle concentrazioni di inquinanti dell'aria previsti dalla normativa nazionale

Inquinante	Periodo di riferimento	Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tempo di mediazione dei dati	Commenti
Fluoro	giorno	20	giorno	valore limite DPCM 28.3.1983
	mese	10 (media aritmetica)	giorno	valore limite DPCM 28.3.1983
Piombo	anno	2 (media aritmetica)	giorno	valore limite DPCM 28.3.1983
PM10	anno	60 (media mobile) ⁽⁷⁾ 40 (media mobile) ⁽⁸⁾	giorno	obiettivo qualità DM 25.11.94
Benzene	anno	15 (media mobile) ⁽⁷⁾	giorno	obiettivo qualità DM 25.11.94
		10 (media mobile) ⁽⁸⁾	su base oraria	
IPA con riferimento al B(A)P	anno	0,0025 (media mobile) ⁽⁷⁾	giorno	obiettivo qualità DM 25.11.94
		0,0010 (media mobile) ⁽⁸⁾		

(1) Ai sensi del DPR 203/88 si devono prendere tutte le misure atte ad evitare il superamento di questo valore per più di 3 gg. consecutivi.

(2) I valori delle concentrazioni di particelle sospese totali misurate in modo non automatico con metodo gravimetrico, concorrono alla determinazione degli stati di attenzione e di allarme e ai conseguenti provvedimenti da adottare, compatibilmente con i tempi necessari per il completamento delle operazioni di prelievo e di misurazione.

(3) Questi valori corrispondono ai valori fissati come standard di qualità nel DPCM 28/3/83.

(4) Da non raggiungere più di una volta al mese.

(5) Questi valori corrispondono rispettivamente alla soglia per l'informazione alla popolazione e alla soglia di allarme previste dalla direttiva 92/72/CEE sull'inquinamento dell'aria provocato dall'ozono.

(6) In periodi del giorno da specificarsi secondo le zone a cura delle autorità regionali competenti; da adottarsi soltanto nelle zone e nei periodi dell'anno nei quali si sono verificati superamenti significativi dello standard dell'aria per l'ozono ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

(7) Valore medio annuale di riferimento da raggiungere e rispettare dall'1 gennaio 1996 al 31 dicembre 1998.

(8) Valore medio annuale di riferimento da raggiungere e rispettare dall'1 gennaio 1999.

FONTE: ANPA, 1999.



attività umane sia di origine naturale come nel caso delle foreste (sorgenti biogeniche di composti organici volatili) o delle eruzioni vulcaniche (sorgenti geogeniche di ossidi di zolfo). L'entità delle emissioni antropogeniche dipende dalla congiuntura economica, dalla composizione del tessuto industriale, dalla suddivisione modale dei trasporti e dallo stile di vita degli abitanti, in altre parole dai cosiddetti "fattori trainanti" che possono modificare le emissioni in valore assoluto e/o nella

loro composizione e provenienza. Nonostante, come ovvio, la qualità dell'aria non dipenda in modo esclusivo dalle emissioni ma anche dalle condizioni meteorologiche e topografiche del territorio considerato, dai processi chimico fisici che trasformano le sostanze durante il percorso dalla sorgente al luogo ove si misura la concentrazione, è interessante osservare le figure da 2 a 9 che illustrano l'andamento delle emissioni nazionali, dalle quali si deducono le criticità e le tendenze.

SO₂ (Biossido di Zolfo).
Le emissioni di SO₂ (figura 2) mostrano due tendenze in diminuzione: una drastica dal 1980 al 1985 ed una più leggera, ma costante, dal 1987 al 1997. Il macrosettore che più contribuisce è quello energetico e delle industrie di trasformazione mentre gli impianti non industriali di combustione hanno ormai una piccola parte, segno della conversione del riscaldamento domestico da olio combustibile a metano.

FIGURA 2 Emissioni di biossido di zolfo (SO₂) in Italia per macrosettore (tonnellate), 1980-1997

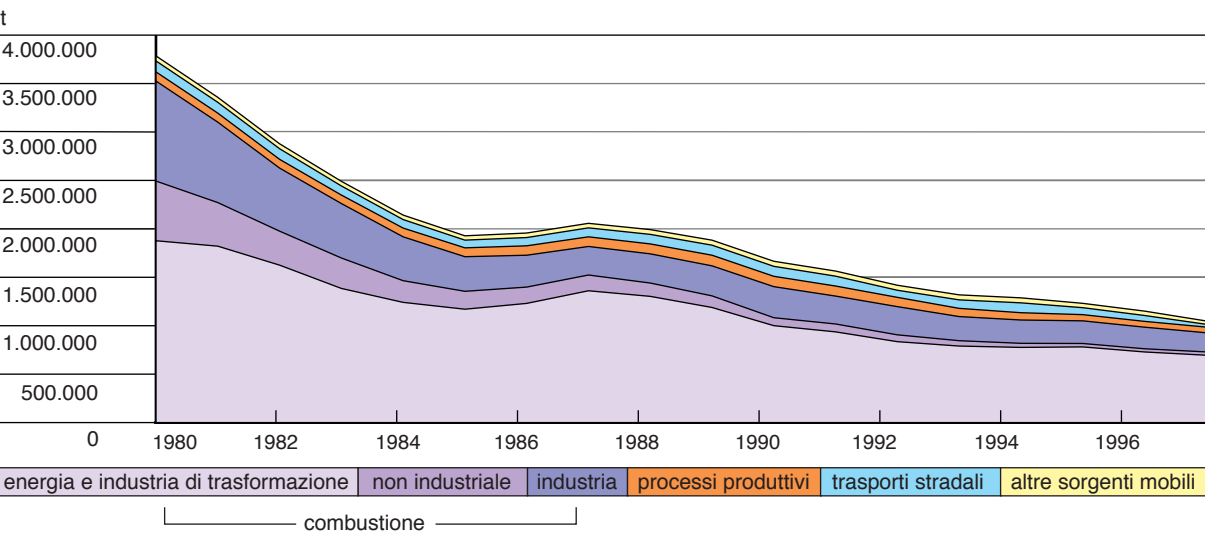
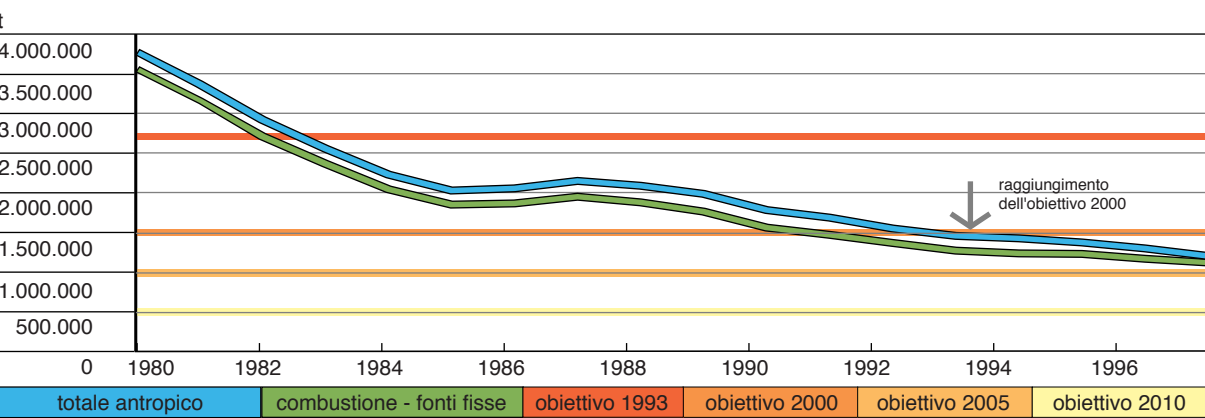


FIGURA 3 Emissioni di biossido di zolfo in Italia (tonnellate), 1980-1997





Nella figura 3 sono indicate le emissioni, la loro tendenza e la distanza dagli obiettivi di riduzione. Nel 1993 era decisamente rispettato il limite imposto dal Protocollo di Helsinki; gli obiettivi 2000 e 2005 sono previsti dal protocollo di Oslo, il primo è stato raggiunto e il secondo dovrebbe essere raggiunto senza difficoltà.

NO_x (Ossidi di Azoto)

Tendenza alla crescita per gli ossidi di azoto (figura 4) dal 1980 al 1992,

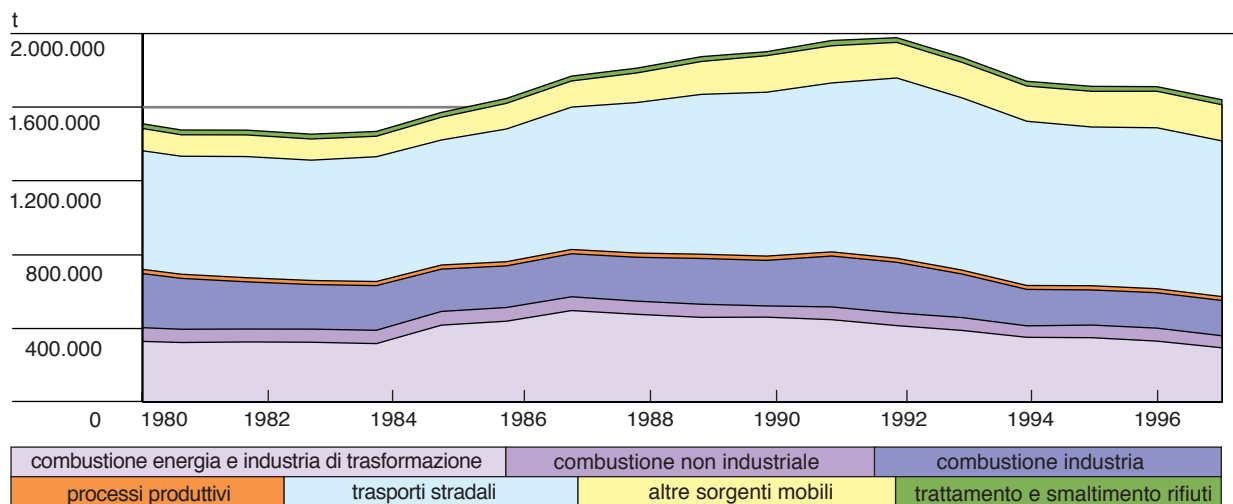
anno dal quale l'andamento s'inverte. Il contributo del settore trasporto stradale è predominante rispetto a quello da fonti fisse (rispettivamente 901 kton contro 550 kt nel 1997). L'obiettivo di 1.814 kt/anno al 1994, previsto dal protocollo di Sofia, è stato effettivamente raggiunto in quell'anno mentre si è ancora lontani dal tetto di 1.000 kt/anno che non dovrà essere superato nel 2010 (figura 5).

COVNM (Composti Organici Volatili non Metanici)

La figura 6 riporta l'andamento delle emissioni nazionali di composti organici volatili diversi dal metano (COVNM) in Italia dal 1990 al 1997. Nel grafico è anche riportato l'obiettivo di riduzione a 1.159 kt al 2010. Il grafico mostra una netta riduzione successiva al valore massimo raggiunto nel 1995.

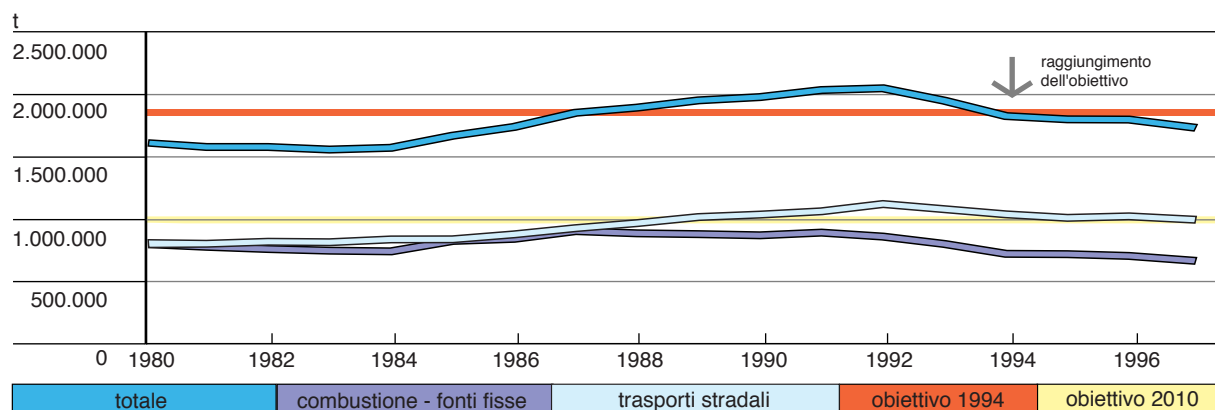
Un aspetto tutt'ora problematico riguarda il settore dei trasporti, dove alcune specificità italiane (ad esempio la mobi-

FIGURA 4 Emissioni di ossidi di azoto (NO_x) in Italia per macrosettore (tonnellate), 1980-1997



FONTE: ANPA, 1999.

FIGURA 5 Emissioni di ossidi di azoto in Italia (tonnellate), 1980-1997



FONTE: Elaborazione ANPA, 2000



lità urbana con motoveicoli) sembrano frenare il generale decremento delle emissioni. Queste specificità potrebbero offuscare i risultati conseguiti in termini di abbattimento, connessi all'ammodernamento del parco autoveicolare e al conseguente utilizzo delle marmitte catalitiche.

Inoltre deve essere osservato come i dati utilizzati per stimare le emissioni da trasporto nei vari Paesi siano disomogenei e la scelta di alcuni parametri sensibili nel modello di emissione sia

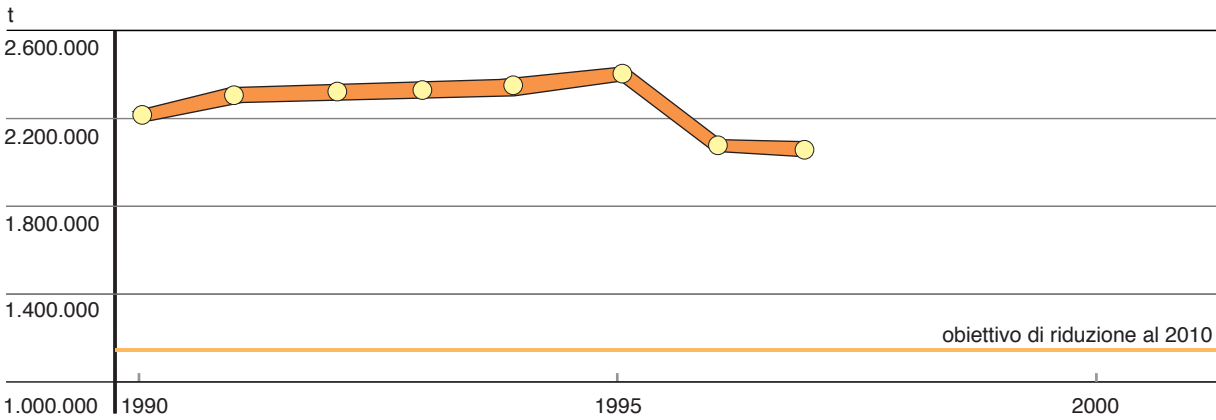
improntata a grande arbitrarietà. Emblematica, da questo punto di vista, è la scelta della velocità media in ambito urbano.

Fra i composti organici volatili non metanici vi è anche il benzene, misurato con continuità solo da pochi mesi nelle aree urbane e fonte di preoccupazione per le alte concentrazioni registrate in prossimità di arterie fortemente congestionate e di ampi parcheggi. Il benzene è un composto naturale del petrolio e dei suoi derivati

e si forma anche durante il ciclo di produzione delle benzine come sottoprodotto, ad opera di precursori a base aromatica e naftenica che sono presenti naturalmente nel greggio. Data la sua opposizione all'ossidazione, il benzene è rilasciato in seguito al processo di combustione, nonché a seguito di processi evaporativi.

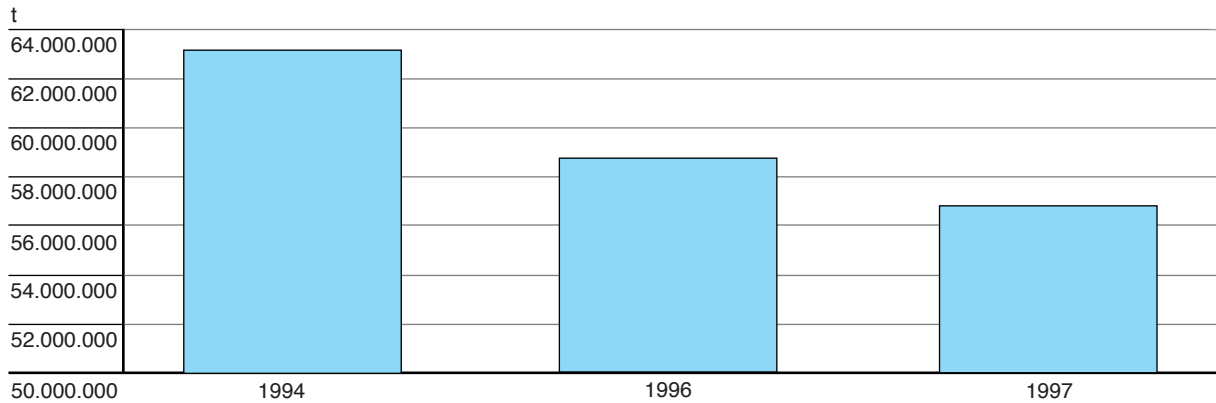
La combustione incontrollata di piante e/o residui in agricoltura costituisce invece la sorgente naturale più significativa.

FIGURA 6 Emissioni di composti organici volatili diversi dal metano (COVNM) in Italia (tonnellate), 1990-1997



FONTE: Ministero dell'ambiente, 2000.

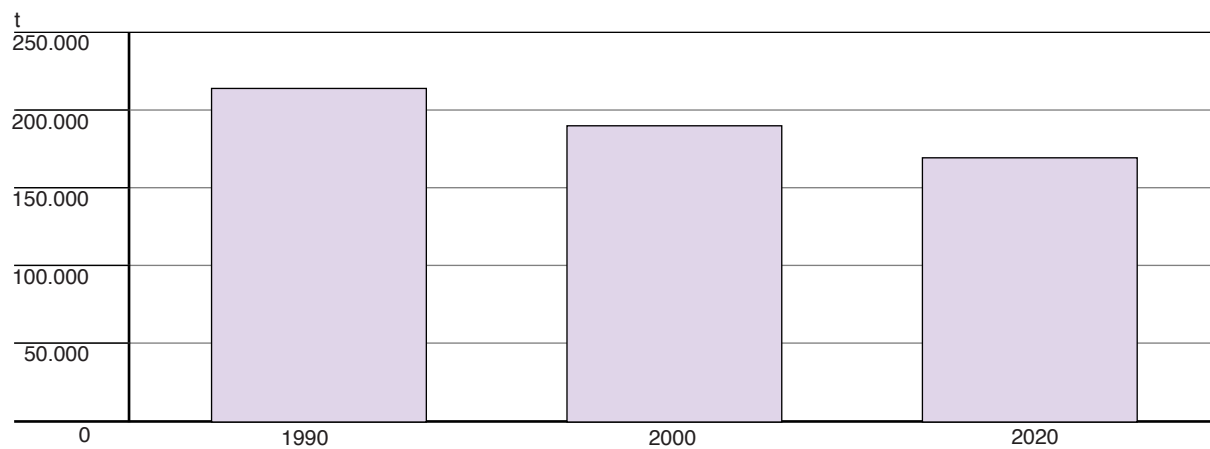
FIGURA 7 Emissioni di benzene in Italia (tonnellate), 1994-1996-1997



FONTE: ANPA, 2000.

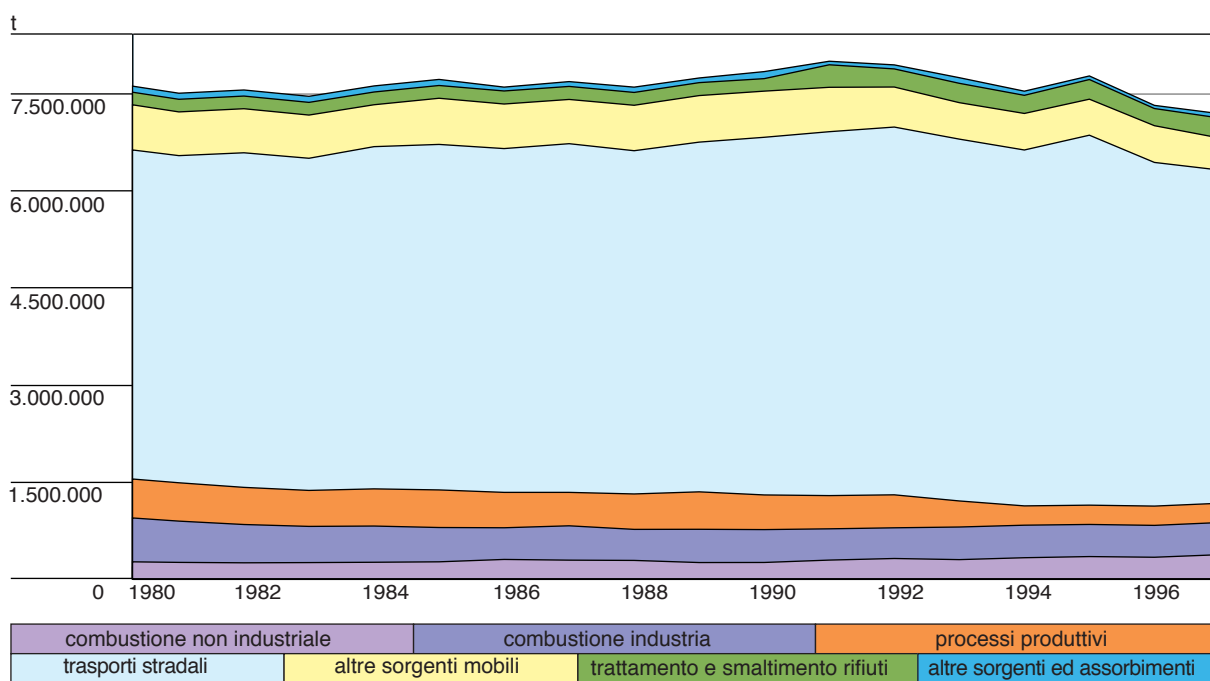


FIGURA 8 Stima e proiezione delle emissioni di polveri sospese in Italia (tonnellate), 1990 - 2020



FONTE: Commissione Europea AOP2, 1999.

FIGURA 9 Emissioni di monossido di carbonio (CO) in Italia per macrosettore (tonnellate), 1980 - 1997



FONTE: ANPA, 1999.



Il benzene è una sostanza cancerogena che può produrre, a lungo termine, una varietà di tumori che comprendono i linfomi e la leucemia.

La stima delle emissioni totali di benzeno prodotta dall'ANPA, è riportata in figura 7. Circa l'80% del contributo proviene dal traffico veicolare, il 13,4% da altre fonti mobili, il restante 6,2% da altre attività, come i processi industriali e l'uso dei solventi.

Le polveri

Polveri sospese o materia particolata (PM) sono i termini generici che si applicano ad un'ampia classe di sostanze diverse dal punto di vista chimico-fisico che esistono in forma di particelle, liquide o solide, con diverse dimensioni. A differenza delle sostanze descritte precedentemente, PM è sinonimo di eterogeneità chimica. Le emissioni di PM originano dalla natura (suolo, aerosol marino, incendi, pollini, eruzioni vulcaniche) e dalle attività dell'uomo; possono essere emesse direttamente dalla sorgente o formarsi in atmosfera per trasformazione di emissioni gassose di ossidi di zolfo (SO_x), ossidi di azoto (NO_x) e Composti Organici Volatili (COV). Le particelle aerosospese sono caratterizzate misurandone la massa, il numero o l'area superficiale; ciascun parametro è più o meno caratterizzante a seconda delle dimensioni delle particelle.

Dal punto di vista tossicologico, le particelle con diametro nell'intervallo 0,1-0,5 μm hanno maggiore probabilità di interessare le cellule dell'apparato respiratorio rispetto alle particelle con diametro nell'intervallo 1,0 – 2,5 μm . La misura effettuata dalle reti di monitoraggio nel nostro Paese ha riguardato il Particolato Totale Sospeso (PTS), vale a dire la quantità di polveri totale senza discriminare la dimensione. Recentemente sono stati introdotti strumenti di misura della frazione del particolato con diametro inferiore a 10 μm (PM10), mentre sono rare le misure di particolato con diametro inferiore a 2,5 μm (PM2,5); in entrambi i casi non si dispone di serie di dati estese. PM10 è ovviamente una frazione di PTS variabile da sito a sito in dipendenza delle condizioni locali e del tipo di emissioni predominanti.

In letteratura sono proposti diversi valori per il rapporto PM10/PTS: quello su cui converge il maggior numero di studi e che è stato verificato da alcune campagne sperimentali nel nostro Paese si attesta a 0,7 – 0,8.

In altre parole, il 70-80% del particolato totale sospeso sarebbe con diametro inferiore a 10 μm . In tal modo, pur con la dovuta cautela, è possibile ricavare l'andamento del PM10 a partire da serie di dati relative alle PTS.

Le emissioni di PM per il nostro Paese sono state stimate dalla Commissione Europea nell'ambito del Programma Auto Oil II, nel seguito AOP2, e sono riportate in figura 8.

L'ANPA ha recentemente preparato una stima delle emissioni di particolato relativo al 1994. La stima è consolidata per quanto riguarda le emissioni da trasporto stradale, mentre ha bisogno di ulteriori affinamenti negli altri settori. Le emissioni si riferiscono agli scarichi diretti dalle marmitte e non tengono conto della risospensione né dell'usura di parti mobili e dell'impianto frenante. Fatte queste precisazioni, la quantità stimata è pari a quasi 46.000 t di cui 13.000 t prodotte dalle autovetture, 8.000 t dai veicoli merci inferiori a 3,5 t e 24.500 t dagli autocarri superiori a 3,5 t e dai bus.

È ormai accertato un nesso fra mortalità giornaliera e livelli di particolato atmosferico. In particolare, eccessi di mortalità si verificano nei due giorni successivi a quello in cui si sono registrate alte concentrazioni di PM. Gli eccessi riguardano anziani, bambini, soggetti debilitati e con problemi respiratori. Recenti studi dell'ENEA effettuati per conto del Ministero dell'ambiente in area urbana, evidenziano come il particolato ultra-fine sia il veicolo di penetrazione degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) altamente cancerogeni nell'apparato respiratorio. Le particelle con diametro aerodinamico inferiore a 1 μm conducono infatti la maggior quantità di IPA verso la regione alveolare dell'apparato respiratorio.

CO (Monossido di Carbonio)

Delle 7.211 kt di CO emesse complessivamente nel 1997, il 71% proveniva dal settore del trasporto stradale (figura 9) e solo il 13% dalle fonti fisse di com-

bustione industriali e domestiche. Nel 1991 si registra il picco delle emissioni di CO con più di 8.000 kt annue. A partire dal 1994, nelle principali città italiane, si verificarono numerosi superamenti dei limiti alle concentrazioni di CO che si ridussero anno dopo anno con l'affermazione delle auto catalizzate.

Lo stato della qualità dell'aria a livello nazionale

In figura 10 viene mostrata la disposizione delle reti sul territorio nazionale e in tabella 2 il tipo di campionatori con cui sono equipaggiate. È evidente la predominanza di campionatori per inquinanti tradizionali mentre solo piccole percentuali sono riservate alla misura di PM10, idrocarburi non metanici ed IPA.

In figura 10 si fa esplicito riferimento ad una classificazione delle stazioni utilizzata nel Data Exchange Module (DEM), una applicazione sviluppata dallo European Topic Center – Air quality (ETC-AQ). Le stazioni sono suddivise secondo le seguenti tipologie:

- Traffico. Stazioni usate per monitorare l'inquinamento atmosferico indotto dal traffico;
- Industriale. Stazioni usate per monitorare l'inquinamento atmosferico di origine industriale;
- Fondo. Stazioni usate per monitorare i livelli di inquinamento atmosferico di fondo. Queste stazioni possono essere localizzate sia all'interno che fuori dalle città;
- Non classificato. Stazioni di tipo sconosciuto.

Al Ministero dell'ambiente sono giunte informazioni sullo stato della qualità dell'aria da 13 delle 23 città italiane che hanno l'obbligo del rapporto sulla valutazione preliminare della qualità dell'aria. Altre sette città, non comprese tra quelle individuate dal decreto, hanno predisposto e trasmesso la valutazione preliminare.

I rapporti trasmessi dalle città offrono informazioni aggiornate:

1) sullo stato della qualità dell'aria.

I dati raccolti mettono in evidenza un elevato numero dei superamenti del valore limite (tabelle 3 e 4):

- per l'ozono, nelle aree urbane di Piacenza, Genova, Verona, Venezia, Fi-



SCHEDA 1

Il contributo dei trasporti stradali all'emissione di inquinanti in atmosfera

I trasporti stradali contribuiscono in misura rilevante alle emissioni totali. Nel 1997 si stima che provenivano da tale macro-settore il 72% del monossido di carbonio, il 46% dei composti organici volatili, il 53% degli ossidi di azoto, il 24% dell'anidride carbonica emessi nel corso dell'anno. Nelle aree densamente abitate ove il traffico è elevato e le emissioni industriali sono ridotte, le percentuali sono in ulteriore aumento. Nel 1996, ad esempio, il 30% dei composti organici volatili non metanici (COVNM) attribuibili al settore trasporti stradali (1.051 kt), era emesso dalle auto nei percorsi urbani, il 27% era il contributo evaporativo (che è da ritenere emesso in larga misura nelle aree urbane dove i veicoli sostano), il 20% proveniva dai motoveicoli circolanti su percorsi urbani.

Nel Paese la prevalenza del trasporto stradale rispetto ad altre modalità, rimane strutturale a causa dello squilibrio: nelle infrastrutture (330.000 km di rete complessiva di cui 310.000 km di strade); nella spesa per investimenti; nei consumi delle famiglie. I veicoli circolanti sono più di 41 milioni, il ritmo di crescita nel numero di automobili è stato del 45% nell'ultimo decennio ed ha portato ad una densità pari a 1,9 abitanti per automobile contro 1,8 abitanti per automobile degli USA, a fronte di una superficie 31 volte superiore a quella dell'Italia. Lo scenario è reso più inquietante da una caduta della doman-

da del trasporto pubblico locale su gomma per il quale il numero di passeggeri è diminuito di 1 miliardo e 500 mila unità negli ultimi quindici anni (-36%) a fronte di una potenzialità di 300.000 milioni di viaggiatori-km per anno, attualmente coperti all'85% dal modo privato: auto e moto (Piano Nazionale Trasporti, Lo scenario nazionale 1998).

Nella primavera del 1997 fu lanciato il Programma Aut Oil II (AOP2), seguito ideale del primo Auto Oil, il programma voluto dalla Commissione Europea per valutare i costi e l'efficacia di misure per il contenimento delle emissioni da traffico a livelli compatibili con i nuovi standard di qualità dell'aria proposti a livello comunitario. In AOP2 sono stati utilizzati modelli per valutare la qualità dell'aria in 10 aree metropolitane europee sulla base di scenari emissivi che tengano conto dell'evoluzione normativa e tecnologica.

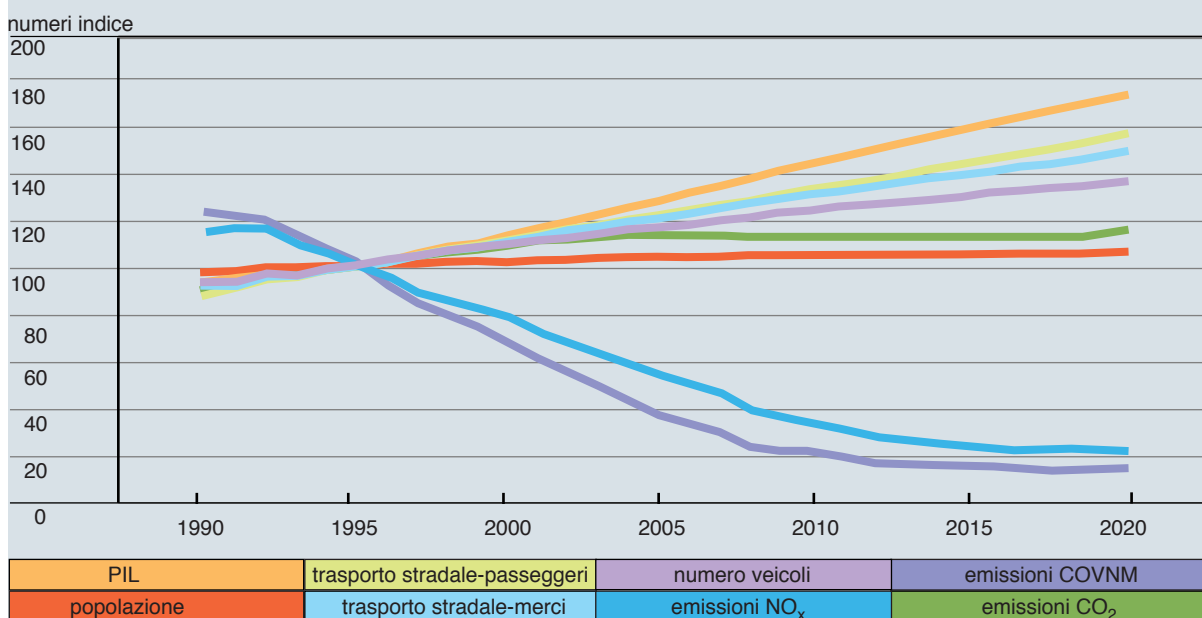
Lo scenario di riferimento prevede un incremento del traffico privato e merci da oggi al 2020 (figura 1) senza tuttavia un aumento delle emissioni complessive.

Queste, per effetto delle nuove norme su veicoli e carburanti, registrerebbero anzi una riduzione del 20% rispetto ai livelli del 1995 per tutti gli inquinanti convenzionali. Eccezione farebbe la CO₂, la cui emissione è attesa in crescita del 10-15% nel 2010 rispetto al 1995 (figura 2).

(3) Piano Nazionale Trasporti, Lo scenario nazionale (1998).

FIGURA 1

Confronto fra indicatori economici e di mobilità ed emissioni da traffico in UE (numeri indice 1995 = 100), 1990 - 2020



Fonte: Commissione Europea, AOP2, 1999.



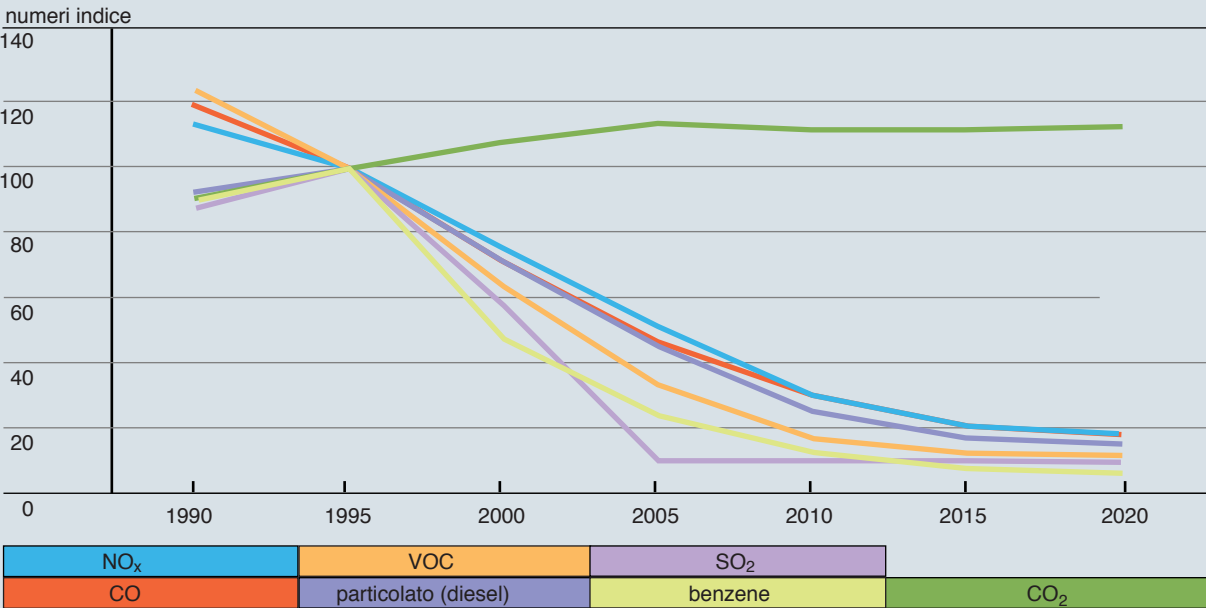
TABELLA 2 Stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria per regione, febbraio 2000

Regione	Numero stazioni (*)	Analizzatori principali (*)											Totale
		CH ₄	Benzene	CO	INM (**)	NO _x	O ₃	IPA	Pb	PM10	PTS	SO ₂	
Piemonte	41 (4)	-	6	30	1	31 (1)	18	-	-	9	18	20 (4)	133 (5)
Valle d'Aosta	11	-	2	4	-	7	7	1	1	1	2	9	34
Lombardia	151 (16)	7	4	80 (1)	7	120 (11)	51	-	1	34	54 (6)	121 (15)	479 (33)
Trentino-Alto Adige	21	3	1	19	9	21	20	-	-	-	19	21	113
Veneto	62 (8)	9	2	36	14	48 (3)	29	-	-	7	53 (2)	48 (8)	246 (13)
Friuli-Venezia Giulia	28	11	1	16	5	16	13	-	-	4	20	24	110
Liguria	38 (25)	2	5	27	12	28 (17)	21	5	4	4	19 (24)	30 (14)	157 (55)
Emilia-Romagna	94	6	6	71	8	77	30	1	5	15	55	40	314
Toscana	55 (7)	7	9	34	18	43	21	-	1	29	2 (1)	32 (7)	196 (8)
Umbria	17	1	3	6	1	15	12	3	1	3	11	9	65
Marche	22	6	1	16	-	16	14	-	-	4	6	13	76
Lazio	35 (11)	2	7	18	2	35 (2)	15	-	1	7	22 (3)	27 (11)	136 (16)
Abruzzo	9	-	3	6	3	4	5	1	-	3	1	2	28
Campania	20 (4)	-	-	9	-	- (4)	6	-	-	-	15	7 (4)	37 (8)
Puglia	- (7)	-	-	-	-	- (7)	-	-	-	-	- (7)	- (7)	- (21)
Basilicata	9	7	2	8	2	2	4	-	-	7	2	7	41
Calabria	2 (5)	-	-	2	-	2 (5)	1	-	-	-	-	- (5)	5 (10)
Sicilia	40 (16)	8 (2)	3	19	11 (2)	31 (3)	11	-	1	10	34 (2)	34 (16)	162 (25)
Sardegna	44	20	-	18	19	38	19	-	-	-	40	44	198
Italia	699 (103)	89 (2)	55	419 (1)	112 (2)	534 (53)	297	11	15	137	373 (45)	488 (91)	2.530 (194)

(*) Tra parentesi sono conteggiate, separatamente, le stazioni dell'ENEL. (**) Idrocarburi Non Metanici
FONTE: ANPA, 2000.

segue SCHEDA 1 FIGURA 2

Stime e proiezioni per le emissioni da traffico in UE (numeri indice 1995 = 100), 1990 - 2020



FONTE: Commissione Europea, AOP2, 1999.



L'INQUINAMENTO ATMOSFERICO E I CAMBIAMENTI CLIMATICI

renze, Milano, Roma;

- per il biossido di azoto, nelle aree urbane di Napoli, Roma, Palermo, Genova;

- per il monossido di carbonio, nelle aree urbane di Napoli, Roma;

- per la frazione PM10 delle polveri in tutte le aree urbane dove sono state effettuate le rilevazioni, e in corrispondenza di tutte le stazioni di monitoraggio dell'inquinamento da traffico e dell'inquinamento nelle zone residenziali;
- per il benzene, in tutte le aree urbane dove sono state effettuate le rilevazioni, in corrispondenza delle cabine di monitoraggio dell'inquinamento da traffico.

Questi dati sono in particolare significa-

tivi e preoccupanti per l'inquinamento da polveri inalabili e benzene, che costituiscono gli inquinanti più pericolosi per la salute: la presenza di questi inquinanti è riferibile soprattutto alle emissioni dagli autoveicoli immatricolati prima del 1993, ovvero privi della marmitta catalitica e dei dispositivi dei "diesel ecologici", che contribuiscono per l'85% alle emissioni totali.

Inoltre, i dati raccolti risultano critici se confrontati con gli obiettivi per la protezione della qualità dell'aria fissati dalla Direttiva europea 96/62/CE, recepita con il DLgs 351 del 4 agosto 1999: è infatti evidente la "distanza" tra i valori rilevati e i nuovi limiti previsti dalla Direttiva europea;

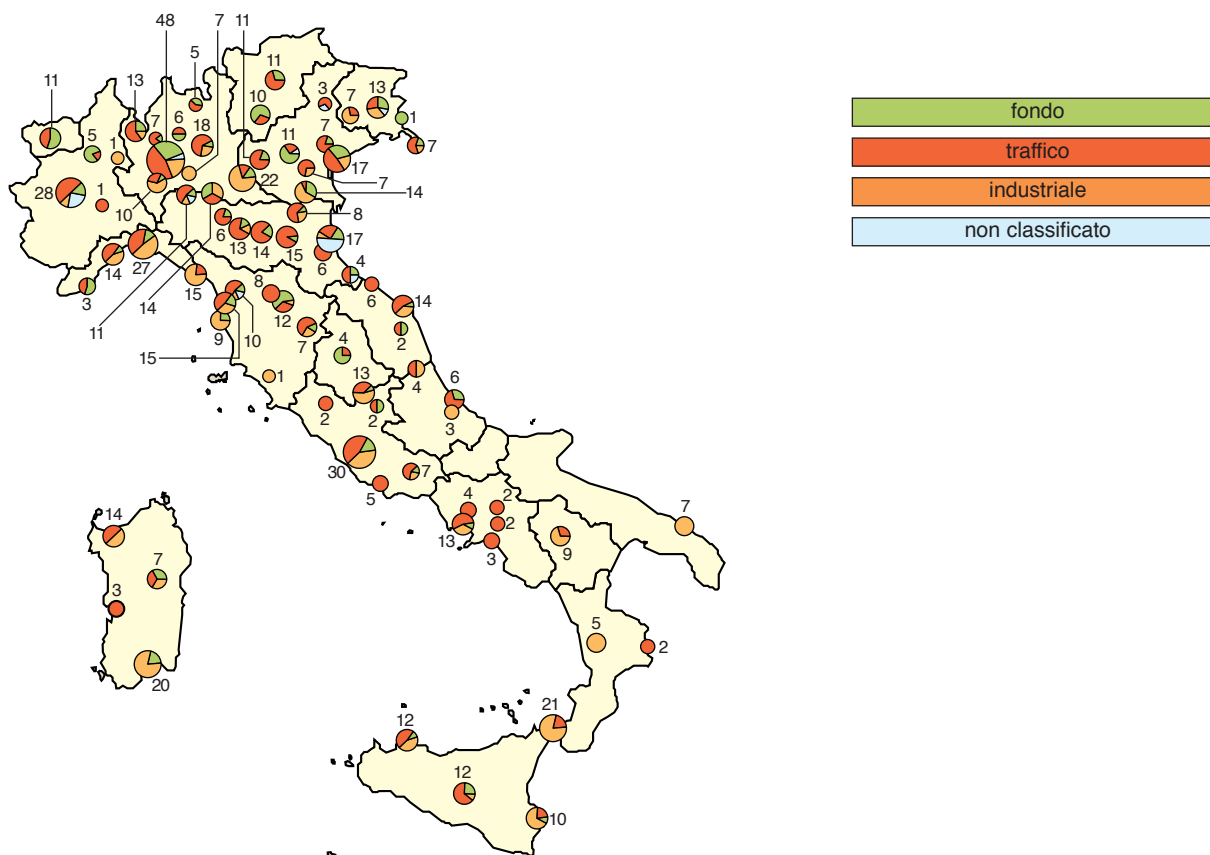
2) sulla consistenza ed affidabilità delle reti di rilevamento.

I dati raccolti mettono in evidenza una situazione ancora disomogenea, nonostante le disposizioni dei Decreti del Ministro dell'ambiente del 20 maggio 1991 e 25 novembre 1994, che stabiliscono i criteri per la raccolta dei dati sulla qualità dell'aria, e nonostante i finanziamenti del Ministero dell'ambiente per la realizzazione delle reti di rilevamento (150 miliardi tra il 1993 e il 1996). Sulla base di questi dati è stato avviato il programma nazionale per la riorganizzazione delle reti.

Altri dati relativi alle concentrazioni a livello provinciale sono raccolti dal documento ANPA (1) e si riferiscono

FIGURA 10

Distribuzione geografica delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria per provincia e tipo di stazione



FONTE: ANPA, 2000.



all'anno 1998.

Nella tabella 5, è sinteticamente e qualitativamente rappresentata la prossimità o meno delle concentrazioni dei singoli inquinanti ai limiti di legge specificati nelle note e già presentati in tabella 1. I dati si riferiscono a 103 province esaminate.

Un discorso a parte merita l'ozono troposferico. Infatti, se nella stratosfera l'ozono è prezioso per la capacità di intercettare la radiazione ultravioletta proveniente dal sole e preoccupano le diminuzioni delle concentrazioni, nella troposfera (lo strato di atmosfera esteso dal suolo a circa 10 km di altezza) si pone attenzione alle alte concentrazioni di O_3 che conducono ad una riduzione delle funzioni respiratorie ed all'irritazione delle mucose, soprattutto nei gruppi critici di bambini ed anziani. Alte concentrazioni di ozono provocano anche danni alle colture (riducendo la resa agricola), alle foreste (riducendo l'attività fotosintetica) ed ai materiali (aggregando plastiche, vernici, fibre tessili).

Questi episodi, inoltre, non insistono necessariamente solo sul luogo ove gli inquinanti (precursori) sono emessi ma, dato che le sostanze vengono trasportate dal vento (e continuano ad interagire), si possono registrare picchi di concentrazione di O_3 in zone remote sottovento alle città.

A differenza di quanto accade con gli inquinanti primari, per i quali ad una riduzione delle emissioni corrisponde una riduzione delle concentrazioni, la non linearità della relazione fra precursori e ozono aumenta la complessità e l'incertezza della risposta. In altre parole potrebbe accadere che in alcune zone, ad una riduzione di uno solo dei precursori corrisponda un aumento delle concentrazioni di ozono.

In questo caso dunque è quanto mai opportuno definire le politiche di riduzione dell'ozono e verificarne l'efficacia utilizzando modelli di simulazione che, attraverso la soluzione di schemi chimici che coinvolgono centinaia di

reazioni e la riproduzione dei processi dinamici dell'atmosfera, accoppiano diversi scenari emissivi a corrispondenti distribuzioni delle concentrazioni di ozono troposferico, fornendo anche un'analisi comparativa dei costi legati ai vari scenari.

Solo per 39 province sono disponibili dati per l'ozono: 5 di esse hanno superato almeno una volta il livello di allarme ($360 \mu g/m^3$), 32 superano il livello di attenzione di $180 \mu g/m^3$ (in particolare in 29 è superato anche lo standard orario di $200 \mu g/m^3$), mentre 2 sono prossime al livello di attenzione.

Consideriamo ora le città con un numero di abitanti superiore a 400.000: Torino, Genova, Milano, Bologna, Firenze, Roma, Napoli e Palermo.

Ogni città ha una rete di monitoraggio in funzione regolarmente almeno dal 1994, e dall'esame delle serie di dati relative alle concentrazioni dei principali inquinanti nel periodo 1994-1998, si evince quanto segue (2):

- SO_2 : il biossido di zolfo non costituisce più un problema in quanto le concentrazioni rimangono inferiori sia alla mediana delle medie giornaliere, sia al 98° percentile delle medie giornaliere rilevate nell'anno. Solo a Genova il primo limite è lambito nel 1998.

- CO: le concentrazioni di monossido di carbonio si mantengono al di sotto del limite orario nell'arco dell'anno, mentre i superamenti del valore limite su 8 ore, seppure in diminuzione nel periodo considerato, sono ancora, nel corso del 1998, dell'ordine delle decine a Genova, Milano, Napoli, Roma e Torino; in nessuna città il numero dei superamenti è però maggiore di 50 come accadeva nel 1994.

- PTS: le concentrazioni di particolato, pur rimanendo al di sotto dei valori limite per le medie giornaliere e per il 95° percentile delle medie giornaliere rilevate nel corso dell'anno, non dimostrano una decisa e costante tendenza alla diminuzione ed anzi per Milano, Genova e Torino si registra una crescita.

- NO_2 : le concentrazioni di biossido di azoto si mantengono pericolosamente vicine al 98° percentile delle concentrazioni medie orarie rilevate nel corso dell'anno in tutte le città, mentre a Napoli il limite è abbondantemente superato durante tutto il periodo con una preoccupante crescita dal 1996 al 1998, quando sono raggiunti valori doppi rispetto al limite di legge.

- Benzene: le misure in continuo di benzene sono piuttosto recenti nelle aree urbane. Tuttavia fra il 1998 e il 1999, in diverse città, sono state effettuate estese campagne per descrivere la distribuzione spaziale dell'inquinante. A Padova, Bologna, Firenze, Bari, Napoli, Trieste, per citarne alcune, sono state riscontrate concentrazioni superiori a $10 \mu g/m^3$ durante periodi di riferimento di una o più settimane; tale valore, a partire dal 1 gennaio 1999, rappresenta l'obiettivo di qualità con periodo di riferimento di un anno.

È presumibile quindi, che in alcune zone delle città, i cittadini siano esposti a concentrazioni più elevate dell'obiettivo di qualità.

Ulteriori approfondimenti sulla qualità dell'aria in Italia per i Comuni capoluoghi di regione (inclusi i Comuni di Trento e Bolzano) e il Comune di Catania sono presenti in questa Relazione nel capitolo "L'ambiente urbano".

(1) ANPA, Emissioni in Atmosfera e qualità dell'aria in Italia, Serie Stato dell'Ambiente 6/1999.

(2) In ANPA, Emissioni in Atmosfera e qualità dell'aria in Italia, Serie Stato dell'Ambiente 6/1999 sono riportati grafici sintetici.



L'INQUINAMENTO ATMOSFERICO E I CAMBIAMENTI CLIMATICI

TABELLA 3

Comune	Ozono superamenti		Biossido di azoto	
	media oraria	livello di attenzione	98° percentile	livello di attenzione
Bologna	11 superamenti per stazione (2 stazioni)	dati non comunicati	131 µg/m ³ (6 stazioni)	dati non comunicati
Firenze	36 superamenti per stazione (3 stazioni)	9 giorni di superamento per stazione	140 µg/m ³ (7 stazioni)	<1 superamento per stazione
Genova	43 superamenti per stazione (3 stazioni)	9 giorni di superamento per stazione	139 µg/m ³ (13 stazioni)	14 superamenti per stazione
Milano	30 superamenti per stazione (3 stazioni)	21 giorni di superamento per stazione	193 µg/m ³ valore massimo su 10 stazioni	dati non comunicati
Napoli	dati non comunicati	dati non comunicati	dati non comunicati	542 superamenti per stazione (3 stazioni)
Padova	dati non comunicati	7 giorni di superamento per stazione (6 stazioni)	dati non comunicati	3 superamenti per stazione (8 stazioni)
Palermo	dati non comunicati	7 giorni di superamento per stazione (2 stazioni)	dati non comunicati	16 superamenti per stazione (7 stazioni)
Roma	28 superamenti per stazione (7 stazioni)	20 giorni di superamento per stazione	151 µg/m ³ (9 stazioni)	31 superamenti per stazione
Taranto	dati non comunicati	nessun superamento (2 stazioni)	dati non comunicati	nessun superamento (2 stazioni)
Torino	1 superamento	31 superamenti	159 µg/m ³	dati non comunicati
Trieste	dati non comunicati	nessun superamento	145 µg/m ³ (5 stazioni)	dati non comunicati
Venezia	36 superamenti per stazione (3 stazioni)		135 µg/m ³ (6 stazioni)	<1 superamento per stazione
Verona	41 superamenti per stazione (3 stazioni)	dati non comunicati	110 µg/m ³ media su 6 stazioni	2 superamenti per stazione (4 stazioni)

(1) Le città di: Bari, Brescia, Cagliari, Catania, Foggia, Livorno, Messina, Parma, Reggio Calabria, Siracusa non hanno fornito informazioni.

FONTE: Ministero dell'ambiente, 2000.



**Informazioni sulla qualità dell'aria trasmesse dai Comuni
con numero di abitanti superiore a 150.000 abitanti ai sensi del DM 21.4.99 (1)**

Monossido di carbonio media di 8 ore	livello di attenzione	PM10	Benzene
<1 superamento per stazione (6 stazioni)	dati non comunicati	56 µg/m ³ su media max annua (1 stazione)	superamento dei 10 µg/m ³ nel 90% dei siti media di 15 gg
<1 superamento per stazione (7 stazioni)	<1 superamento per stazione	26-51 µg/m ³ media annua (dati di 5 stazioni)	4-15 µg/m ³ media annua (3 stazioni)
3 superamenti per stazione (17 stazioni)	9 superamenti per stazione	dati non comunicati	2,2-17 µg/m ³ media annua (2 stazioni)
2 superamenti per stazione (6 stazioni)	dati non comunicati	48 µg/m ³ media annua (media di 4 stazioni)	4,4-14,4 µg/m ³ media 4 mesi (1 stazione)
dati non comunicati	42 superamenti per stazione (3 stazioni)	dati non comunicati	10,6-16,6 µg/m ³ media mensile (3 zone)
2 superamenti per stazione (8 stazioni)	2 superamenti per stazione	8-51 µg/m ³ media giornaliera (dati di 1 stazione)	8,5-10 µg/m ³ media annua (3 stazioni)
<1 superamento per stazione (7 stazioni)	5 superamenti per stazione	25-47 µg/m ³ media annua (dati di 7 stazioni)	superamento dei 10 µg/m ³ nel 73% dei siti media mensile
7 superamenti per stazione (10 stazioni)	23 superamenti per stazione	27-55 µg/m ³ media annua (dati di 4 stazioni)	4-16 µg/m ³ media annua (4 stazioni)
dati non comunicati	nessun superamento (2 stazioni)	dati non comunicati	2-7,8 µg/m ³ media mensile (2 stazioni)
1 superamento per stazione	dati non comunicati	63 µg/m ³ media annua	9,7 µg/m ³ media annua (1 stazione)
dati non comunicati	dati non comunicati	dati non comunicati	19-36,6 µg/m ³ media annua (4 stazioni)
2 superamenti per stazione (6 stazioni)	2 superamenti per stazione	30-85 µg/m ³ medie mensili (dati di 3 stazioni)	6,3-15,1 µg/m ³ media mensile (3 stazioni)
10 superamenti (4 stazioni)	nessun superamento	dati non comunicati	7-14 µg/m ³ media annua (2 stazioni)



L'INQUINAMENTO ATMOSFERICO E I CAMBIAMENTI CLIMATICI

TABELLA 4

Comune	Ozono superamenti		Biossido di azoto	
	media oraria	livello di attenzione	98° percentile	livello di attenzione
Prato	nessun superamento (1 stazione)	dati non comunicati	110 µg/m³ (5 stazioni)	dati non comunicati
Piacenza	62 superamenti (1 stazione)	131 superamenti (1 stazione)	106 µg/m³ (5 stazioni)	<1 superamento per stazione
Terni	2 superamenti per stazione (4 stazioni)	16 superamenti per stazione (4 stazioni)	93 µg/m³ (3 stazioni)	nessun superamento
Arezzo	nessun superamento (1 stazione)	nessun superamento (1 stazione)	106 µg/m³ (4 stazioni)	dati non comunicati

FONTE: Ministero dell'ambiente, 2000.

TABELLA 5

Prossimità delle concentrazioni dei singoli inquinanti ai limiti di legge

	SO ₂ (a)	NO ₂ (b)	PTS (c)	CO (d)
Assenza dati	61	70	73	67
Lontano limiti legge	34	54	1	9
Prossimo limiti legge	8	14	31	23 (e)
Superiore limiti legge		2		4 (f)

(a) Limite di legge DPR203/88 in µg/m³ : 80 per la mediana, 250 per il 98° percentile delle concentrazioni medie giornaliere rilevate nell'anno.

(b) Limite di legge DPR203/88 in µg/m³ : 200 per il 98° percentile delle medie orarie rilevate nell'anno.

(c) Limite di legge DPR203/88 in µg/m³ : 150 per la media, 300 per il 95° percentile delle concentrazioni medie giornaliere rilevate nell'anno.

(d) Limite di legge DPR203/88 in µg/m³ : 40 000 valore limite orario nell'arco dell'anno.

(e) Numero di province in cui si rischia il superamento del limite su 8 ore.

(f) Numero di province che superano il limite su 1 ora.

FONTE: ANPA, 1999.



**Informazioni sulla qualità dell'aria trasmesse dai Comuni
con numero di abitanti inferiore a 150.000 abitanti (non previste dal DM 21.4.99)**

Monossido di carbonio		PM10	Benzene
media di 8 ore	livello di attenzione		
nessun superamento (3 stazioni)	dati non comunicati	37,6 µg/m ³ media annua (1 stazione)	7 µg/m ³ media annua (media stimata da 3 stazioni)
1 superamento per stazione (5 stazioni)	7 superamenti per stazione (5 stazioni)	dati non comunicati	4,6 µg/m ³ media annua (1 stazione)
1 superamento per stazione (2 stazioni)	1 superamento su 1 stazione	dati non comunicati	4,9 µg/m ³ media delle medie di 5 mesi (1 stazione)
nessun superamento (2 stazioni)	dati non comunicati	20 µg/m ³ media annua (1 stazione)	11 µg/m ³ valore medio di una campagna e 7 µg/m ³ valore medio stimato (2 stazioni)



Il panorama legislativo

Il progredire delle conoscenze scientifiche sull'inquinamento atmosferico e sui suoi effetti, ha avuto riflessi innegabili sulla legislazione comunitaria e sull'impostazione dei Protocolli collegati alla Convenzione sull'Inquinamento Transfrontaliero.

Sono infatti aumentati gli inquinanti normati, è stata riconosciuta l'utilità dei modelli di simulazione della dispersione come strumenti di analisi tanto che, in alcuni casi, possono sostituire i tradizionali strumenti di misura. E' stata anche assunta l'interdipendenza di fenomeni prima trattati separatamente: acidificazione, eutrofizzazione, ozono troposferico, effetti clima alteranti.

La riduzione delle emissioni, prima perseguita mediante un approccio puramente quantitativo basato su riduzioni indifferenziate, ora viene guidata da considerazioni che riguardano gli effetti. In altre parole le riduzioni vengono fissate concordemente alla capacità di tollerare certe deposizioni di inquinante da parte dei sistemi ricettori.

Alla base dei Protocolli internazionali e delle Direttive Comunitarie vi è un'analisi modellistica imperniata su quattro moduli integrati tra loro: emissioni, soglie critiche o obiettivi di qualità dell'aria, trasporto-dispersione-modificazione chimica in atmosfera e costi di abbattimento delle emissioni o più in generale, valutazione dell'efficacia delle misure tecniche e non tecniche di riduzione delle emissioni, in considerazione dei costi da sopportare per attuarle. Nel caso dei Protocolli, la conseguenza di tale impostazione è l'individuazione per ciascun Paese di obiettivi di riduzione delle emissioni, differenziati in funzione dell'analisi costi-efficacia e della sensibilità degli ecosistemi.

La focalizzazione sugli effetti dell'inquinamento ha poi condotto a trattare in modo integrato l'acidificazione, l'eutrofizzazione e la formazione di ozono troposferico giungendo così al cosiddetto Protocollo "multi inquinanti - multi effetti", firmato nel dicembre 1999 a Göteborg (Svezia).

La sua applicazione comporterà ulteriori riduzioni degli ossidi di azoto,

dello zolfo, dell'ammoniaca e dei composti organici volatili. In particolare, il controllo dell'acidificazione richiederà la riduzione delle emissioni di NO_x , SO_2 ed NH_3 , il controllo dell'eutrofizzazione richiederà di intervenire sulle emissioni di NO_x ed NH_3 , il controllo dell'ozono troposferico richiederà di ridurre NO_x e COV.

In altre parole saranno l'intero ciclo produttivo, distributivo e la stessa organizzazione della mobilità a dover essere controllati e programmati a livello nazionale.

Rispetto allo scorso decennio, il tema della qualità dell'aria non potrà più essere considerato come una sorta di esercizio di "raccolta di concentrazioni orarie" o come opportunità per dispiegare un numero grande a piacere di strumenti di misura, senza poi estendere la conoscenza puntuale del fenomeno ad un ambito territoriale più vasto, correlarlo alle sue cause e quindi intervenire con politiche adeguate.

Infatti, la Direttiva Quadro sulla Qualità dell'Aria della UE (Direttiva 96/62/CE recepita con DLgs n. 351 del 4 agosto 1999, che individua attraverso una serie di Direttive Figlie (già approvate o in corso di approvazione) i livelli di riferimento per le concentrazioni di SO_2 , PM, Piombo, CO, Benzene, NO_2 , Ozono, IPA, Cadmio, Arsenico, Nickel e Mercurio, impone la caratterizzazione preliminare della qualità dell'aria negli agglomerati urbani o in altre zone particolari del territorio nazionale e tempi certi per riportare a valori accettabili eventuali eccedenze.

In un futuro prossimo, una serie di sanzioni economiche si abatteranno su quei Paesi che non saranno stati in grado di garantire il rispetto delle norme mentre eventuali deroghe saranno previste, a patto di dimostrare l'esistenza di cause "naturali" (eruzioni vulcaniche, processi di desertificazione, particolarità mediterranea dei processi fotochimici) che hanno portato al superamento dei livelli di riferimento. La consapevolezza di una mutata prospettiva sta emergendo anche nella normativa nazionale ove, soprattutto in ambito urbano, si produrranno una serie di provvedimenti volti a superare la logica emergenziale dei precedenti decreti per puntare ad

un sistema di "conoscenze - azioni conseguenti" più dinamico, basato su monitoraggio efficiente e strumenti di comprensione del dato, modelli interpretativi dei fenomeni, analisi di scenario e analisi costi-benefici, provvedimenti di riduzione delle emissioni.

Il Decreto del 21 aprile 1999 ha introdotto l'obbligo per alcune fra le principali realtà urbane nazionali di effettuare la valutazione preliminare della qualità dell'aria, anticipando così l'impianto della Direttiva Quadro, e di individuare misure concrete per la riduzione delle emissioni, qualora gli obiettivi di qualità non fossero raggiunti.

Nelle tabelle 6 e 7 sono riassunti rispettivamente i nuovi limiti previsti dalla Direttiva Figlia 1999/30/CE e quelli tuttora in discussione in sede comunitaria.

L'inquinamento atmosferico transfrontaliero a lunga distanza

Il 75% dello zolfo, il 70% degli ossidi di azoto ed il 47% dell'ammoniaca emessi in Italia viaggiano oltre le frontiere nazionali, andando a deporsi oltre i nostri confini (per le stime quantitative delle emissioni delle sostanze sopra considerate, si veda la parte della Relazione relativa alla qualità dell'aria). Per contro, il 58% dello zolfo, il 30% degli ossidi di azoto ed il 12% dell'ammoniaca che interagisce sul nostro territorio proviene da altri Paesi (stime EMEP, programma di cooperazione per il monitoraggio e per la valutazione della trasmissione a lunga distanza di inquinanti atmosferici in Europa, 1997).

Come si vede, l'inquinamento atmosferico rappresenta un problema che spesso non è risolvibile sulla sola scala nazionale. Questo fatto era evidente fin dagli anni '60, quando gli scienziati dimostrarono che esistevano delle relazioni tra le emissioni di zolfo che avvenivano nel continente europeo e l'acidificazione dei laghi scandinavi. Deponendosi, gli inquinanti atmosferici sono responsabili di diversi effetti dannosi, sia sull'ambiente che sulla salute. Le deposizioni di zolfo ed azoto sono la causa dei



TABELLA 6 Limiti alle concentrazioni di inquinanti dell'aria indicati dalla Direttiva 1999/30/CE

Inquinante	Tipo di limite	Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tempo di mediazione dei dati	Margine di tolleranza	Entrata in vigore
Biossido di zolfo	valore limite per la protezione della salute umana	350 (da non superare più di 24 volte l'anno)	media oraria	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (43%) (*)	1 gennaio 2005
	valore limite per la protezione della salute umana	125 (da non superare più di 3 volte l'anno)	media nelle 24 ore	nessuno	1 gennaio 2005
	valore limite per la protezione degli ecosistemi	20	media anno e inverno	nessuno	19 luglio 2001
Biossido di azoto	valore limite per la protezione della salute umana	200 (da non superare più di 18 volte l'anno)	media oraria	50% (**)	1 gennaio 2010
	valore limite per la protezione della salute umana	40	media anno	50% (**)	1 gennaio 2010
Ossidi di azoto	valore limite per la protezione degli ecosistemi	30	media anno	nessuno	19 luglio 2001
PM10 (fase 1)	valore limite per la protezione della salute umana	50 (da non superare più di 35 volte l'anno)	media nelle 24 ore	50% (*)	1 gennaio 2005
	valore limite per la protezione della salute umana	40	media anno	20% (*)	1 gennaio 2005
PM10 (fase 2)	valore limite per la protezione della salute umana	50 (da non superare più di 7 volte l'anno)	media nelle 24 ore	(in base ai dati; deve essere equivalente al valore limite della fase 1)	1 gennaio 2010
	valore limite per la protezione della salute umana	20	media anno	50% (***)	1 gennaio 2010
Piombo	valore limite per la protezione della salute umana	0,5	media anno	100% (*)	1 gennaio 2005

(*) All'entrata in vigore della presente normativa, con una riduzione lineare il 1 gennaio 2001 ed ogni dodici mesi successivi, per raggiungere lo 0% il 1 gennaio 2005.

(**) All'entrata in vigore della presente normativa, con una riduzione lineare il 1 gennaio 2001 ed ogni dodici mesi successivi, per raggiungere lo 0% il 1 gennaio 2010.

(***) Al 1 gennaio 2005 con riduzione ogni dodici mesi successivi, per raggiungere lo 0% entro il 1 gennaio 2010.



L'INQUINAMENTO ATMOSFERICO E I CAMBIAMENTI CLIMATICI

TABELLA 7 Limiti alle concentrazioni degli inquinanti dell'aria in discussione presso l'Unione Europea

Inquinante	Tipo di limite	Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Indice	Margine di tolleranza	Entrata in vigore
Ozono	valore obiettivo per la protezione della salute umana	120 (da non superare in più di 20 giorni in un anno di calendario mediato su tre anni)	massimo valore ottenuto calcolando la media mobile su otto ore		da raggiungere entro il 2010
	valore obiettivo per la protezione della vegetazione	17.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ h (mediato su cinque anni)	AOT40 (*) calcolato sul valore orario da maggio a luglio		da raggiungere entro il 2010
	soglia di informazione	180	media oraria		
	soglia di allarme	240	media oraria		
	obiettivo a lungo termine per la salvaguardia della salute umana	120	massimo valore ottenuto calcolando la media mobile su otto ore		
	obiettivo a lungo termine per la salvaguardia della vegetazione	6.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ h	AOT40 (*) calcolato sul valore orario da maggio a luglio		
Monossido di carbonio	valore limite per la protezione della salute umana	10.000	massimo valore della concentrazione media su otto ore	6.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (100%) all'entrata in vigore della presente normativa, riducendo dal 1° gennaio 2003 e ogni 12 mesi successivi di 2000. $\mu\text{g}/\text{m}^3$ fino a raggiungere lo 0%	1 gennaio 2005
Benzene	valore limite per la protezione della salute umana	5	media anno	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (100%) all'entrata in vigore della presente normativa, riducendo dal 1 gennaio 2006 e ogni 12 mesi successivi di 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ fino a raggiungere lo 0% nel gennaio del 2010	1 gennaio 2010

(*) AOT40 (Accumulated exposure Over a Threshold) rappresenta la somma della differenza tra le concentrazioni orarie maggiori di 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (=40 parti per bilione) e 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in un dato periodo usando solo i valori orari misurati tra le ore 8:00 e le 20:00 di ogni giorno.

FONTE: ENEA, 2000.



fenomeni di acidificazione ed eutrofizzazione; l'ozono, che si forma a partire da ossidi di azoto e composti organici volatili in presenza di radiazione solare, è causa di danni acuti e cronici alla salute, di danni alla vegetazione, di cali di resa nei raccolti; gli inquinanti atmosferici sono responsabili dei fenomeni di corrosione dei materiali, ed in grado quindi di arrecare un danno irreparabile all'ingente patrimonio artistico, storico e culturale italiano; gli inquinanti presenti in

traccia (metalli pesanti, composti organici persistenti come ad esempio le diossine o il ddt) sono tossici per l'uomo e per l'ambiente.

La situazione ambientale in Italia con riferimento all'inquinamento atmosferico transfrontaliero

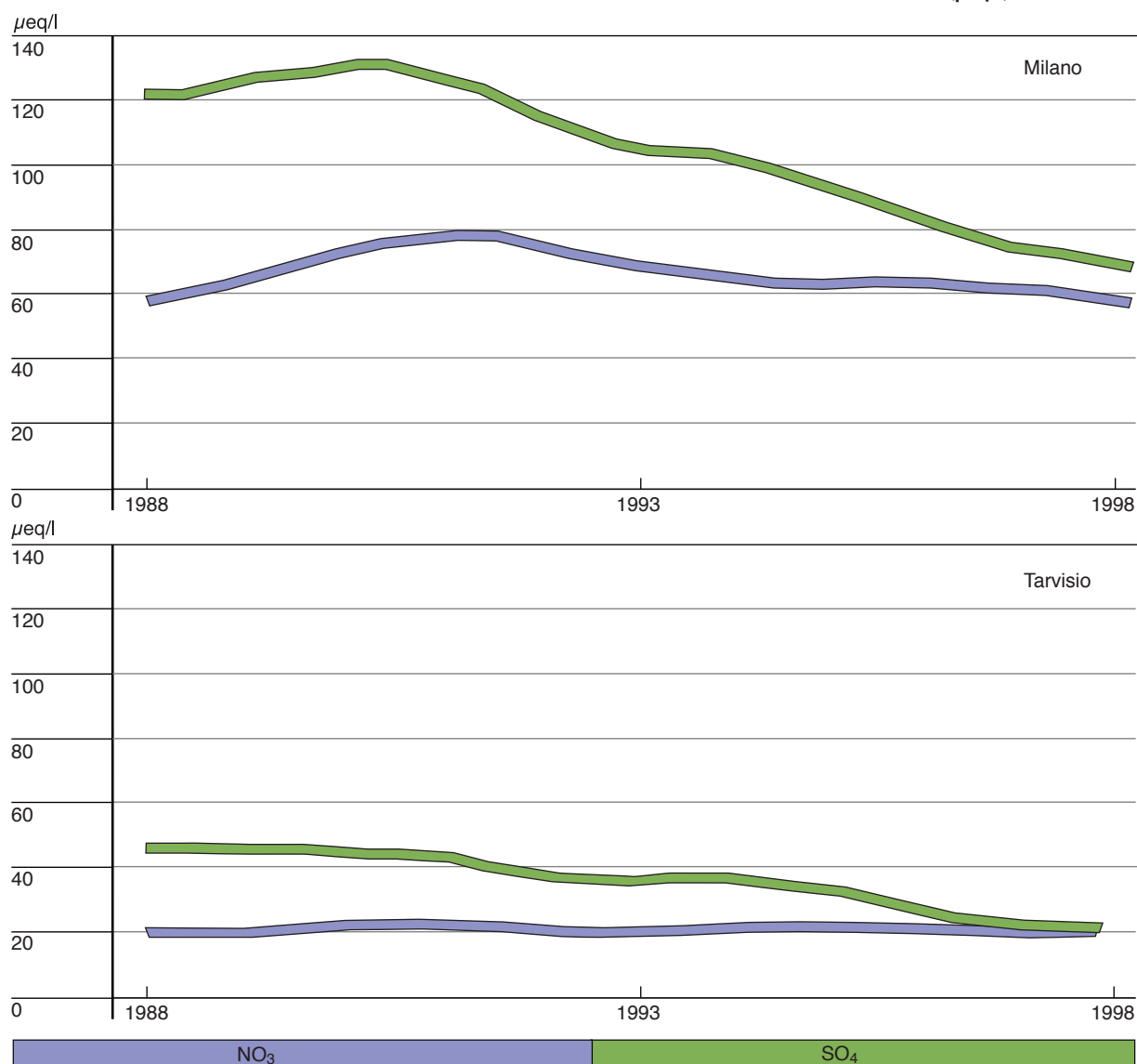
Deposizioni acide e concentrazioni di ozono troposferico

L'analisi condotta sui dati del periodo 1987-98 delle stazioni della rete

ENEL di campionamento delle deposizioni umide (attualmente gestite da CESI) consente di affermare che l'acidificazione è diminuita, e questo rappresenta un risultato positivo delle azioni di politica ambientale negli ultimi quindici anni. All'interno della riduzione dell'acidificazione si può osservare che la concentrazione di ione solfato di origine non marina è ovunque in diminuzione, mentre la concentrazione attuale di ione nitrato è molto simile a quella di 10 anni

FIGURA 11

Andamento delle deposizioni di solfato e nitrato in due stazioni campione della rete ENEL ($\mu\text{eq/l}$), 1988 - 1998



FONTE: Elaborazione a cura di CESI - BU Ambiente, 2000.



prima, Infine il rapporto solfato/nitrato ormai tende ad 1 (figura 11).

Due parametri cruciali nella valutazione dei possibili danni provocati da queste sostanze sono quelli di carico critico e di livello critico.

Il carico critico è definito come "una stima quantitativa dell'esposizione alla deposizione o alla concentrazione ad uno o più inquinanti, al di sotto della quale non avvengono significativi effetti dannosi su specifici elementi sensibili dell'ambiente sulla base delle attuali conoscenze". Esso costituisce quindi un valore di riferimento per la protezione degli ecosistemi forestali, dei laghi, dei materiali rispetto alla

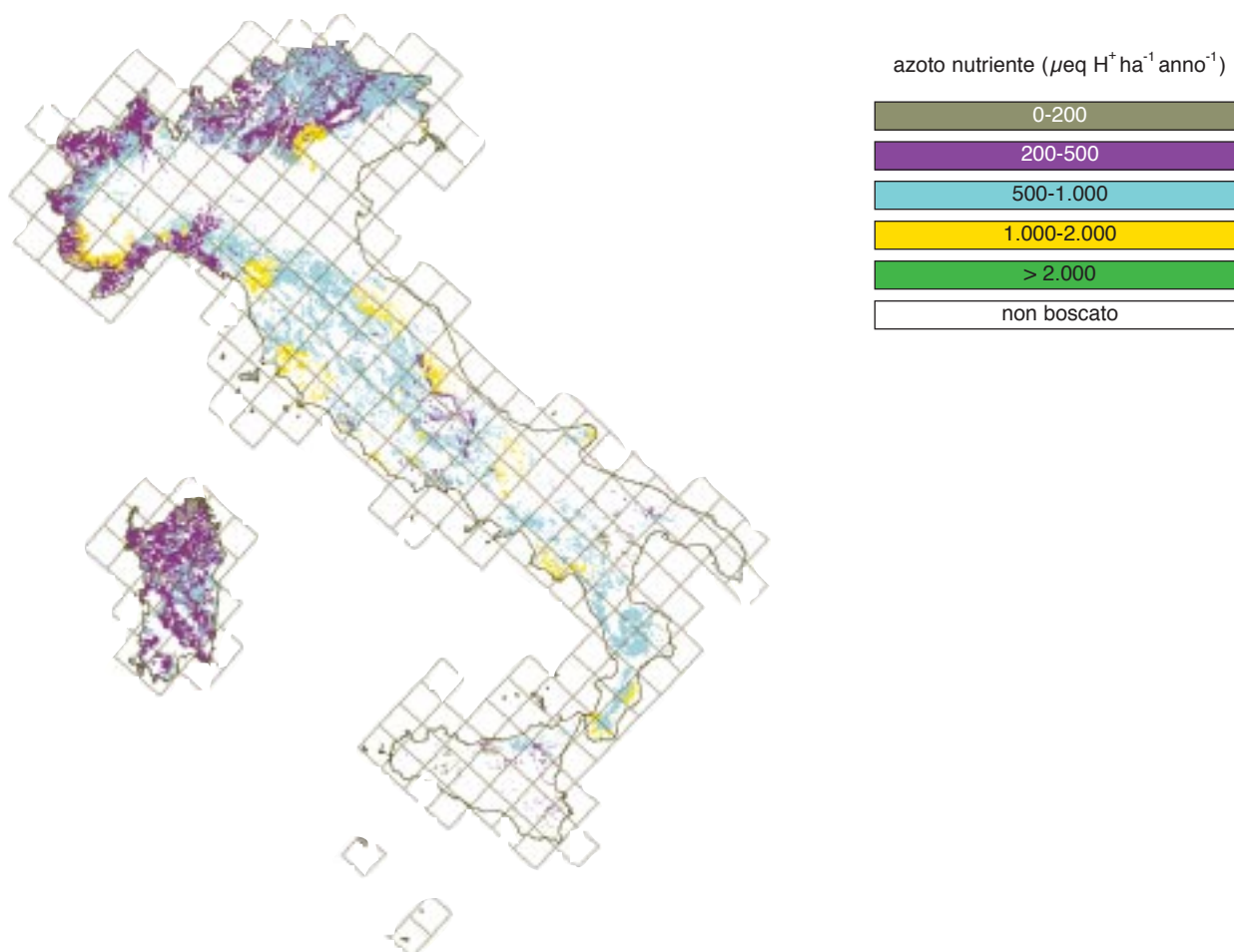
deposizione di composti ad azione acida. Per quanto riguarda gli ecosistemi naturali terrestri ed acquatici sono stati ad oggi definiti i carichi critici per lo zolfo e per l'azoto acidificante (responsabili quindi dell'acidificazione) ed i carichi critici per l'azoto nutriente (responsabile dell'eutrofizzazione).

In figura 12 è riportata la mappa dei carichi critici di azoto nutriente per il territorio italiano. La mappa mostra la sensibilità del suolo italiano all'azoto contenuto nelle deposizioni con riferimento all'eutrofizzazione. Come si vede, i suoli alpini, dell'appennino ligure, ma anche della Sardegna e di alcune zone dell'Italia centrale sono i più

sensibili al fenomeno dell'eutrofizzazione. Il livello critico è definito come "la concentrazione in atmosfera di un dato inquinante al di sopra della quale possono avvenire effetti dannosi ai recettori, quali esseri umani, piante, ecosistemi o materiali sulla base delle attuali conoscenze". Sono stati definiti ad oggi i livelli critici per diversi inquinanti; per quanto riguarda l'ozono, uno degli inquinanti di maggiore interesse per l'area mediterranea in relazione ai dimostrati effetti sulla vegetazione e la salute umana, il livello critico è stato scelto ricorrendo ad un indice denominato AOT (Accumulated exposure Over a Threshold), che calcola l'esposizione

FIGURA 12

Mappa dei carichi critici di azoto nutriente per il territorio italiano



FONTE: Elaborazione a cura di CESI - BU Ambiente, 2000.

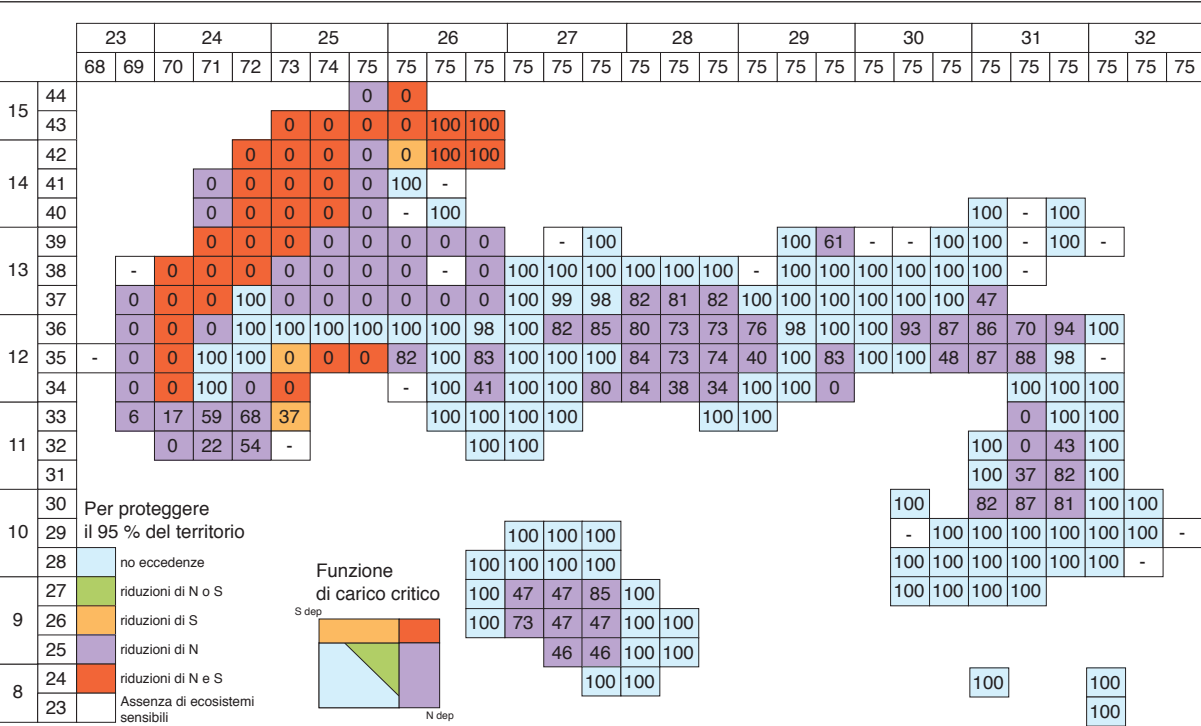


all'ozono accumulata oltre una soglia. La soglia è stata scelta a 40 ppb per le colture agrarie e le foreste, con valori di livello critico rispettivamente di 3 e 10 ppm x h, mentre per la salute si è scelto, come concentrazione di soglia, il valore raccomandato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità come linea guida per la qualità dell'aria (60 ppb). In figura 13 è riportata la percentuale di superficie di ecosistemi sensibili protetti dall'acidificazione e dall'eutrofizzazione e le indicazioni sulle modalità di intervento in termini di riduzione delle emissioni con riferimento alla situazione del 1990. La figura mostra, per ogni cella del reticolo EMEP 50x50

km², la percentuale di superficie di ecosistemi sensibili protetti dai fenomeni di acidificazione e eutrofizzazione, per una data combinazione di deposizione di zolfo (solfati) e azoto (nitrati e ammonio). Le percentuali si riferiscono alla quota di cella occupata dagli ecosistemi terrestri nazionali sensibili a tali fenomeni. Vengono inoltre evidenziate, mediante una scala cromatica, le riduzioni delle deposizioni richieste per raggiungere la salvaguardia del 95% degli ecosistemi presenti in ogni cella. Come si vede dalla figura, le aree più critiche, dove sono necessarie riduzioni sia delle deposizioni di zolfo che di quelle di azoto per

proteggere gli ecosistemi sensibili, sono principalmente concentrate nell'arco alpino. Per quanto riguarda la definizione del protocollo per la riduzione delle emissioni di metalli pesanti l'attenzione si è spostata negli ultimi anni sulla definizione dei valori di carico critico per questi inquinanti. La mappatura della sensibilità degli ecosistemi italiani alla deposizione di metalli pesanti e dei relativi carichi critici, come pure una dettagliata definizione delle aree di superamento dei valori di livello critico dell'ozono (mappe di eccedenza) rappresentano temi prioritari per il futuro prossimo su questa tematica.

FIGURA 13 Percentuale di superficie di ecosistemi sensibili protetti dall'acidificazione e dall'eutrofizzazione e indicazioni sulle modalità di intervento in termini di riduzione delle emissioni per cella EMEP 50x50 km² considerando le deposizioni EMEP di N e S, 1990



FONTE: ENEA – ENEL, 1998.



Gli impatti sui corpi idrici

I diversi inquinanti che raggiungono le acque dolci di superficie per trasporto atmosferico hanno un differente effetto a seconda della loro natura: la maggior parte dei metalli pesanti e dei composti organici persistenti, ad esempio, sono poco solubili in acqua, si accumulano nei sedimenti di fondo e negli organismi, dove esplicano la loro attività tossica. I solfati e i nitrati, che derivano per lo più dagli ossidi di zolfo e di azoto prodotti durante le combustioni industriali, domestiche e dal traffico veicolare, conferiscono alle deposizioni atmosferiche carattere acido, che può provocare un'acidificazione delle acque di alcuni ambienti particolarmente sensibili. L'acidità delle acque, oltre determinati livelli soglia, produce un effetto tossico diretto sugli organismi che le popolano e contribuisce ad aumentare la tossicità di altri composti, come i metalli pesanti. Infine, i composti azotati presenti nelle deposizioni, costituiti dai nitrati e dall'ammonio, quest'ultimo derivante in prevalenza dalle attività zootecniche e agricole, raggiungono le acque sotto forma di sali nutrienti molto solubili. La loro concentrazione influenza lo svi-

luppo delle alghe, e può talora interferire con la potabilità dell'acqua. Inoltre elevati contenuti di azoto nelle acque dei fiumi possono raggiungere le acque marine favorendo i fenomeni di eutrofizzazione.

Al momento attuale non è possibile fornire un quadro complessivo, esteso all'intero territorio nazionale, dell'impatto dei metalli pesanti e degli inquinanti organici persistenti sulle acque superficiali. Per quanto riguarda invece l'acidità e la concentrazione di composti azotati nelle deposizioni atmosferiche, si deve ancora fare riferimento (Ministero dell'ambiente - Relazione sullo stato dell'ambiente 1997) ai risultati della Rete nazionale per lo studio delle deposizioni atmosferiche umide (RIDEP).

Il quadro di insieme può essere ancora ritenuto valido, anche se, come si vedrà più avanti, le concentrazioni di inquinanti dal 1992 a oggi si sono modificate; la distribuzione geografica delle sorgenti di emissione, i principali processi di trasporto in atmosfera e quindi la distribuzione degli inquinanti, non sono comunque mutati in modo sostanziale negli ultimi anni.

I dati di oltre 900 laghi raccolti

dall'Istituto Italiano di Idrobiologia del CNR in un'apposita banca dati a partire dal 1988 permettono di definire le aree dove si trova la maggior parte delle acque sensibili all'acidificazione. I laghi sensibili individuati sono in gran parte collocati sull'arco alpino, in corrispondenza soprattutto dei principali massicci granitici, e sull'Appennino settentrionale. Queste informazioni consentono di rilevare l'esistenza di un'area, il bacino idrografico del Lago Maggiore, che comprende l'estremità settentrionale del Piemonte ed il Canton Ticino (CH), dove si hanno contemporaneamente il più elevato livello di acidità delle deposizioni e una notevole percentuale di laghi sensibili all'acidificazione. Di conseguenza quest'area è stata scelta per studiare l'evoluzione a lungo termine degli effetti del trasporto di inquinanti per via atmosferica alle acque superficiali, nell'ambito del contributo italiano al Programma Cooperativo Internazionale per la valutazione e il monitoraggio dell'acidificazione di fiumi e laghi (ICP Waters). I siti italiani attualmente considerati nel programma sono sei: un lago subalpino (Lago di Mergozzo), due laghi alpini (Laghi Paione Superiore ed Inferiore) e tre

SCHEDA 2

La rete di monitoraggio degli inquinanti di "fondo"

La rete EMEP è la più estesa rete europea di monitoraggio degli inquinanti di fondo, con 105 stazioni in 32 paesi (dati 1994).

Nel Programma completo dell'EMEP si misurano ed analizzano in continuo le seguenti sostanze:

1. Inquinanti gassosi: SO₂, NO₂, O₃, NO, CO, CO₂, PAN, COV, NH₃, HCl, HNO₃, HNO₂;

2. Particolato atmosferico: SO₄, NO₃, NH₄, H⁺, SPM, metalli pesanti (Hg, Pb, Cd), N-HNO₃, N-NO₃, N-NH₃, N-NH₄;

3. Precipitazioni umide (raccolta giornaliera): SO₄, NO₃, Cl, NH₄, Na, K, Ca, Mg, pH, H⁺, HCO₃, conduttanza elettrica, metalli pesanti (Hg, Pb, Cd), acidi organici.

Il monitoraggio di alcuni di questi inquinanti è obbligatorio. Il controllo di qualità delle misure si effettua tramite frequenti misure di *intercomparison*.

L'Italia partecipa alla rete di monitoraggio dell'EMEP con due

stazioni:

- Joint Research Center dell'UE di Ispra (Lombardia);
- Montelibretti del CNR - Istituto sull'Inquinamento Atmosferico (Lazio).

Considerando il limitato numero delle stazioni EMEP in Italia e la scarsità dei dati forniti, lo Steering Body dell'EMEP ha più volte raccomandato l'ampliamento della rete italiana, ed in particolare l'inclusione di alcune nuove stazioni di monitoraggio sul territorio nazionale, da localizzare nel Sud e/o nelle Isole, qualora sia attivata una stazione rappresentativa della Pianura Padana, dove si concentrano le zone critiche di impatto. L'ENEA, in qualità di coordinatore nazionale e d'intesa con gli istituti interessati, ha più volte predisposto e sottoposto al Ministero dell'Ambiente ipotesi di estensione della rete. Alcune attività del CTN ACE dell'ANPA, cui partecipano tra l'altro ENEA e CNR, sono finalizzate a fornire elementi scientifici e tecnici utili per tale completamento. La limitata estensione della rete rappresenta un elemento di criticità.

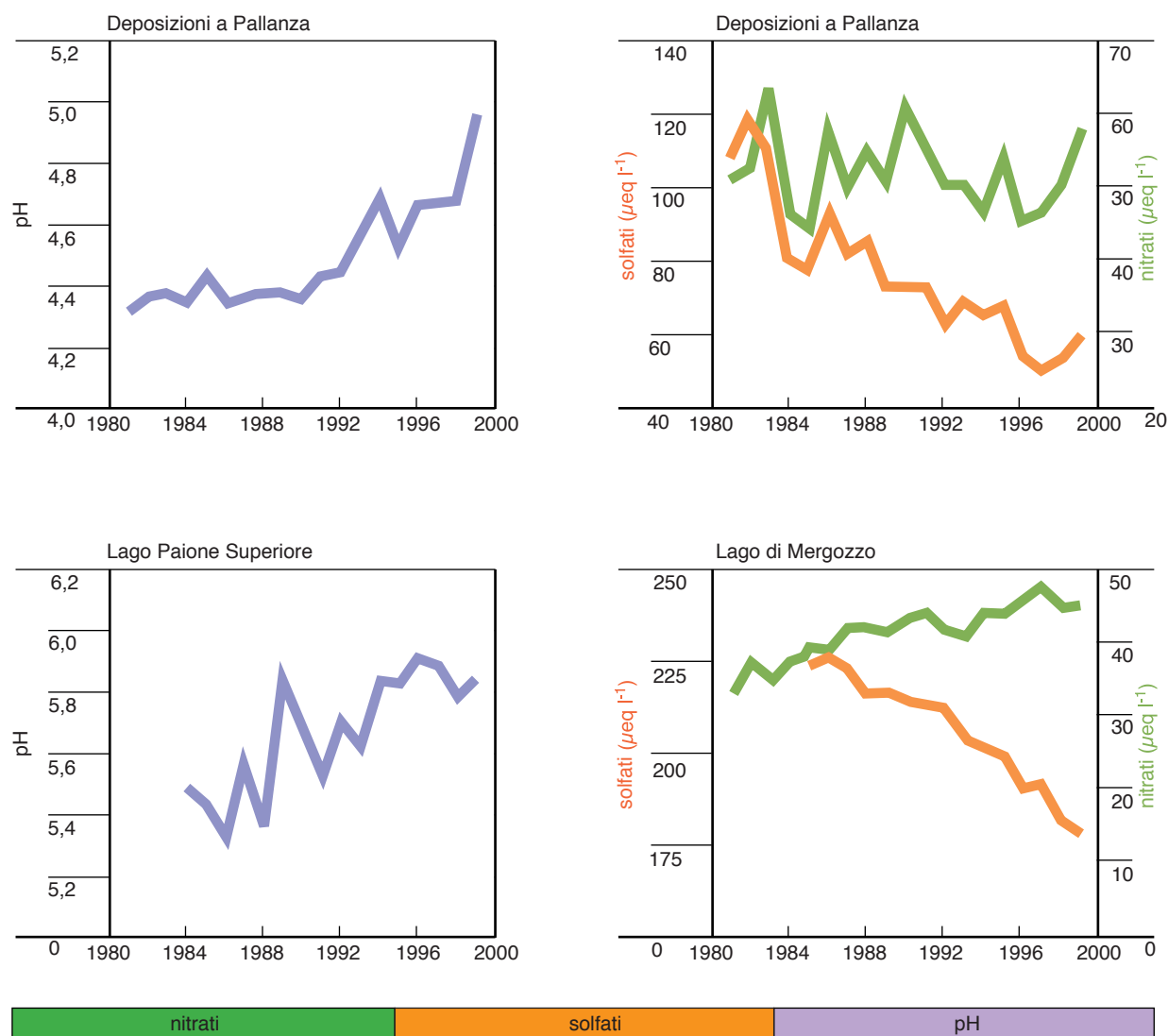


corsi d'acqua (Torrenti Pellino, Pellesino e Cannobino). La chimica delle deposizioni atmosferiche in quest'area viene seguita attraverso 13 stazioni di campionamento, di cui 7 in territorio svizzero. La serie storica più lunga di dati disponibile per quanto riguarda le stazioni italiane è quella relativa alla stazione di Pallanza, situata sulle sponde del Lago Maggiore. Per tutti i laghi e torrenti considerati sono disponibili dati chimici pregressi,

raccolti dall'Istituto Italiano di Idrobiologia del CNR, grazie ai quali è possibile valutare l'evoluzione a lungo termine delle principali variabili chimiche, unitamente a quella osservata per le deposizioni atmosferiche. L'acidità appare chiaramente in diminuzione nelle deposizioni, come mostrato dall'aumento dei valori medi annui di pH a Pallanza, passati, nel periodo 1980-1999, da 4,3-4,4 a 4,8-4,9. Questo fatto è da mettere in relazione

con l'avvenuta diminuzione delle concentrazioni dei solfati, da 120-130 $\mu\text{eq/l}$ a circa 50-60 $\mu\text{eq/l}$, mentre per i nitrati si osserva una lieve tendenza all'aumento (figura 14). Il confronto con le serie di dati di altre stazioni, benché più brevi, permette di concludere che queste tendenze sono estendibili alle deposizioni che interessano l'intero bacino del Lago Maggiore. Il lago alpino Paione Superiore, collocato a 2.269 m s.l.m., a causa della

FIGURA 14 Evoluzione a lungo termine di alcune variabili chimiche nei siti italiani considerati nel programma ICP Waters, 1981 - 1999



FONTE: CNR - Istituto Italiano di idrobiologia, 2000.



L'INQUINAMENTO ATMOSFERICO E I CAMBIAMENTI CLIMATICI

caratteristiche del bacino imbrifero, presenta un'elevata sensibilità all'acidificazione. Nel periodo 1984-1999 si è verificato un aumento del pH, da valori di 5,3-5,8, precedenti al 1992, a valori prossimi a 6,0, in accordo con le variazioni intervenute nella chimica delle deposizioni atmosferiche.

Anche nel caso del Lago di Mergozzo, collocato nella fascia subalpina a 194 m s.l.m., i dati relativi all'evoluzione a lungo termine di solfati e nitrati sono in accordo con quelli riscontrati per le deposizioni. I solfati, per i quali i dati

sono disponibili a partire dal 1984, diminuiscono in maniera significativa, passando da circa 220 µeq/l a 180-190 µeq/l nel 1999, mentre i nitrati, nel periodo 1980-1999, sono aumentati da circa 35 µeq/l a 45 µeq/l.

Gli impatti sui materiali ed i beni monumentali

Gli impatti sui beni monumentali vengono valutati nell'ambito del Programma di Cooperazione Internazionale sui materiali, il cui obiettivo è di valutare il danno causato dall'inquinamento atmo-

sferico sui materiali, inclusi i monumenti storici ed artistici. Al Programma partecipano attualmente 18 Paesi. Le stazioni di monitoraggio ambientale ed esposizione dei campioni dei materiali studiati attualmente sono 32.

Gli studi sulla corrosione si effettuano su diversi tipi di materiali, prodotti in laboratori specializzati che partecipano al Programma.

I materiali in studio sono:

A) metalli strutturali: acciai; zinco (98,5%, 99,9%), rame, bronzi;

B) vernici: posati sui pannelli di acciaio;

TABELLA 8

Dati relativi all'ozono nell'ambito del Programma Internazionale UN/ECE ICP-Crops sugli effetti dell'inquinamento atmosferico e di altri stress sulle specie coltivate, 1992 - 1998

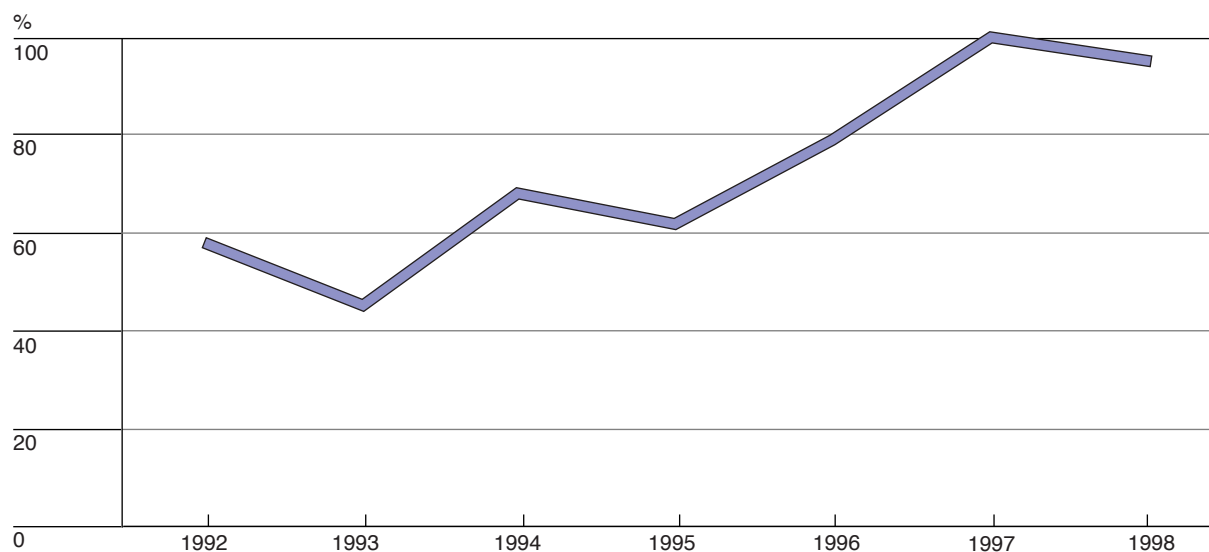
Anno	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Paesi partecipanti	15	18	17	17	16	13	16
SITI ICP-CROPS	26	29	28	29	28	21	20
SITI con danno fogliare visibile	15	13	19	18	22	21	19
AOT40 max in ppb×h (EUROPA)	-	-	15.617	16.938	20.014	24.956	32.785
AOT40 min in ppb×h (EUROPA)	-	-	92	264	1.451	1.965	547
AOT40 max in ppb×h (ITALIA)	-	-	15.463	14.028	11.574	24.956	32.785

Legenda: AOT40 = dose di ozono accumulata sopra la soglia di 40 ppb durante le ore diurne con irradianza > 50 W/m²

FONTE: Università di Roma "La Sapienza" – Dipartimento di Biologia Vegetale, 2000.

FIGURA 15

Percentuale di siti con evidenza di danno fogliare visibile da ozono rispetto al totale dei siti monitorati, relativi al Programma Internazionale UN/ECE ICP-Crops, 1992 - 1998



FONTE: Università di Roma "La Sapienza" – Dipartimento di Biologia Vegetale, 2000.



C) vetri;
D) pietre;
E) contatti elettrici;
F) materiali polimerici.
Al fine di valutare il danno corrosivo, sono inoltre effettuate in continuo nelle varie stazioni di esposizione le seguenti misure:
A) gas: O₃, NO, NO₂, SO₂, particolato;
B) nelle precipitazioni umide: mm, pH, conduttanza elettrica, NO₃⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, NH₃⁺.
L'Italia partecipa a questo Programma fin dalla sua costituzione, avvenuta nel

1986. La rete nazionale è composta di 4 stazioni.
Il Programma è ormai in grado di valutare quantitativamente la relazione dose-effetto dei più importanti inquinanti sulla maggior parte dei materiali esposti. Attualmente è in via di elaborazione una mappa delle zone a rischio dell'inquinamento atmosferico sui materiali studiati nei Paesi partecipanti al Programma. Questi elementi consentiranno anche una valutazione economica del danno.

Gli impatti sulle colture agrarie e sulla vegetazione
Parlare di impatto dell'inquinamento atmosferico sulle colture agrarie e sulla vegetazione significa focalizzare l'attenzione sulle emissioni antropiche o sulla formazione in atmosfera di inquinanti secondari. Oltre ai composti dello zolfo e dell'azoto che interessano ampie estensioni territoriali, in area mediterranea l'inquinante che si ritiene maggiormente fitotossico è l'ozono, un ossidante fotochimico risultato di reazioni tra ossidi di azoto e COV

SCHEDA 3	Foreste ed ecosistemi
<p>Il Ministero delle politiche agricole e forestali (Corpo Forestale dello Stato), in base al Regolamento UE 1091/94, ha avviato dal 1995 il "Programma Nazionale Integrato per il CONtrollo degli ECOsistemi FORestali" (CONECOFOR), per studiare gli effetti dell'inquinamento atmosferico e dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi forestali. Il Programma si inquadra anche nell'ambito dell'attuazione della Convenzione di Ginevra sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero (LRTAP UN-ECE), ratificata dall'Italia nel 1982 e delle Risoluzioni delle Conferenze dei Ministri sulla protezione delle foreste in Europa (Risoluzione 1, Strasburgo, 1990, Risoluzione H4, Helsinki, 1993).</p> <p>Il Programma costituisce l'evoluzione delle indagini (cosiddette di 1° livello) condotte, già dal 1987, su di una rete europea costruita su una maglia 16x16 km, consistente attualmente in Italia in circa 260 punti di rilevamento distribuiti sul tutto il territorio nazionale. In questi punti sono effettuate annualmente valutazioni dello stato delle chiome degli alberi. Su una selezione di punti della stessa maglia sono state condotte, nel 1995-1996, indagini a carattere pedologico ed analisi del contenuto chimico delle foglie.</p> <p>Il Programma CONEFOFOR è attualmente basato su 27 aree permanenti, nel quadro dell'International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests; 10 aree sono anche classificate "biomonitoring sites", nel quadro dell'International Co-operative Programme on Integrated Monitoring of Air Pollution Effects on Ecosystems.</p> <p>Nelle aree permanenti sono svolte nove diverse indagini, avviate dal 1996: analisi geologica e geomorfologica (preliminare), analisi della vegetazione (ogni anno), analisi delle</p>	<p>condizioni delle chiome (ogni anno), analisi del contenuto chimico delle foglie (ogni due anni), analisi dei suoli (ogni 10 anni), analisi delle variazioni di accrescimento degli alberi (ogni 5 anni), analisi delle deposizioni atmosferiche (in continuo), analisi meteorologiche (in continuo), analisi degli inquinanti atmosferici (in continuo). Il Corpo Forestale dello Stato è il centro di coordinamento di sette istituti di ricerca, ognuno responsabile di ciascuna indagine.</p> <p>Le aree permanenti, selezionate secondo quanto prescritto dal Regolamento UE 1091/94 in modo da comprendere i principali ecosistemi forestali del territorio italiano, sono distribuite su tutto il Paese e comprendono ognuna superfici di 10-100 ha, al cui interno sono presenti due parcelle di analisi di 5.000 m². Le specie dominanti principali sono <i>Fagus sylvatica</i> (10 aree), <i>Quercus cerris</i> (5), <i>Picea excelsa</i> (6), <i>Quercus ilex</i> (4), <i>Quercus petraea</i> e <i>robur</i> (2).</p> <p>Un esame dei primi quattro anni di attuazione del Programma CONEFOFOR consente di affermare che si è pervenuti ad una descrizione dettagliata ed organica dei principali ecosistemi forestali presenti in Italia. Grazie al suddetto Programma, oggi è possibile conoscere con un buon grado di completezza le caratteristiche ecologiche di 16 diverse comunità forestali presenti sul territorio nazionale ed è stato dato un importante contributo all'insieme di informazioni che vengono e che verranno nei prossimi anni da tutti i programmi di controllo delle foreste europee. Tali indicazioni amplieranno le conoscenze sulle foreste, evidenziando, in particolare, i nessi di causa-effetto tra i vari fattori interagenti, consentendo una valutazione più approfondita degli interventi di salvaguardia di una importante risorsa economica e, soprattutto, ambientale.</p>



L'INQUINAMENTO ATMOSFERICO E I CAMBIAMENTI CLIMATICI

(Composti Organici Volatili).

E' stato accertato che le concentrazioni ambientali di ozono registrate negli Stati Uniti ed in Europa sono sufficientemente alte da causare una diminuzione del raccolto nelle piante agrarie. Ne consegue l'esigenza di trovare una funzione dose/risposta sulle colture agrarie al fine di poter arrivare ad un'analisi costo/beneficio. Trovare precise relazioni risulta comunque difficile per la presenza di altri fattori che

influenzano tale risposta, quali il microclima e quelli biotici.

Dal 1987, la valutazione dell'impatto dell'inquinamento atmosferico su specie di interesse agrario è oggetto di ricerca del programma ICP-Crops UN/ECE (International Cooperative Programme on Effects of air Pollution and other Stresses on Agricultural Crops).

In occasione dell'UN/ECE Workshop tenutosi a Kuopio (Finlandia) nel 1996, è stato definito l'AOT40 quale livello

critico che corrisponde alla "concentrazione di ozono troposferico nell'atmosfera che incide direttamente e negativamente su recettori quali piante ed ecosistemi". Il livello critico stabilito in ambito UN/ECE per le specie agrarie e seminaturali è pari ad un valore soglia (AOT40) di 3.000 ppb×h accumulati su tre mesi estivi, mentre per la vegetazione naturale il livello critico è stato posto a 10.000 ppb×h per un periodo di sei mesi da Aprile a

SCHEDA 4

Protocolli attuativi della Convenzione di Ginevra (aggiornamento rispetto alla Relazione sullo stato dell'ambiente del 1997)

Il Protocollo EMEP

E' il Protocollo sul finanziamento a lungo termine del programma cooperativo per il controllo e la valutazione del trasporto transfrontaliero degli inquinanti atmosferici in Europa (EMEP).

Il Protocollo di Helsinki sullo zolfo del 1985

Il Protocollo sulla riduzione delle emissioni di zolfo o dei loro flussi transfrontalieri prevedeva la riduzione, entro il 1993, delle emissioni nazionali di zolfo del 30% rispetto alle emissioni dichiarate nel 1980 dai Paesi firmatari. L'impegno di riduzione è stato rispettato.

Il Protocollo di Sofia sugli ossidi di azoto del 1988

Il Protocollo sulla riduzione delle emissioni degli ossidi di azoto o dei loro flussi transfrontalieri prevedeva la stabilizzazione, entro il 1994, delle emissioni nazionali di ossidi di azoto rispetto alle emissioni dichiarate nel 1987 dai Paesi firmatari (l'Italia si è inoltre assunto, mediante dichiarazione governativa, l'impegno di ridurre ulteriormente le emissioni di ossidi di azoto, entro il 1998, del 30% rispetto ai livelli di un anno a scelta nel periodo 1980-1986). L'impegno alla stabilizzazione delle emissioni è stato rispettato. Al momento della scrittura del presente testo, manca l'inventario delle emissioni per il 1998, perciò non è possibile verificare il rispetto della dichiarazione governativa *a latere*, che comunque non è legalmente vincolante.

Il Protocollo di Ginevra sui Composti Organici Volatili (COV) del 1991

Il Protocollo sulla riduzione delle emissioni dei composti organici volatili (COV) o dei loro flussi transfrontalieri prevede la riduzione, entro il 1999, delle emissioni nazionali dei composti organici volatili del 30% rispetto alle emissioni dichiarate nel 1990 dai Paesi firmatari.

Il Protocollo di Oslo su ulteriori riduzioni dello zolfo del 1994

Il Protocollo sull'ulteriore riduzione delle emissioni di zolfo o dei loro flussi transfrontalieri prevede per l'Italia la riduzione delle emissioni nazionali di zolfo del 65% entro il 2000 e del 73% entro il 2005 rispetto alle emissioni dichiarate nel 1980.

Il protocollo di Aarhus sui metalli pesanti del 1998

Il Protocollo sui metalli pesanti è stato firmato ad Aarhus il 24 Giugno 1998. Attualmente limitato a cadmio, piombo e mercurio, prevede la riduzione delle emissioni e misure di controllo sulle fonti fisse e sui prodotti.

Il Protocollo di Aarhus sugli inquinanti organici persistenti (POP) del 1998

Il Protocollo sugli inquinanti organici persistenti è stato firmato ad Aarhus il 24 Giugno 1998. Attualmente è limitato alle seguenti sedici sostanze: Aldrin, Clordano, Clordecone, DDT, Dieldrin, Endrin, Eptacloro, Esabromobifenile, Esaclorobenzene, Mirex PCB, Toxafene, Lindano, IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici), Diossine, Furani. Prevede la riduzione delle emissioni, misure restrittive su alcune sostanze, misure di controllo sulle fonti fisse e mobili.

Il Protocollo di Goteborg su acidificazione, eutrofizzazione ed ozono del 1999

Il Protocollo per l'abbattimento dell'acidificazione, dell'eutrofizzazione e dell'ozono al suolo è stato firmato a Goteborg il 1 dicembre 1999. Prevede riduzioni delle emissioni di zolfo, ossidi di azoto, composti organici volatili ed ammoniaca entro il 2010, misure di controllo sulle fonti fisse e mobili, sui prodotti contenenti COV e sull'ammoniaca.



Settembre L'analisi dei dati di ozono nell'ambito dell'ICP-Crops dal 1989 al 1997 mette in evidenza in Europa sia un trend spaziale nord-sud che un trend temporale della distribuzione di tale inquinante (tabella 8).

La percentuale dei siti partecipanti che ha mostrato un danno macroscopico nelle piante bioindicatrici utilizzate, è aumentata negli ultimi anni (figura 15), coerentemente con l'andamento crescente dei valori di AOT40 riportati nella tabella precedente.

Le risposte

La difficoltà di risolvere il problema dell'inquinamento atmosferico su scala nazionale ha spinto la comunità internazionale ad affrontare il problema anche su scala sovranazionale.

Recentemente la Commissione Europea ha iniziato ad affrontare il problema dell'inquinamento atmosferico transfrontaliero, varando le strategie comunitarie che sono alla base di apposite direttive.

Nell'ambito della Commissione Economica per l'Europa delle Nazioni Unite (CEE-ONU), il 13 Novembre 1979 è stata firmata a Ginevra la Convenzione per proteggere l'ambiente e la salute

dall'inquinamento atmosferico transfrontaliero a lunga distanza (Ministero dell'ambiente – Relazione sullo stato dell'ambiente 1997).

Mentre per alcuni protocolli è ancora in corso il processo di ratifica, per altri, invece, il loro ingresso nel panorama legislativo nazionale ha avuto notevoli conseguenze.

Il protocollo su acidificazione, eutrofizzazione ed ozono

Tetti alle emissioni

L'obiettivo del protocollo è di ricondurre le deposizioni di ossidi di zolfo, ossidi di azoto ed ammoniaca al di sotto dei carichi critici di acidificazione ed eutrofizzazione, e le concentrazioni al suolo di ozono al di sotto dei livelli critici. A causa delle difficoltà di raggiungere questi obiettivi con le tecnologie attuali, sono stati introdotti degli obiettivi intermedi in grado di garantire comunque un notevole miglioramento delle condizioni ambientali in tutta Europa. Sono stati perciò sviluppati degli scenari di riferimento ed una serie di scenari di riduzione corrispondenti a differenti obiettivi ambientali. I tetti alle emissioni sono stati negoziati a partire da tali scenari. Il modello uti-

lizzato per sviluppare gli scenari è il modello di valutazione integrata RAINS sviluppato dallo International Institute for Applied System Analysis (IIASA).

I tetti che l'Italia dovrà rispettare sono riportati in tabella 9, insieme con le percentuali di riduzione e gli scenari di riferimento.

Come si vede l'Italia si è impegnata a conseguire ambiziose riduzioni delle emissioni, che richiederanno l'introduzione di ulteriori e significative misure di abbattimento delle emissioni oltre a quelle già previste od in programma.

Valori limite alle emissioni

Il Protocollo prevede l'introduzione obbligatoria di valori limite alle emissioni di SO_x, NO_x e COV per gli impianti nuovi ed esistenti considerati come principali categorie di fonti di emissione (i grandi impianti di combustione ed alcuni impianti industriali) e per le fonti mobili. I valori limite andranno applicati ai nuovi impianti entro un anno dall'entrata in vigore del Protocollo, ed agli impianti esistenti al massimo entro il 31 dicembre 2007.

I valori limite introdotti per i nuovi grandi impianti di combustione sono quelli contenuti nella proposta di revisione della direttiva approvata dal

TABELLA 9

Tetti di emissione per l'Italia stabiliti dal Protocollo su acidificazione, eutrofizzazione ed ozono

	Emissioni nel 1990 (kt)	Emissioni al 2010 (kt)	Percentuale di riduzione (%)	REF(*) (scenario di riferimento)	MFR(**) (massime riduzioni tecnicamente ottenibili)
SO _x	1.651	500	70	567	194
NO _x	1.938	1.000	48	1.130	396
COV	2.213	1.159	48	1.159	617
NH ₃	466	419	10	432	282

(*) REF: emissioni che si avrebbero al 2010 applicando la vigente e prevista legislazione nazionale e comunitaria.

(**) MFR (Maximum Feasible Reduction): emissioni che si avrebbero al 2010 applicando tutte le tecniche di abbattimento disponibili senza modificare gli scenari di sviluppo economico e di consumi energetici previsti per le prossime decadi.

FONTE: ENEA, 2000.



Consiglio UE e ora al secondo esame del Parlamento Europeo.

I valori limite introdotti per gli impianti di combustione esistenti sono quelli previsti dalla Direttiva 88/609 sui grandi impianti di combustione. Tali valori limite vanno estesi anche agli impianti autorizzati prima del 1989, attualmente non coperti da limiti alle emissioni. I valori limite agli impianti esistenti potranno non essere applicati se ciò risultasse tecnicamente o economicamente non realizzabile, previa opportuna documentazione.

Per quanto riguarda gli impianti industriali, i limiti introdotti si riferiscono a direttive comunitarie concernenti impianti di produzione di biossido di titanio e attività industriali che emettono COV dall'utilizzo di solventi (Direttiva 99/13). I limiti introdotti per la produzione e distribuzione di benzine sono più stringenti di quelli previsti dalla corrispondente direttiva comunitaria, e coincidono con i limiti previsti dalla legge italiana. Per tutti gli altri impianti i limiti introdotti, pur essendo raggiungibili dall'industria italiana, sono completamente nuovi.

Per quanto riguarda le nuove fonti mobili, i valori limite sono quelli previsti dalle normative comunitarie, con la

relativa tempistica.

Il Protocollo raccomanda inoltre alle Parti l'applicazione delle migliori tecniche disponibili agli impianti nuovi ed esistenti, considerati come principali categorie di fonti di emissione, ed alle fonti mobili.

Prodotti contenenti COV

Una delle principali fonti di emissione di COV è rappresentata dai prodotti per uso domestico, che contengono elevate percentuali di solventi. Il Protocollo prevede che tutte le Parti dovranno obbligatoriamente introdurre misure per ridurre le emissioni di COV associate con l'uso di questi prodotti. Si tratterà pertanto di introdurre limiti al contenuto di solventi in questi prodotti. La Commissione si è già impegnata a presentare una direttiva in tal senso.

Sarà difficile per l'Italia rispettare i limiti globali nazionali alle emissioni senza l'introduzione di misure sui prodotti. D'altro canto le conoscenze su tali prodotti sono assai frammentarie. Una conoscenza approfondita dei prodotti contenenti COV utilizzati in Italia, di eventuali sostituti e dei loro costi rappresenta sicuramente un elemento di criticità.

Ammoniaca

Il Protocollo di Goteborg affronta, per la prima volta in maniera dettagliata, gli aspetti connessi alle emissioni del settore agricoltura. Sulla base dell'inventario relativo al 1990, elaborato da ENEA con la collaborazione del Centro Ricerche sulla Produzione Animale (CRPA), le emissioni totali di ammoniaca in atmosfera ammontano a 466 kt/anno (1990). Alla zootecnia è attribuibile il 75% di tali emissioni. La fase emissiva a maggior incidenza risulta essere lo spandimento degli effluenti di allevamento (133,8 kt/anno), seguita dalle operazioni di governo dei ricoveri (111,5 kt/anno), dagli stoccaggi (87,9 kt/anno) e, infine, dal pascolo (11,3 kt/anno).

Il protocollo assegna al nostro Paese un tetto massimo di 419 kt/anno, valore che comporta una riduzione del 10% dei valori di ammoniaca emessi. Tale riduzione potrebbe essere così conseguita: secondo uno studio dello IIASA, in assenza di interventi e prevalentemente in virtù della riduzione della consistenza zootecnica prevista per il prossimo decennio, si dovrebbe conseguire "naturalmente" una diminuzione di circa il 7%, valore percentuale che porta l'emissione a 432 kt/anno. Il restante 3% di riduzione può essere

SCHEDA 5

Categorie di attività industriali a cui applicare i limiti alle emissioni previsti dal protocollo su acidificazione, eutrofizzazione e ozono

SO_x

- Grandi impianti di combustione;
- Impianti Claus;
- Produzione di biossido di titanio.

NO_x

- Grandi impianti di combustione;
- Turbine;
- Produzione di cemento;
- Motori fissi (solo nuovi motori);
- Produzione e processamento di metalli (solo per gli impianti di sinterizzazione);
- Produzione di acido nitrico.

COV

- Produzione e distribuzione di benzina;
- Rivestimento adesivo;
- Stratificazione di legno e plastica;
- Attività di rivestimento nell'industria automobilistica;
- Attività di rivestimento in settori industriali;
- Verniciatura in continuo (coil coating);
- Pulitura a secco;
- Fabbricazione di preparati per rivestimenti, vernici, inchiostri e adesivi;
- Fabbricazione di prodotti farmaceutici;
- Stampa;
- Conversione di gomma naturale o sintetica;
- Pulizia di superfici;
- Estrazioni di olio vegetale e grasso animale e attività di raffinazione di olio vegetale;
- Finitura di veicoli;
- Impregnazione del legno.



ottenuto con diverse opzioni: ad esempio con un più razionale impiego dell'urea o con altre misure interessanti le discariche oppure le industrie dei fertilizzanti.

Tuttavia, anche se il traguardo assegnato potrebbe essere raggiunto con sforzo relativamente modesto, la zootecnia del nostro e degli altri Paesi firmatari della Convenzione dovrà comunque prendere una serie di misure obbligatorie per il contenimento delle emissioni di ammoniaca. In sintesi:

- obbligo di riduzione delle emissioni di almeno il 30% durante lo spandimento dei liquami;
- obbligo di interrimento del letame e dei materiali solidi di origine zootecnica entro le 24 ore dallo spandimento;
- obbligo di copertura degli stoccaggi per gli allevamenti suinicoli di dimensioni superiori a 2.000 capi all'ingrasso e a 750 scrofe, e per gli allevamenti avicoli di più di 40.000 capi. Le scadenze di applicazione di questa norma saranno ravvicinate per gli allevamenti di nuova realizzazione, mentre saranno dilazionate nel tempo per gli allevamenti esistenti;
- per i nuovi ricoveri dovranno essere adottate tecniche di stabulazione che comportino una riduzione delle emis-

sioni ammoniacali di almeno il 20%. Sarà obbligo del nostro Paese, infine, emanare un Codice di Buone Pratiche Agricole relativo al contenimento delle emissioni in atmosfera. Tale codice affiancherà quello già esistente per il contenimento delle emissioni nelle acque e nel suolo. Il raggiungimento del tetto alle emissioni e l'introduzione obbligatoria delle misure di contenimento delle emissioni rappresentano quindi gli elementi di criticità.

Le strategie comunitarie

Per combattere gli effetti dell'inquinamento atmosferico transfrontaliero la Commissione Europea ha sviluppato delle strategie su acidificazione ed ozono.

Esse sono basate sullo stesso approccio metodologico utilizzato per il protocollo di Goteborg, limitandone però l'applicazione ai soli Paesi dell'Unione Europea, eventualmente con la possibile estensione ai cosiddetti Paesi di cui è prevista l'adesione alla UE.

L'obiettivo della strategia per l'acidificazione è stato definito in sede di Consiglio dei Ministri dell'ambiente dell'UE nell'azzeramento totale delle eccedenze dei carichi critici di acidificazione, con la ulteriore fissazione di un obiettivo inter-

medio, mentre non è stato definito un obiettivo per l'ozono. Sulla base di tali premesse, la Commissione Europea ha presentato una proposta di direttiva sui tetti nazionali alle emissioni (Direttiva NEC, National Emission Ceiling), su cui il Consiglio UE ha raggiunto una posizione negoziata, attualmente all'esame del Parlamento Europeo.

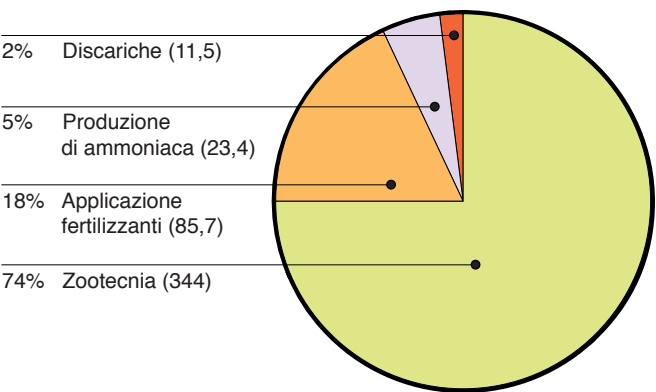
La realizzazione delle strategie richiede inoltre la revisione della direttiva sui combustibili, per la quale è stato raggiunto un accordo politico sulla proposta di revisione al Consiglio dei Ministri dell'ambiente del 16 giugno 1998, e della direttiva sui grandi impianti di combustione, affrontata pertanto contestualmente alla Direttiva NEC.

Altra importante Direttiva collegata alla strategia ozono e le cui conclusioni sono intrecciate alle conclusioni della Direttiva NEC è la "Direttiva Figlia" sulla qualità dell'aria relativa all'ozono, anch'essa ancora in discussione.

Il successo delle strategie comunitarie su acidificazione ed ozono è anche legato all'applicazione della Direttiva sulla prevenzione ed il controllo dell'inquinamento integrato (IPPC), della Direttiva solventi, della Direttiva sui motori diesel utilizzati in vari tipi di macchinari e del programma AUTO OIL.

FIGURA 16

Ripartizione delle emissioni totali di ammoniaca (kt/anno), 1990



FONTE: CRPA, 2000.



SCHEDA 6

Modelli di trasporto e trasformazione fotochimica dovuta all'insieme delle sorgenti nazionali sul territorio italiano

Gli strumenti modellistici sono sempre più utilizzati in ambito europeo come supporto alla messa a punto di strategie di controllo delle emissioni che incidono sui processi di acidificazione, eutrofizzazione e formazione dell'ozono troposferico. In particolare l'esperienza condotta da ENEL Ricerca (ora CESI) con l'Università di Brescia ha consentito di mettere a punto un

sistema modellistico in grado di calcolare sull'intero territorio italiano la distribuzione delle deposizioni totali (secche ed umide) di solfati, nitrati ed ammonio dovute all'insieme delle sorgenti nazionali.

I risultati ottenuti mediante l'applicazione di tale codice ed il successivo confronto, limitatamente al territorio italiano ed

FIGURA 1

Stima delle deposizioni secche (sinistra) e umide (destra) di azoto ossidato (N) calcolate dal codice lagrangiano a scala nazionale (mg m^{-2}), 1994

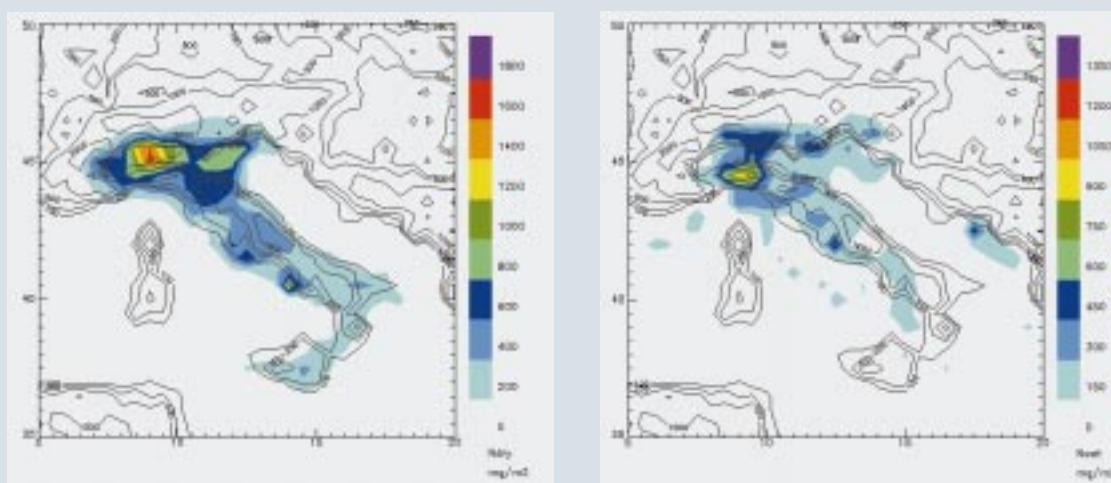


FIGURA 2

Stima delle deposizioni secche (sinistra) e umide (destra) di azoto ridotto (NH) calcolate dal codice lagrangiano a scala nazionale (mg m^{-2}), 1994

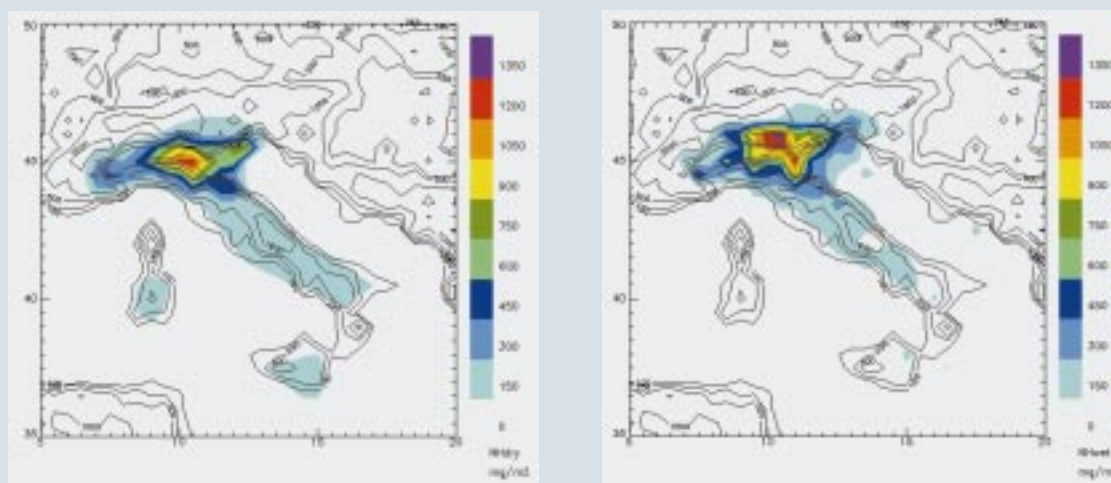


Figure 1,2,3,4 FONTE: Elaborazione a cura di CESI – B.U. Ambiente, 2000



all'anno 1994, con le analoghe stime effettuate con il modello EMEP (modello a scala europea), hanno evidenziato che le frazioni depositate sul suolo italiano calcolate da EMEP risultano inferiori.

Tale risultato è stato attribuito alla maggiore risoluzione delle simulazioni effettuate con il codice a scala nazionale. Per quanto riguarda la formazione di ozono troposferico, i livelli elevati di concentrazione che si rilevano nelle nostre aree urbanizzate nei periodi primaverili - estivi, sono conseguenza di una combinazione di sostanze (principalmente

ossidi di azoto ed idrocarburi) emesse da diversi comparti produttivi e da sorgenti naturali, provenienti sia da sorgenti locali che remote.

Anche se ancora poche, esistono esperienze italiane di utilizzo della modellistica fotochimica per bacini particolarmente critici, come, ad esempio, l'area metropolitana di Milano: i risultati derivanti da queste prime applicazioni sono stati sicuramente incoraggianti ed hanno evidenziato, in particolare per quanto riguarda l'ozono, un buon accordo tra concentrazioni osservate e calcolate.

FIGURA 3

Stima delle deposizioni secche (sinistra) e umide (destra) di zolfo (S) calcolate dal codice lagrangiano a scala nazionale (mg m^{-2}), 1994

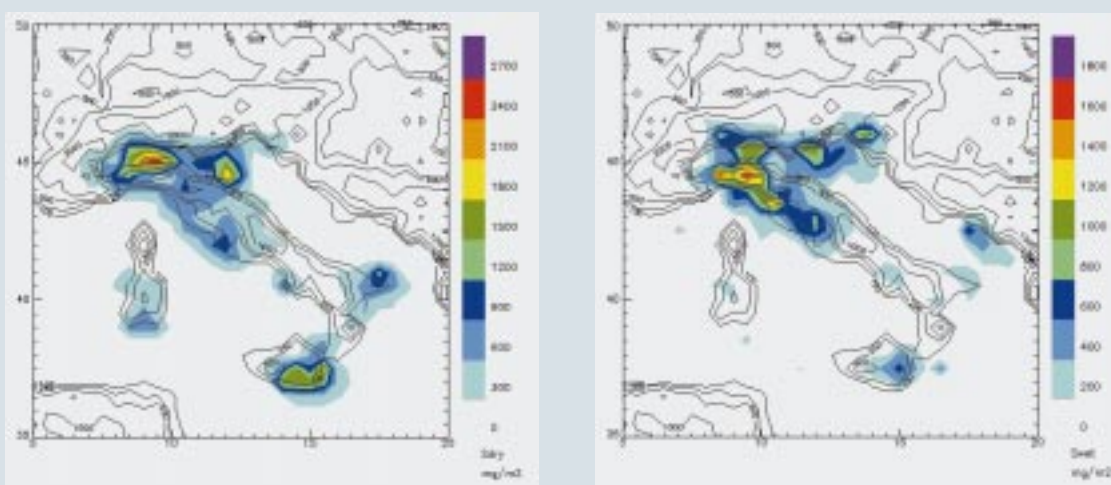
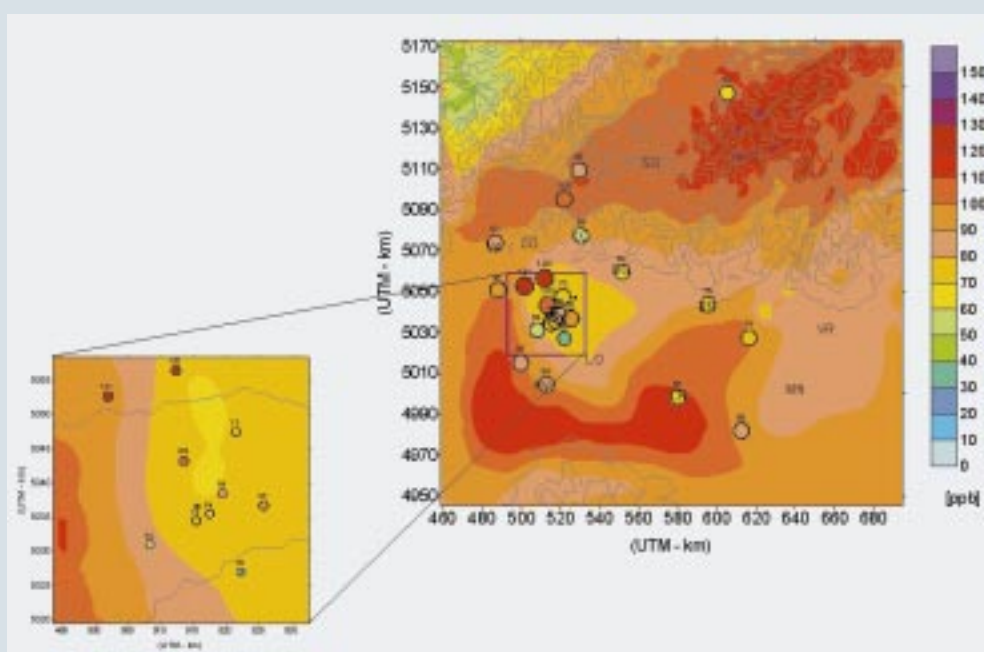


FIGURA 4

Concentrazioni al suolo di Ozono simulate (isolinee) e misurate (cerchi): 4 giugno 1998 ore 16.00 - regione Lombardia e zoom su Milano.





SCHEDA 7

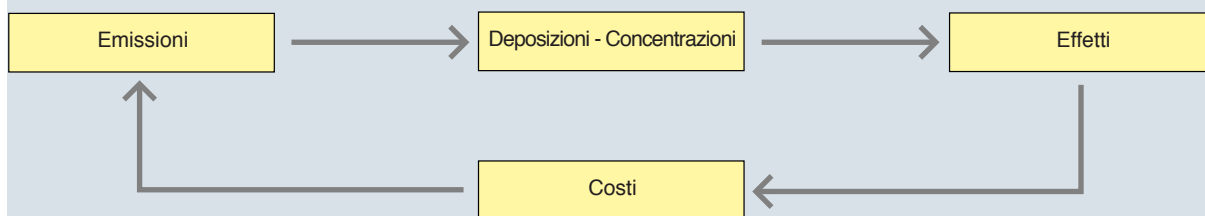
Modellistica integrata e costi delle misure di abbattimento

Un modello di valutazione integrata rappresenta uno strumento in grado di assistere i decisori politici nel valutare le opzioni per ridurre l'inquinamento, costruendo quadri di riferimento coerenti per l'analisi delle strategie di abbattimento. Un modello di valutazione integrato combina i risultati della ricer-

ca scientifica nei vari campi rilevanti per lo sviluppo di strategie (economia, tecnologia, scienze dell'atmosfera ed ecologia) con le basi di dati regionali. Gli elementi che compongono un modello di valutazione integrato sono:

FIGURA 1

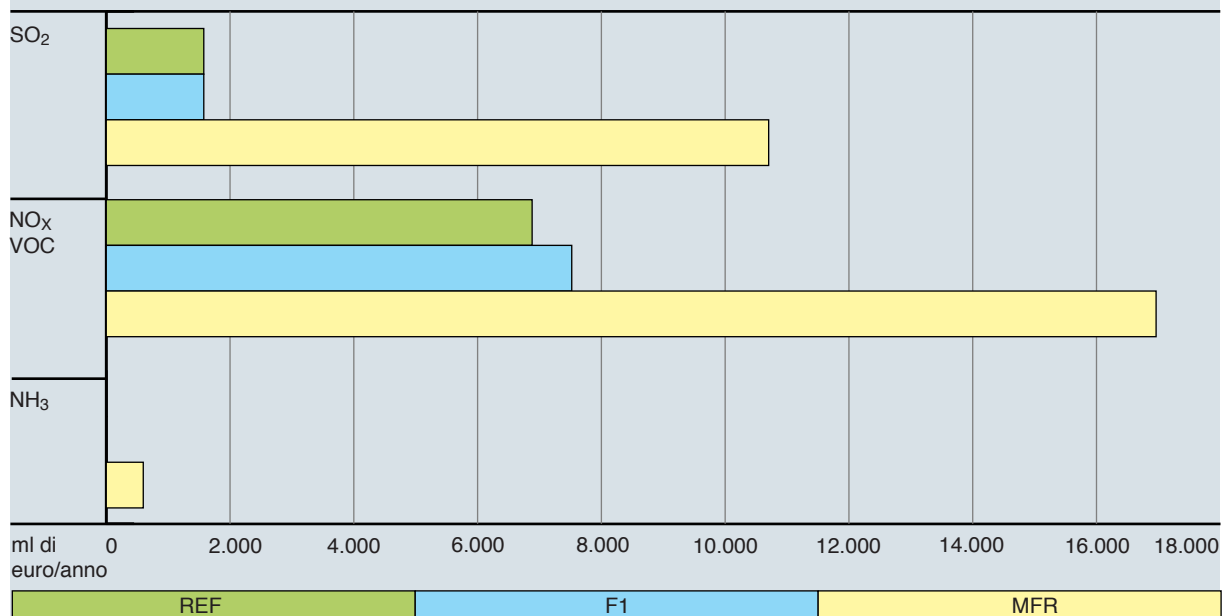
Schema operativo di un modello di valutazione integrata



FONTE: Centro Tematico Nazionale Atmosfera Clima Emissioni, 1999

FIGURA 2

Costi di abbattimento stimati dallo IIASA per l'Italia per l'anno 2010 secondo diversi scenari



Legenda: REF Scenario di riferimento.

F1 Scenario di base per il negoziato dei tetti alle emissioni.

MFR Scenario corrispondente alle massime riduzioni tecnicamente fattibili.

FONTE: ENEA - ENEL, 1998.



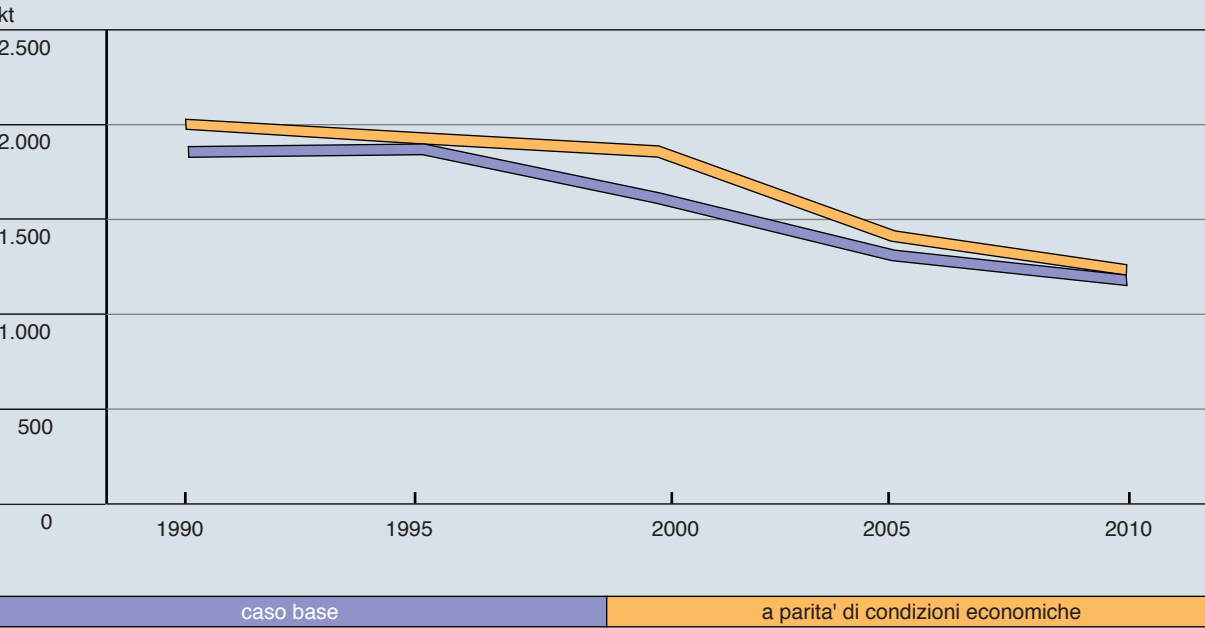
1. quantificazione delle emissioni degli inquinanti
2. definizione dei livelli e carichi critici
3. modello di trasporto degli inquinanti in atmosfera e loro deposizione al suolo
4. valutazione delle strategie di abbattimento delle emissioni e relative curve dei costi

Si parte dalla definizione delle emissioni nazionali relative a vari inquinanti (attualmente si considerano SO₂, NH₃, NO_x e COV). Successivamente con un modello che simula il trasporto, la dispersione e le trasformazioni chimiche che avvengono in atmosfera, vengono calcolate le concentrazioni e le deposizioni che queste emissioni determinano su tutta l'Europa. Le concentrazioni vengono confrontate con soglie prefissate (livelli critici) per valutare gli effetti sulla popolazione o su diversi ecosistemi. Le deposizioni sono confrontate con i carichi critici che i vari recettori possono sopportare. In questo modo si ottiene un'analisi di scenario, cioè una valutazione in ogni griglia del dominio di calcolo della situazione ambientale che si produce a fronte di ogni inquinante

considerato. Se quest'analisi segnala una situazione non soddisfacente rispetto agli obiettivi impostati, o, in altre parole, se si hanno eccedenze delle deposizioni o delle concentrazioni rispetto ai valori di soglia dei carichi o dei livelli critici, si può procedere ad un'ottimizzazione, valutando i costi relativi alle tecnologie di abbattimento degli inquinanti e producendo un nuovo scenario emissivo. Si itera il processo finché non si raggiungono gli obiettivi prefissati, agendo su tecniche di abbattimento progressivamente più costose. Le procedure di ottimizzazione possono essere indirizzate a diversi obiettivi: minimizzazione dei costi equidistribuita sui vari Paesi oppure in base alla popolazione, oppure sull'intensità del danno ambientale, a seconda delle decisioni politiche imposte.

Non esiste al momento un modello di valutazione integrata per l'Italia. Il processo di revisione del protocollo di Göteborg e della Direttiva sui tetti alle emissioni renderà indispensabile la predisposizione degli elementi che compongono il modello, necessaria ai fini di una attenta ed accurata verifica di tutti i dati di ingresso utilizzati per l'Italia nel modello RAINS. La partecipazione a queste attività rappresenta quindi per l'Italia un elemento di criticità ed un impegno prioritario per il prossimo futuro.

FIGURA 3 Emissioni di NO_x in Italia calcolate utilizzando il modello RAINS 7.2 ed i dati sulle tecnologie di abbattimento stimati dallo IIASA (kt), 1990 - 2010



FONTE: ENEA - ENEL, 1998.



Il problema dell'impovertimento dello strato di ozono stratosferico

Gli studi relativi all'ozono (3) stratosferico, al suo ruolo nell'equilibrio planetario e ai meccanismi di riduzione, hanno portato ad un quadro di conoscenze ben definito e sufficientemente consolidato (Ministero dell'ambiente - Relazione sullo stato dell'ambiente, 1997).

L'ozono stratosferico è il risultato di un'azione combinata tra radiazione solare ed ossigeno (nella forma atomica, O, e molecolare, O₂). La quantità di ozono è determinata dall'equilibrio tra processi di formazione, distruzione e trasporto (Ministero dell'ambiente - Relazione sullo stato dell'ambiente, 1997). L'esistenza di altre specie chimiche, di origine naturale ed antropica, e la varietà dei processi atmosferici rendono il fenomeno molto complesso.

Le osservazioni da satellite e da terra hanno permesso di valutare la distribuzione media dell'ozono colonnare (4) in

funzione della latitudine e della stagione. Si può notare che il valore minimo si trova nelle zone equatoriali, mentre i massimi sono situati alle latitudini medio-alte. Il valore massimo assoluto si verifica all'inizio della primavera alle alte latitudini. In estate si osserva una diminuzione dell'O₃ fino a raggiungere un minimo in autunno. All'equatore l'ozono colonnare ha un valore pressoché costante poiché l'attività fotochimica rimane invariata durante il corso dell'anno.

La differente distribuzione longitudinale, meno spiccata rispetto a quella latitudinale, è dovuta essenzialmente all'alternarsi di terre emerse e mari ed è più marcata nell'emisfero nord che in quello sud.

Dal 1985 si è acquisita la certezza che il ciclo stagionale del contenuto colonnare di ozono nella regione polare dell'Antartide presenta all'inizio della primavera (periodo settembre-ottobre) un brusco assottigliamento che dura per un paio di mesi. Questo fenomeno,

noto come "buco dell'ozono", scompare con il ritorno dell'ozono ai valori normali al progredire della stagione estiva. Negli ultimi anni sono stati raggiunti i valori minimi osservati della quantità di O₃ (100-120 DU)(5), pari a circa il 50% del contenuto normale, e si è assistito ad una estensione spaziale maggiore.

In figura 17 è riportata la variazione della dimensione del buco dell'ozono sull'Antartide dal 1980 al 1998

L'asse verticale riporta la dimensione del buco in milioni di chilometri quadrati, valutata usando le regioni dove l'ozono totale è inferiore a 220 DU. Per ogni anno il periodo considerato va dal 7 settembre al 13 ottobre (primavera antartica). Le barre verticali in corrispondenza di ogni punto danno il valore massimo e minimo della dimensione del buco. Sono segnalate anche le dimensioni del Nord America e dell'Antartide.

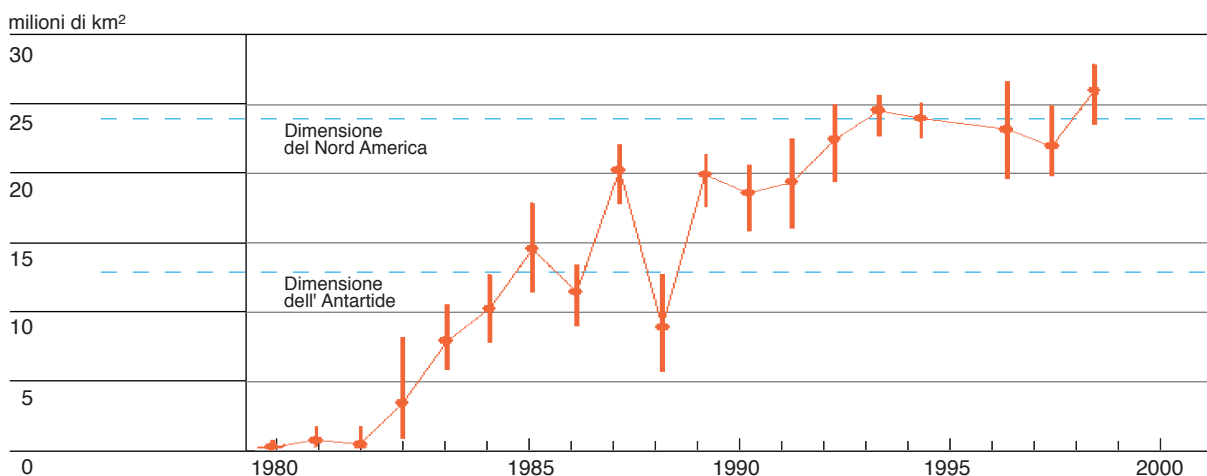
Le osservazioni effettuate dalle stazioni antartiche nel periodo fine agosto-settembre 2000 hanno riportato valori eccezionalmente bassi rispetto alla

(3) Molecola formata da tre atomi di ossigeno (O₃).

(4) Ozono presente in una colonna d'aria che si estende dalla superficie fino all'apice dell'atmosfera, anche detto ozono totale.

(5) Il contenuto di ozono si misura in matm cm o unità Dobson (DU); uno spessore di 3 mm corrisponde a 300 matm cm, cioè a 300 DU.

FIGURA 17 Variazione della dimensione del buco dell'ozono sull'Antartide (milioni di km²), 1980-1998



FONTE: NASA Goddard Space Flight Center, 2000.



norma e in regioni non interessate dal fenomeno.

La spiegazione si basa sull'ipotesi che la persistenza di bassi valori di temperatura all'interno del vortice polare consente, nonostante le ridotte concentrazioni, la condensazione di goccioline di acqua ad alto contenuto di acido nitrico (HNO_3), normalmente presente in fase gassosa. Questo processo favorisce la formazione di nubi stratosferiche polari (Polar Stratospheric Clouds, PSC) in grado di convertire i composti del cloro da forme inerti a forme attive poiché la chimica eterogenea (6) viene incrementata. Lo scenario in cui i processi anzidetti sono favoriti è quello della lunga notte invernale, in cui l'atmosfera antartica funge da gigantesco e gelido "contenitore", isolato chimicamente e fisicamente.

Fattori di pressione

Le specie catalitiche che intervengono nelle reazioni di rimozione dell'ozono (competitori) sono: OH, H, NO_x (NO e NO_2), Cl, ClO, Br e BrO. Le maggiori sorgenti di OH e H sono il vapor d'acqua ed il metano, mentre gli NO_x derivano dalla immissione di N_2O in atmosfera. I composti attivi del cloro sono il prodotto della fotodissociazione di composti organici del cloro e dei cloro-fluorocarburi (CFC o freon). In particolare, i composti CFC11, CFC12, CFC113, CFC114 e CFC115, inattivi in troposfera, giungono in stratosfera e qui vengono fotodissociati dando origine a composti del cloro. Il bromo, Br, e il BrO, derivano dagli halon. Questi ultimi composti trovano origine prevalentemente da attività industriali e risultano essere chimicamente molto stabili nelle condizioni esistenti in troposfera, mentre, quando trasportati nell'alta atmosfera, possono essere decomposti dalla radiazione solare e quindi partecipare alle reazioni catalitiche per la rimozione dell'ozono.

Inoltre è dimostrato che una nube di aerosol generata da una grande eruzione vulcanica può influenzare la

quantità di ozono in quanto la chimica eterogenea viene incrementata.

Dati sulla produzione dei competitori dell'ozono stratosferico sono riportati nello "Stato di attuazione e relative attività" di monitoraggio e controllo della Legge 549 del 28 dicembre 1993" riportato in Appendice della presente Relazione.

Stato

Osservazioni dell'ozono colonnare vengono effettuate da oltre un trentennio in varie stazioni sull'intero globo che fanno parte della rete "Global Ozone Observation System" (GOOS) istituita dall'International Ozone Commission in collaborazione con l'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO). Le osservazioni da terra sono raccolte presso il World Ozone and Ultraviolet Radiation Data Centre (WOUDC) in Canada.

Si possono distinguere diverse scale temporali di variazione nella quantità di ozono atmosferico:

- scala pluriennale: ciclo solare (circa 11 anni) consistente in una fluttuazione di circa 1-2%; oscillazione quasi biennale, QBO (7) (circa 2 anni), circa 2-4%;
- variazioni di ozono, di anno in anno, legate alla variabilità naturale intrinseca (40%) e a fenomeni casuali (per es. eruzioni vulcaniche). Queste ultime possono essere dell'ordine del 10%;
- variazioni legate ai sistemi meteorologici (periodo di qualche giorno), dell'ordine del 30-50% in tutte le stagioni. Il declino globale dell'ozono totale è stato ben documentato. Alle medie latitudini (35° - 60°) dell'emisfero nord è stata osservata una graduale diminuzione dell'ozono stratosferico, a partire dal 1979, di circa il 5% ogni 10 anni. Tale tasso di diminuzione scende al 4% nel periodo 1994-1997. A livello stagionale, la diminuzione è valutabile nel 6% ogni 10 anni in inverno-primavera e nel 3% ogni 10 anni in estate-autunno. Alle medie latitudini dell'Emisfero Sud, è stata valutata una

perdita di ozono del 5% ogni 10 anni.

Nella fascia 60° - 80°N , il trend durante l'inverno-primavera è stato maggiore del 7.5% ogni dieci anni.

Nelle zone equatoriali (10°N - 10°S) e tra 10° - 35°N , la diminuzione è stata osservata solo dell'1.8% ogni dieci anni a partire dal 1979, probabilmente causata dall'eruzione del Pinatubo avvenuta nel 1991.

Si notano anche differenze longitudinali: dal 1979, nel Nord America il trend negativo è stato valutato intorno al 4,4%, in Europa al 7% e in Siberia maggiore del 7,5% ogni dieci anni.

Le osservazioni globali hanno mostrato che il contenuto massimo delle sostanze antropiche nella bassa atmosfera, nocive per l'ozono, è stato raggiunto nel 1994 ed ora sta diminuendo lentamente. La quantità massima di cloro in stratosfera è stata probabilmente già raggiunta in prossimità dell'anno 2000. Il ritardo rispetto al 1994 è dovuto al tempo impiegato da queste sostanze per raggiungere la stratosfera.

I risultati dell'attività di sorveglianza dell'ozono totale

Per quanto riguarda l'Italia, la situazione è coerente con il comportamento dell'ozono alle medie latitudini.

In figura 18 è mostrato l'ozono totale sull'emisfero nord presente il 6 gennaio 1999. In tale figura viene evidenziata una vasta cella di bassi valori di ozono (tra 200 DU e 250 DU) collocata su gran parte del territorio italiano, con punte di minimo sull'Italia settentrionale. Il valore di ozono medio giornaliero registrato nello stesso giorno a Roma è stato di 230,3 DU, mentre a Ispra si è registrato il valore di 228,2 DU. La regione circumpolare appare in gran parte bianca per assenza di dati da satellite.

Nelle figure 19 e 20 sono riportati gli andamenti dell'ozono totale nel periodo gennaio 1992 - giugno 1999, relativi alle stazioni di Roma ed Ispra (VA). Al fine di investigare su eventuali fluttuazioni, vengono considerate come

(6) La chimica eterogenea, ovvero il complesso di reazioni che avvengono sulla superficie di particelle in sospensione nell'aria (aerosol) e che conducono ad una riduzione del contenuto di ozono, ha un ruolo importante nella stratosfera.

(7) La QBO, caratterizzata dall'alternarsi dei venti stratosferici nella fascia intertropicale da ovest a est, con un ciclo di circa due anni, causa alle alte e medie latitudini anomalie positive di ozono se i venti sono di provenienza orientale o negative se i venti sono di provenienza occidentali.



serie di riferimento, per Roma, quelle relative alla stazione di Vigna di Valle, periodo 1957-1986, e per Ispra, dati satellitari TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer) periodo 1979-1991.

Le figure riportano il valore osservato di ozono e, come indicatore della

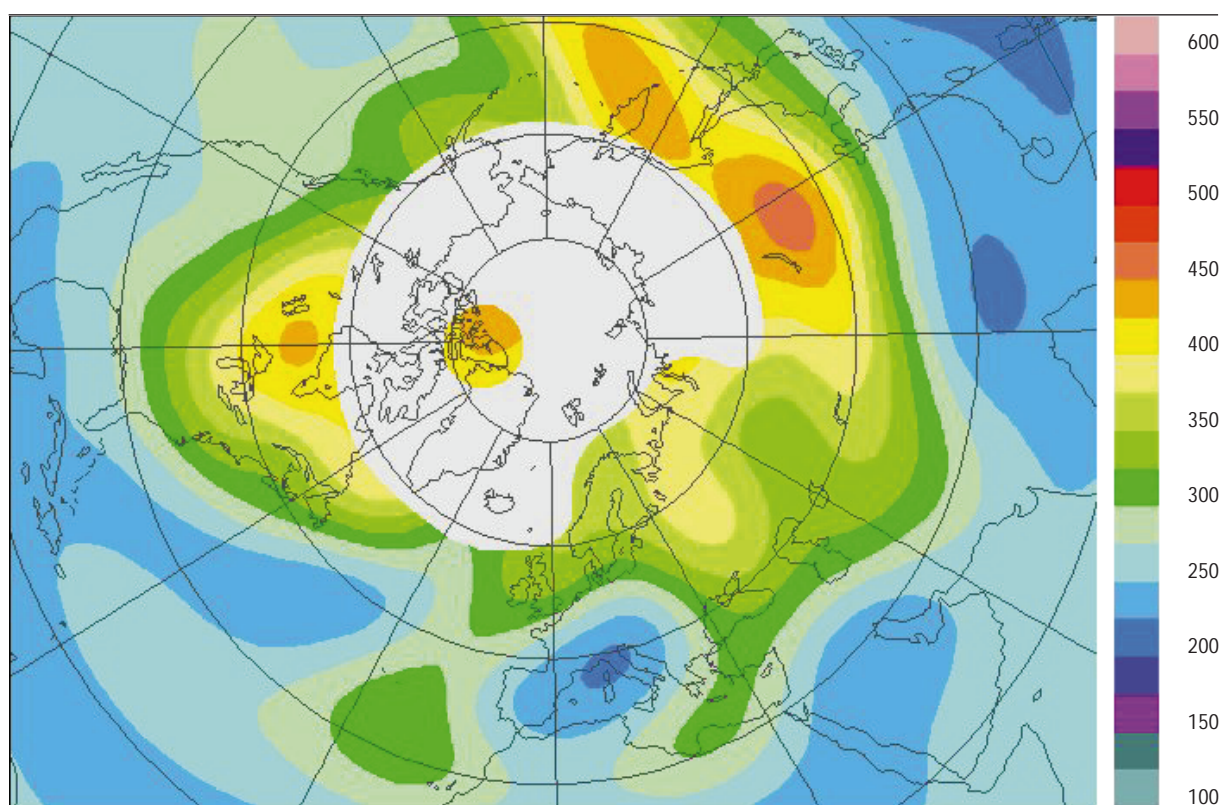
variabilità dell'ozono rispetto al valore medio, la fascia $\pm 2\text{stdv}$ (stdv = deviazione standard) per Roma e $\pm 1\text{stdv}$ per Ispra.

Nel corso dell'attività di sorveglianza sono stati rilevati alcuni comportamenti dei livelli di ozono al di sotto del

valore medio (una diminuzione compresa tra 8% e 10%) nei mesi di gennaio e febbraio 1992 e 1993. Una probabile causa di tale abbassamento è legata all'eruzione del Pinatubo per effetto dell'interazione tra aerosol e processi chimici eterogenei. Nel 1994

FIGURA 18

Ozono totale sull'emisfero Nord per il 6 gennaio 1999



FONTE: WMO LAP-AUTH-GR, 1999.



e 1996 il comportamento dell'ozono si è avvicinato a quello climatologico. Durante l'inverno 1995 l'ozono è stato al di sotto dei valori normali. Nel primo semestre del 1997 e del 1999 sono stati osservati un consistente numero di giorni con ozono al di sotto della

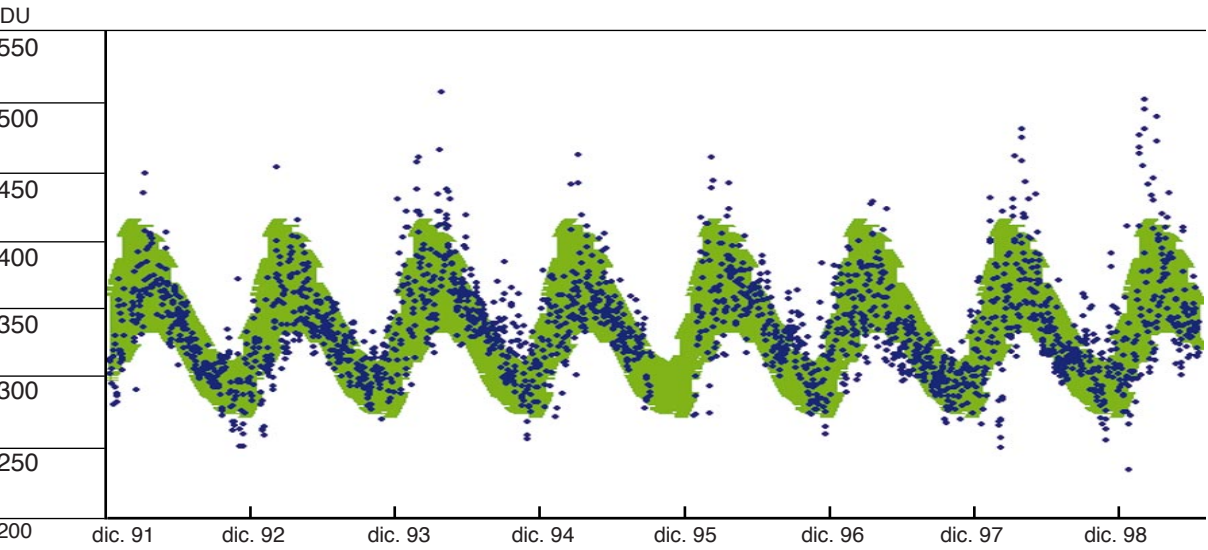
fascia di 2stdv. Il 1998, pur non presentando anomalie negative confrontabili con gli anni 1995, 1997 e 1999, è stato caratterizzato da frequenti situazioni di bassi valori di ozono.

Impatto

La regione spettrale dell'ultravioletto si estende da 200nm (8) fino a 400nm e si usa suddividere in ultravioletto C (UV-C), ultravioletto B (UV-B) ed ultravioletto A (UV-A).

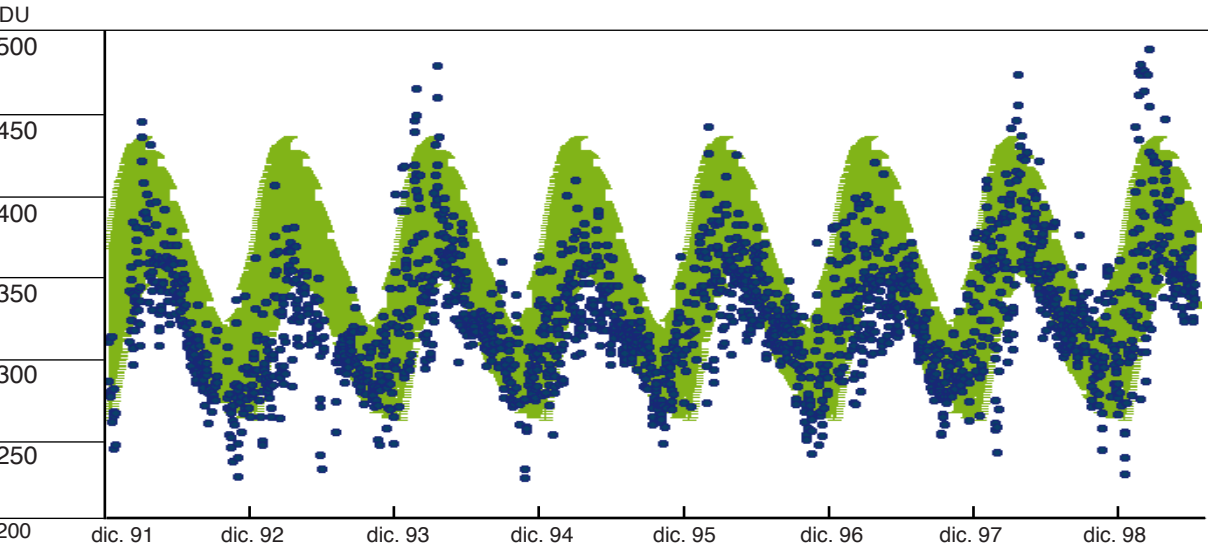
(8) nm = nanometro, unità di misura pari a 10^{-9} m = un miliardesimo di metro.

FIGURA 19 Ozono medio giornaliero a Roma (cerchi blu) e valori di riferimento climatologico (striscia verde di ampiezza 2 stdv) (DU), 1 gennaio 1992 - 30 giugno 1999



FONTE: Università di Roma "La Sapienza", 1999.

FIGURA 20 Ozono medio giornaliero a Ispra (cerchi blu) e valori di riferimento climatologico (striscia verde di ampiezza 1 stdv) (DU), 1 gennaio 1992 - 30 giugno 1999



FONTE: Joint Research Centre, Ispra (VA), 1999.



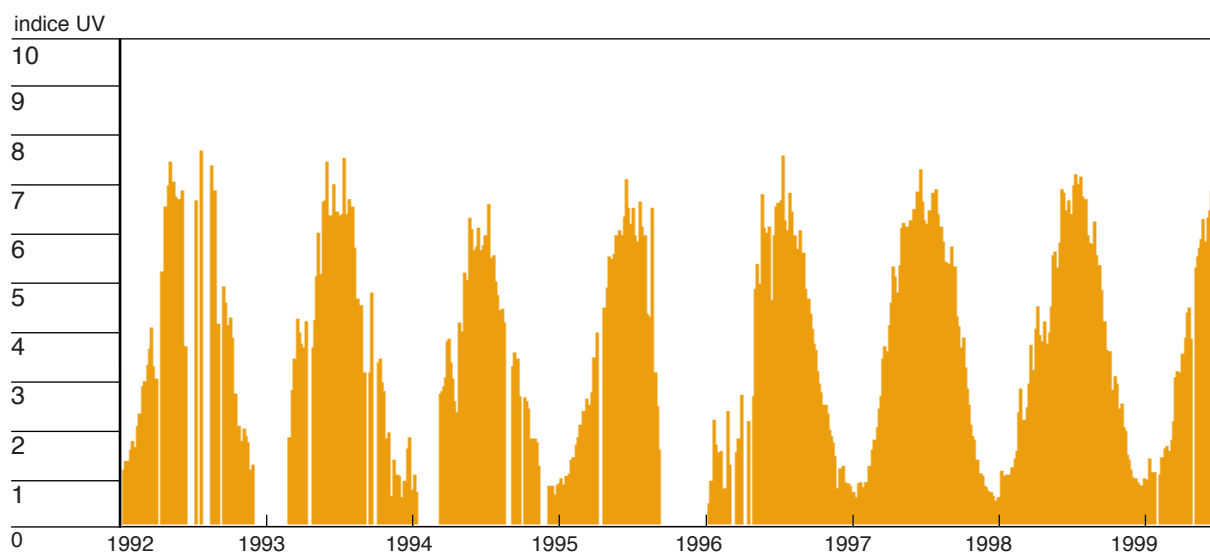
La radiazione ultravioletta rappresenta circa il 9% della radiazione solare all'apice dell'atmosfera, ma nel suo passaggio viene fortemente attenuata, con il risultato netto che meno dell'1% della radiazione solare al suolo è nell'UV-B e circa il 6-7% è nell'UV-A.

L'intensità della radiazione ultravioletta che raggiunge la superficie terrestre dipende dall'energia solare in arrivo e dalle proprietà di trasmissione dell'atmosfera. Infatti la variabilità della radiazione ultravioletta è determinata dagli effetti combinati di fattori geo-

metrici regolari (distanza Terra - Sole, latitudine, elevazione solare, quota), di fattori astrofisici (attività solare) e di fattori atmosferici (ozono, aerosol, nubi, altri gas minori). L'ozono è il fattore più importante che modula la quantità di radiazione ultravioletta in

FIGURA 21

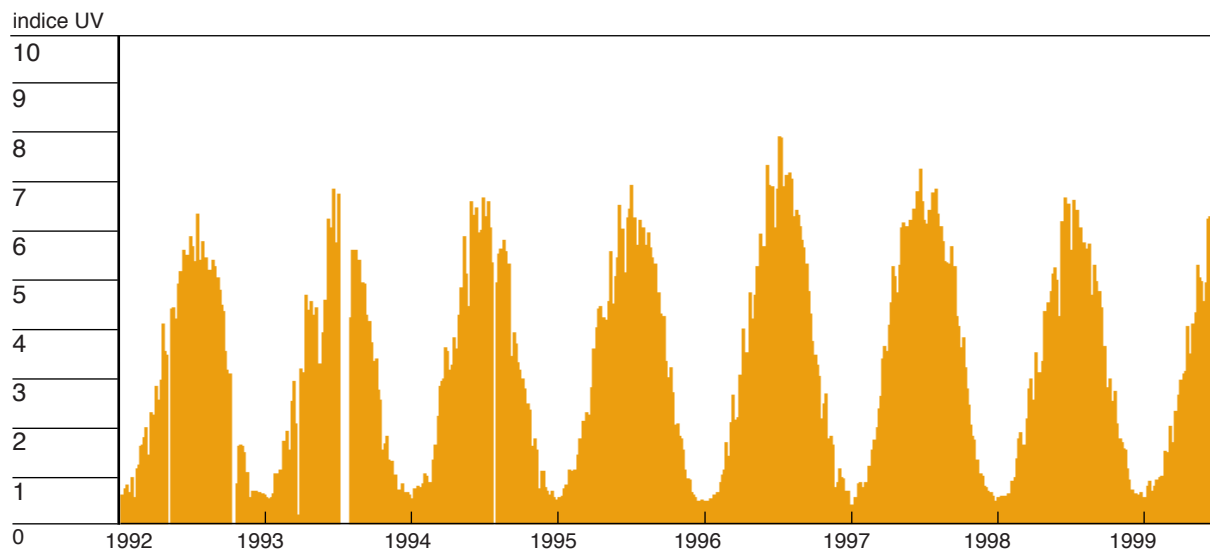
Indice ultravioletto (UVI) per Roma, 1 gennaio 1992 - 30 giugno 1999



FONTE: Università di Roma "La Sapienza", 1999.

FIGURA 22

Indice ultravioletto (UVI) per Ispra, 1 gennaio 1992 - 30 giugno 1999



FONTE: Joint Research Centre, Ispra (VA), 1999.



superficie. Studi teorici ed osservazioni indicano che una diminuzione del contenuto colonnare di ozono dell'1% può provocare un aumento intorno all'1,2% della radiazione ultravioletta al livello del suolo.

La correlazione tra ozono colonnare e radiazione UV-B è stata confermata e definita da numerose misure a terra. Aumenti di radiazione UV-B sono stati rilevati nel periodo 1989-1997 alle medie latitudini: 1,5% all'anno per la lunghezza d'onda di 300nm e 0,8% all'anno per quella di 305nm.

Vale la pena di tener presente che, oltre alla lenta tendenza dell'ozono alla diminuzione, si verificano apprezzabili variazioni dell'ozono totale a scala temporale di qualche giorno che hanno anche influenza sull'irradianza UV-B in superficie. Le proiezioni climatiche con modelli globali, nell'ipotesi di un previsto aumento di gas serra, indicano che, in alcune regioni del globo, tra cui il Mediterraneo, tenderà ad aumentare la frequenza di situazioni meteorologiche associate ad ozono colonnare più basso e quindi ad irradianza UV-B maggiore.

Le diminuzioni di ozono stratosferico, e

i conseguenti aumenti di radiazione ultravioletta, provocano a loro volta:

- in troposfera, aumento dell'attività fotochimica e quindi incremento della concentrazione di alcuni gas serra (ossidril OH, ozono troposferico, metano);

- in stratosfera, diminuzione della temperatura;

- in superficie, effetti, per la maggior parte nocivi, sugli esseri viventi, sia animali sia vegetali (la radiazione UV-B può interferire con il DNA ed altre molecole di importanza biologica).

Una valutazione del potenziale rischio all'esposizione alla radiazione UV-B è fornita dall'indice ultravioletto (UVI) (9) che quantifica l'intensità della radiazione UV-B che raggiunge la superficie. Generalmente gli indici possono variare nell'intervallo da 0 (assenza di radiazione) a 10 (valore estivo ai tropici). Nelle figure 21 e 22 sono riportati i valori dell'indice ultravioletto (gennaio 1992-giugno 1999) relativamente a Roma ed Ispra.

Risposte

Il rischio ozono, prontamente segnalato e sottolineato dalla comunità scientifica internazionale ai "decisori" ed all'opinione pubblica dei vari Paesi, nonché alle istituzioni internazionali competenti, ha condotto alla predisposizione di accordi internazionali per l'adozione di strategie comuni atte a ridurre ed eliminare il rilascio in atmosfera di sostanze dannose per lo strato di ozono.

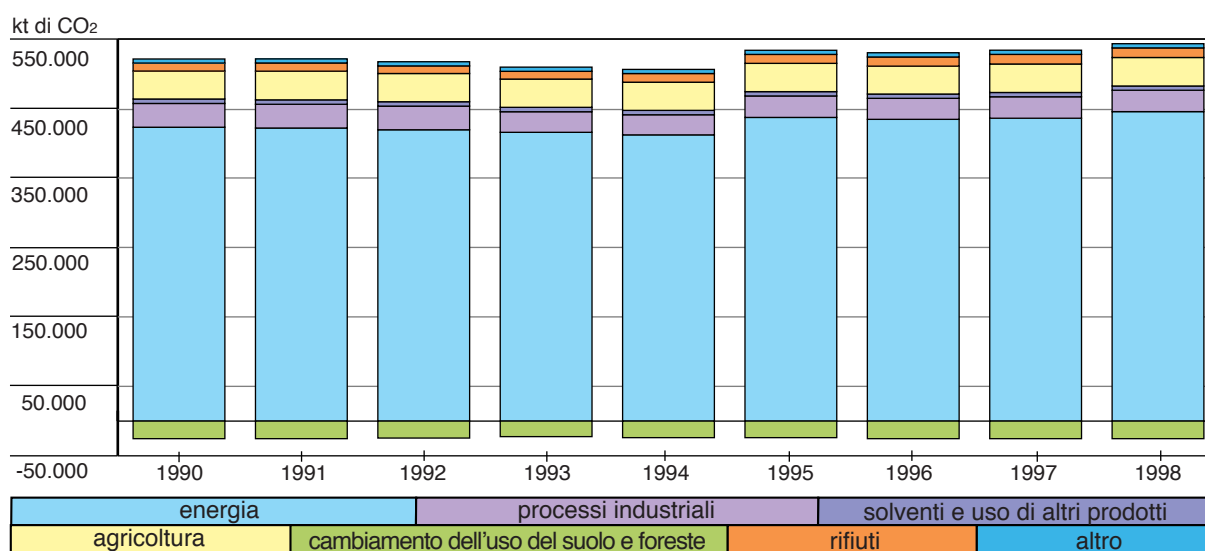
L'accordo principale è la Convenzione di Vienna per la protezione dello strato di ozono (1985), che ha per obiettivo la protezione della salute umana e dell'ambiente dagli effetti avversi che derivano o possono derivare dalle attività umane che modificano o possono modificare lo strato di ozono. L'Italia ha subito aderito a questa Convenzione.

Il Protocollo di Montreal alla Convenzione di Vienna contiene le misure per ridurre le quantità di sostanze nocive per l'ozono. Il Protocollo è stato firmato inizialmente da una trentina di Paesi, tra cui l'Italia, che da soli rappresentavano più del 75% della produzione mondiale di CFC. Al 28 novembre 2000 aderiscono al Protocollo 175

(9) L'indice ultravioletto è definito come il valore della radiazione ultravioletta dannosa alla pelle misurata alle ore 12.00 locali solari, normalizzata con un fattore di riferimento.

FIGURA 23

Emissioni totali di gas serra in Italia (kt di CO₂ equivalente), 1990 - 1998



FONTE: ANPA, 2000.



Paesi. Gli argomenti relativi alla Convenzione di Vienna, al Protocollo di Montreal, alla legislazione italiana sull'ozono stratosferico e al suo stato di attuazione sono trattati nello "Stato di attuazione e relative attività" di monitoraggio e controllo della Legge 549 del 28 dicembre 1993" riportato in Appendice della presente Relazione.

Si stima che senza queste decisioni restrittive si sarebbe raggiunto nel 2050 un carico di cloro equivalente pari a 17ppb. Di contro si ipotizza la ricostituzione dello strato di ozono, se non intervengono altre cause, entro i prossimi 50 anni.

Considerando che l'evoluzione dell'ozono stratosferico si esplica nel corso di decenni e che le misure di ozono e di radiazione ultravioletta sono estremamente complesse, sarebbe auspicabile, a livello nazionale, promuovere tutti i passi necessari a garantire la continuità nel lungo periodo degli attuali punti di osservazione. Solo con questa strategia si può riuscire a valu-

tare in mondo affidabile le deboli tendenze evolutive dell'ozono totale e verificare, nel corso del tempo, l'efficacia dei risultati degli accordi internazionali. L'obiettivo dovrebbe essere perseguito consolidando il più possibile, da un punto di vista istituzionale, le strutture che realizzano le misure, dotandole delle risorse necessarie all'aggiornamento delle apparecchiature ed alle calibrazioni. Considerazioni sulle scale di spazio coinvolte nei processi di impoverimento dell'ozono stratosferico sconsigliano decisamente l'incremento delle stazioni di misura sul territorio nazionale, mentre è necessario che l'attività di sorveglianza dell'ozono e della radiazione ultravioletta venga condotta con continuità e sistematicità da appropriate istituzioni scientifiche che siano in grado di proseguire la sperimentazione di interesse ambientale.

I cambiamenti climatici

Le conoscenze scientifiche sui cambiamenti climatici

Per clima (a livello globale) deve intendersi lo stato di equilibrio energetico tra il flusso totale di energia entrante sul nostro pianeta, che è quasi totalmente l'energia solare, ed il flusso totale di energia uscente dal nostro pianeta, che è in parte radiazione solare riflessa dall'atmosfera, dal suolo e dalle nubi, ed in parte energia emessa o irraggiata dalla Terra nel suo insieme.

Questo equilibrio viene minacciato, tra l'altro, anche dall'introduzione nel sistema di sostanze aggiuntive quali i gas-serra, che nel loro complesso aumentano la capacità termica del nostro pianeta, la capacità, cioè, di trattenere, sulla superficie terrestre, calore ed energia aggiuntiva. Pertanto, tutto il sistema tende a raggiungere nuovi equilibri e quindi il clima tende a cambiare.

TABELLA 10

Emissioni di gas-serra	1990	1991	1992	1993
Emissioni di CO ₂ nette	405.515,06	403.640,73	402.706,18	397.319,76
Emissioni di CO ₂ totali	431.129,33	429.494,27	427.790,06	420.690,22
CH ₄	39.889,13	40.130,88	38.433,35	38.331,50
N ₂ O	45.261,07	46.612,82	45.823,05	45.234,27
HFC	351,00	355,10	357,90	353,80
PFC	237,50	231,35	205,84	203,57
SF ₆	198,14	229,91	249,26	271,57
Totale (con emissioni nette di CO ₂)	491.451,90	491.200,78	487.775,58	481.714,46
Totale (con emissioni totali di CO ₂)	517.066,17	517.054,33	512.859,46	505.084,93

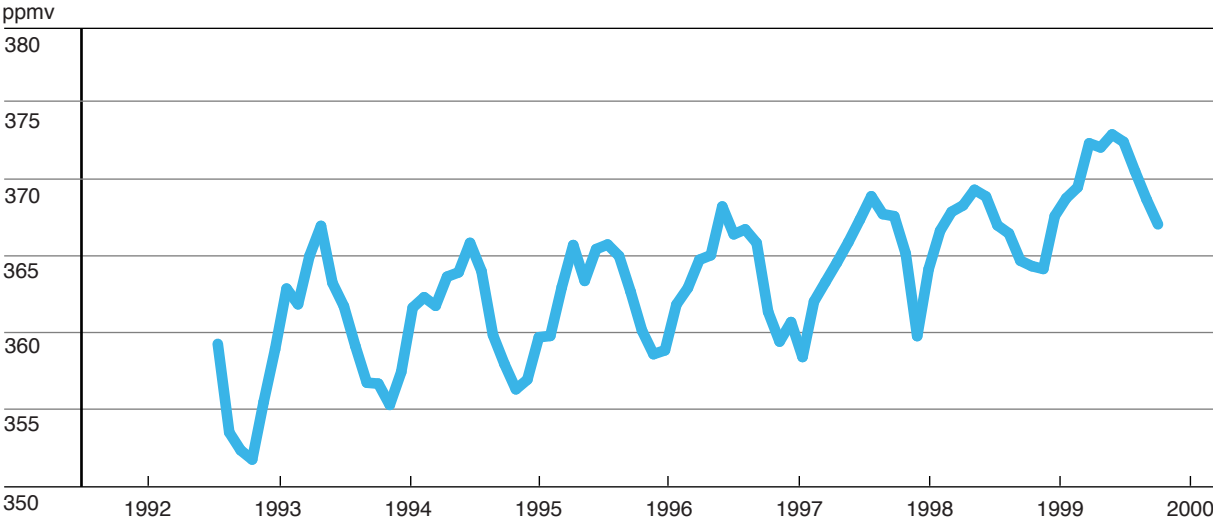
Categorie di emissione e di assorbimento dei gas-serra

Energia	421.593	420.479	417.843	414.064
Processi industriali	35.705	35.642	35.521	31.124
Solventi e uso di altri prodotti	1.998	1.974	1.894	1.918
Agricoltura	43.156	44.190	43.569	43.611
Cambiamenti dell'uso del suolo e foreste	-25.435	-25.818	-25.028	-23.249
Rifiuti	12.999	13.315	12.435	12.613
Altro	1.436	1.418	1.541	1.634

FONTE: ANPA, 2000.



FIGURA 24 Evoluzione della concentrazione (media su 4 settimane) di CO₂ a Lampedusa (ppmv - parti per milione in volume), maggio 1992-ottobre 1999



FONTE: ENEA, 2000.

Emissioni totali di gas-serra in Italia (migliaia di tonnellate di CO₂ equivalente), 1990-1998

1994	1995	1996	1997	1998
393.099,42	418.438,68	413.522,95	415.986,82	435.826,74
416.593,42	441.664,18	437.809,74	439.620,16	459.460,56
39.545,48	40.187,59	40.369,36	40.995,91	41.377,74
44.420,05	45.692,96	45.759,80	46.674,31	38.533,83
806,25	1.246,65	1.215,47	1.617,30	1.617,30
212,48	213,46	123,62	125,27	125,27
292,71	364,66	367,80	397,56	397,56
478.376,38	506.143,99	501.359,00	505.797,16	517.878,44
501.870,39	529.369,49	525.645,79	529.430,50	541.512,26
410.543	435.631	432.718	434.369	446.432,94
30.411	32.385	31.707	32.371	32.236,88
1.897	1.792	1.782	1.761	1.723,18
43.474	43.648	43.075	43.947	43.953,76
-23.433	-23.188	-24.267	-23.566	-23.566,70
13.972	14.356	14.675	15.304	15.304,37
1.511	1.520	1.669	1.612	1.794,00



L'andamento delle emissioni nazionali di gas-serra

Il contributo dell'Italia rispetto alle emissioni globali di gas-serra si aggira intorno al 2%. Secondo i dati dell'Agenzia Internazionale dell'Energia, le emissioni di CO₂ originate dai processi di combustione nel nostro Paese, rappresentavano l'1,92% del totale delle emissioni mondiali nel 1990 e l'1,87% nel 1998.

L'obbligo di elaborare gli inventari delle emissioni di gas-serra, già previsto dalla Convenzione-Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti

Climatici, assumerà un ruolo di gran lunga più importante sotto il Protocollo di Kyoto, dal momento che gli inventari costituiranno lo strumento per valutare se le Parti stanno osservando i propri impegni di riduzione.

In questa prospettiva, l'ANPA ha predisposto – e trasmesso al Segretariato della Convenzione sui Cambiamenti Climatici e alla Commissione Europea – la prima serie storica di dati di emissione per tutti i gas-serra considerati dal Protocollo di Kyoto (CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC, SF₆) per gli anni 1990-1998. Le emissioni totali di gas-serra in

Italia, espresse in termini di CO₂ equivalente, sono riportate nella tabella 10 e nella figura 23.

Questi dati mettono in evidenza che:

- le emissioni di tutti i gas-serra considerati dal Protocollo di Kyoto nel 1998 risultano superiori del 4,7% a quelle del 1990 (a fronte di un impegno nazionale di riduzione delle emissioni nell'ambito del Protocollo pari al 6,5% nel periodo 2008-2012 rispetto ai livelli del 1990);
- in particolare le emissioni di CO₂ nelle emissioni totali nel 1998 risultano superiori del 6,6% a quelle del

FIGURA 25

Evoluzione della concentrazione (media su 4 settimane) di CH₄ a Lampedusa, (ppbv - parti per miliardo in volume), maggio 1992 – ottobre 1999

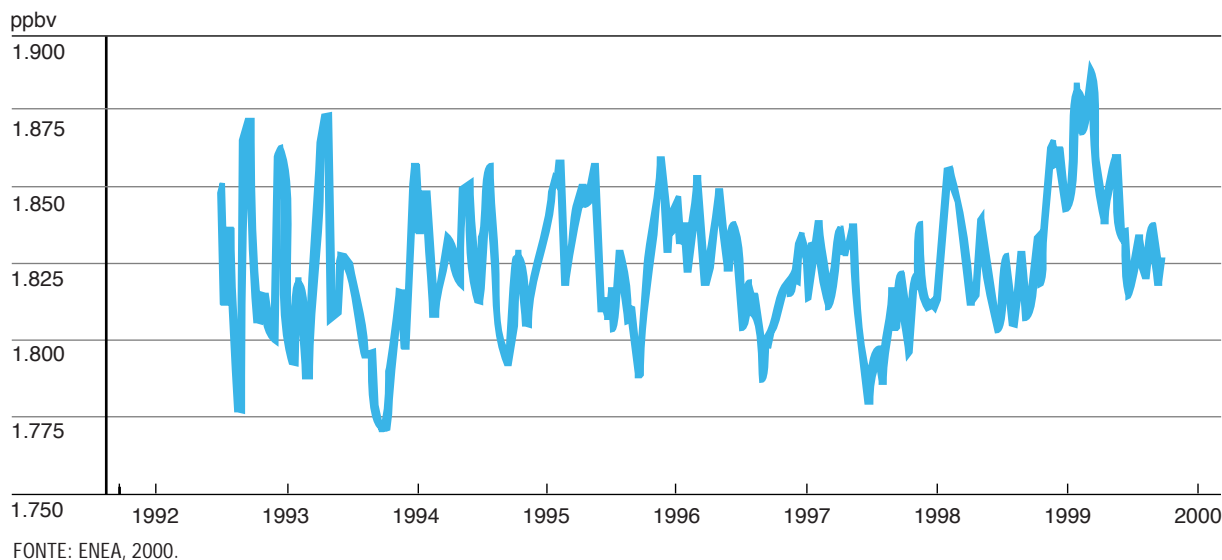
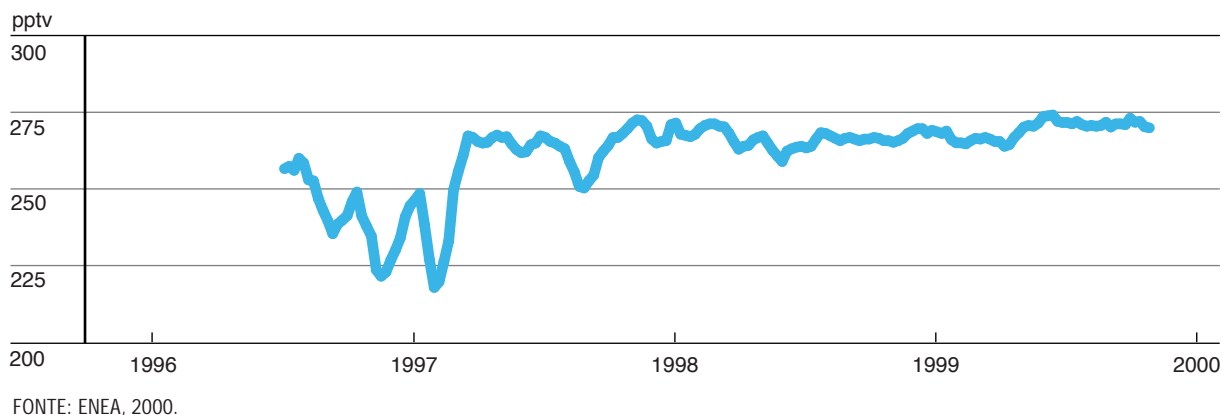


FIGURA 26

Evoluzione della concentrazione (media su 4 settimane) di CFC-11 a Lampedusa (pptv - parti per migliaia di miliardi in volume), maggio 1996 – ottobre 1999





1990 (esiste un impegno europeo di stabilizzazione delle emissioni di CO₂ dell'intera Unione Europea nel 2000 rispetto ai livelli del 1990).

Le concentrazioni in Italia di gas-serra

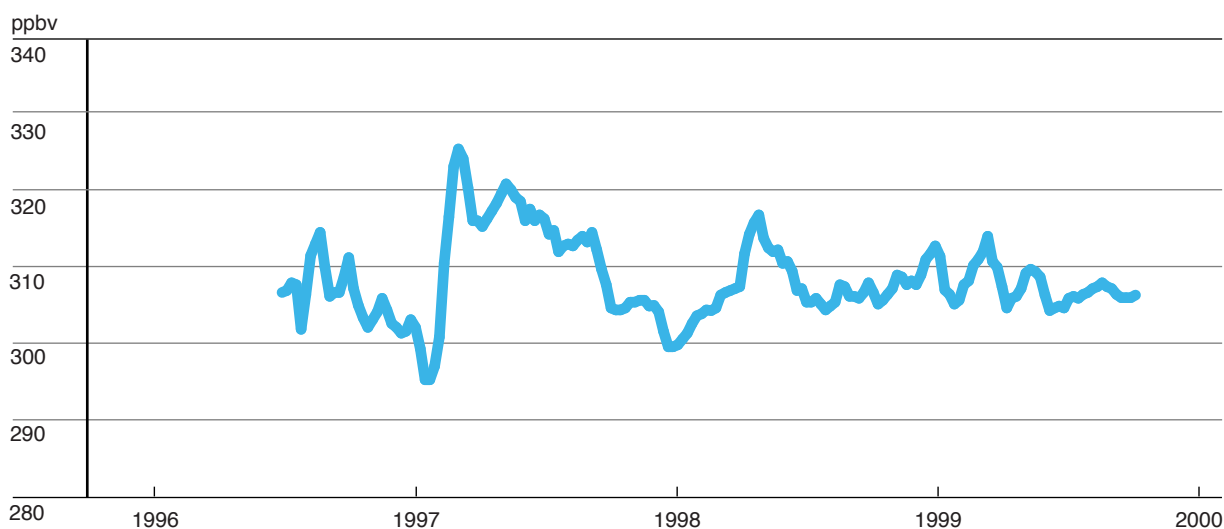
L'ENEA gestisce una stazione per il monitoraggio delle concentrazioni di fondo dei principali gas-serra in area remota mediterranea nell'isola di Lampedusa. Attualmente, le misure di anidride carbonica atmosferica sono effettuate sia in continuo che a cadenza settimanale, mentre le misure di meta-

no, protossido di azoto e clorofluorocarburi (CFC11 e CFC12) sono per ora effettuate soltanto a cadenza settimanale. È in fase di realizzazione anche la parte che riguarda le osservazioni meteorologiche secondo gli standard del WMO (World Meteorological Organization). Le figure 24-28 mostrano l'evoluzione delle concentrazioni (medie su 4 settimane) di CO₂ e CH₄ relative al periodo maggio 1992 – ottobre 1999, di CFC-11 e N₂O relative al periodo maggio 1996 – ottobre 1999 e di CFC-12 per il periodo febbraio 1997 – ottobre 1999. L'isola di Lampedusa è

stata prescelta come "sito remoto" di riferimento di fondo per l'intero bacino del Mediterraneo, poiché, essendo ubicata al centro del Mediterraneo e non influenzata generalmente da perturbazioni di anidride carbonica provenienti da fonti antropiche (zone urbane, industriali, traffico o altro), o da sensibili fonti naturali (ciclo di fotosintesi e di respirazione di boschi, foreste o comunque di estesa vegetazione), soddisfa tutti i requisiti di rappresentatività della anidride carbonica "di fondo" dei bassi strati dell'atmosfera, richiesti dal WMO.

FIGURA 27

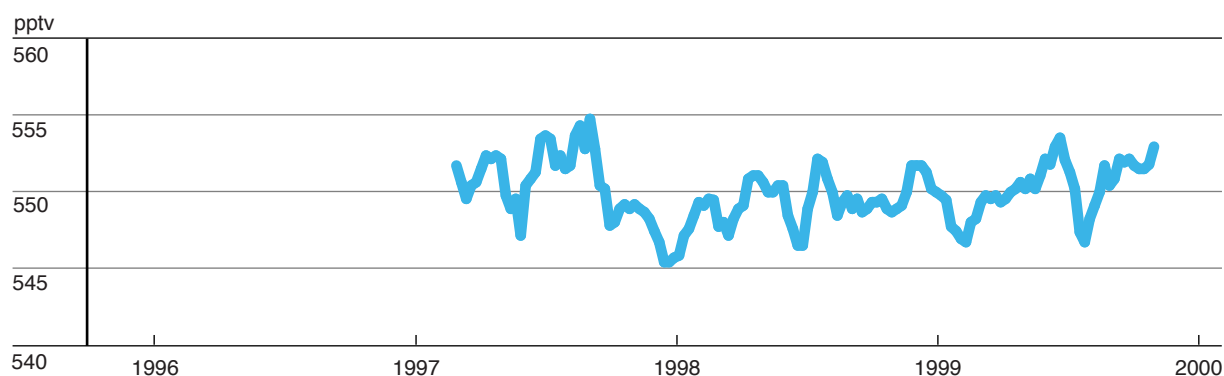
Evoluzione della concentrazione (media su 4 settimane) di N₂O a Lampedusa (ppbv - parti per miliardo in volume), maggio 1996 – ottobre 1999



Fonte: ENEA, 2000.

FIGURA 28

Evoluzione della concentrazione (media su 4 settimane) di CFC-12 a Lampedusa (pptv - parti per migliaia di miliardi in volume), febbraio 1997 – ottobre 1999



Fonte: ENEA, 2000.



L'andamento dei principali parametri climatici sul territorio italiano

L'Italia possiede alcune delle più lunghe serie meteorologiche del mondo, che possono essere impiegate per quantificare la consistenza dei fenomeni climatici in atto. La ricostruzione di queste

serie attualmente in corso nell'ambito del progetto "Ricostruzione del clima passato nell'area mediterranea" del Consiglio Nazionale delle Ricerche ha reso disponibili 32 serie ultrasecolari, alcune delle quali partono già prima del 1850. Complessivamente, le temperature medie mostrano una tendenza

all'aumento, più pronunciata al Sud che al Nord, massima in inverno ($0,7^{\circ}\text{C}/100$ anni per il Nord e $0,9^{\circ}\text{C}/100$ anni per il Sud) e minima in estate ($0,2^{\circ}\text{C}/100$ anni per il Nord e $0,5^{\circ}\text{C}/100$ anni per il Sud). Generalmente, la temperatura aumenta rapidamente dal 1920 al 1950, è più o meno costante dal 1950

SCHEDA 8

I cambiamenti climatici osservati dalla fine del 1800

Allo stato attuale delle conoscenze scientifiche e sulla base dei più recenti risultati acquisiti da IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) si sa quanto segue:

1) Cambiamenti della temperatura del pianeta. La temperatura media globale del nostro pianeta è aumentata di un valore compreso fra $0,4$ e $0,8^{\circ}\text{C}$ a partire dalla fine del 1800. I più rilevanti aumenti di temperatura sono avvenuti principalmente in due periodi:

a) nel periodo compreso fra il 1910 ed il 1945;

b) nel periodo attuale che va dal 1976 ai giorni nostri.

Nel secondo periodo il maggior riscaldamento ha riguardato complessivamente tutto l'emisfero Nord, ma in particolare le medie ed alte latitudini delle zone continentali. Il riscaldamento dell'emisfero Sud si è manifestato, invece, in modo molto meno marcato. Il tasso di riscaldamento in quest'ultimo periodo è stato, complessivamente, particolarmente elevato e pari a circa $0,2^{\circ}\text{C}$ per decennio. Se si analizzano in dettaglio gli andamenti delle temperature minime e massime (giornaliere, mensili ed annuali) si nota che il riscaldamento globale del nostro pianeta è dovuto essenzialmente all'aumento delle temperature minime il cui tasso di crescita è stato doppio di quello delle temperature massime.

2) Scioglimento dei ghiacci. I dati esistenti mostrano che i ghiacci antartici sono rimasti piuttosto stabili e che ultimamente avrebbero anzi una tendenza all'espansione. Per quanto riguarda i ghiacci artici, invece, è stata notata una certa riduzione in questi ultimi decenni, una riduzione che ha interessato anche il ghiaccio marino delle alte latitudini. Infine, per quanto riguarda i ghiacciai delle medie latitudini, la tendenza è una riduzione delle dimensioni e delle estensioni. Questa tendenza è particolarmente evidente nei ghiacciai alpini e in quelli delle catene montuose delle medie latitudini dell'emisfero Nord.

3) Precipitazioni e siccità. Le precipitazioni, intese come precipitazioni totali annue, sono in aumento soprattutto nell'emisfero Nord e particolarmente nelle regioni delle medie ed alte latitudini. Nell'emisfero Sud, invece, non si notano variazioni significative, né tendenze in atto. Infine, nelle regioni subtropicali, vi è una chiara tendenza alla diminuzione, tendenza che coinvolge anche le regioni limitrofe delle medie latitudini.

4) Circolazione atmosferica ed oceanica. Esistono due fenomeni periodici e ricorrenti della circolazione atmosferica ed oceanica che negli ultimi decenni hanno subito delle modifiche: il fenomeno di ENSO (El Niño Southern Oscillation), detto più brevemente "El Niño", ed il fenomeno della NAO (North Atlantic Oscillation). Per quanto riguarda "El Niño", va rilevato che il suo comportamento è particolarmente insolito a partire dal 1970 e si è osservato che sia la frequenza che la intensità di tale fenomeno sono in aumento. Per quanto riguarda la NAO, essa è accoppiata con la circolazione delle correnti oceaniche del nord Atlantico e con la circolazione generale dell'atmosfera della zona artica. Tale accoppiamento in questi ultimi anni ha dato luogo con maggior evidenza ad un rafforzamento sia della formazione dei cicloni extratropicali, sia delle correnti aeree, delle burrasche e dei venti associati alle perturbazioni meteorologiche di origine atlantica.

5) Eventi meteorologici estremi. In questo contesto è necessario distinguere tra precipitazioni estreme (piogge alluvionali), temperature estreme (sia calde che fredde) e tempeste (quali cicloni, tornado, ecc.). Per quanto riguarda le precipitazioni estreme, le valutazioni IPCC mostrano che nelle regioni del pianeta dove le precipitazioni totali annue sono in aumento, risultano in aumento anche la frequenza delle piogge a carattere alluvionale. In particolare, in queste zone le piogge tendono in generale ad avere una intensità maggiore ed una durata minore.

Per quanto riguarda le temperature estreme i dati attuali mostrano che non sembra esserci un aumento della frequenza delle temperature massime (estremi di caldo) ma appare, invece, evidente una diminuzione della frequenza delle temperature minime (estremi di freddo). Infine, un discorso a parte va fatto per le tempeste.

A livello globale non appare evidente che in questi ultimi decenni vi siano stati aumenti nella frequenza dei cicloni tropicali (e delle tempeste ad essi associati: gli uragani, i tifoni, i tornado, ecc.), né nella frequenza di quelli extratropicali, anche se i danni derivanti da tali tempeste appaiono in aumento. Pertanto, pur non essendo variata la frequenza, è aumentata l'intensità o la violenza di tali tempeste.



al 1985, con un piccolo calo nel periodo 1970-1980. Negli ultimi 5-10 anni, la temperatura ha ripreso ad aumentare in tutte le stazioni.

Per quanto riguarda le temperature massime e minime, la tendenza all'aumento è significativa e più evidente al Centro-Sud che al Nord; l'andamento

crescente si riferisce, in particolare, agli ultimi 20 anni per il Nord e agli ultimi 50 anni per il Sud.

L'escursione diurna di temperatura tende ad aumentare, a differenza di quanto osservato a livello globale, in maniera più pronunciata al Nord che al Sud; ciò potrebbe essere legato ad un

aumento della frequenza degli anticloni sub-tropicali nell'area del Mediterraneo Centro-occidentale negli ultimi 130 anni.

L'analisi dei dati di precipitazione mette in evidenza un trend decrescente in tutta Italia. Esso si manifesta sia al Nord che al Sud e riguarda tutte le stagioni

SCHEDA 9

L'impatto dei cambiamenti climatici in europa e nell'area mediterranea

Per valutare come cambierà il clima nel futuro a causa delle attività umane è necessario formulare alcune ipotesi.

Le valutazioni di impatto qui riportate non sono riferite ad uno degli specifici scenari climatici, ma sono valutazioni medie su tutti gli scenari. Questa scelta è stata dettata dal fatto che le indeterminazioni e le incertezze sono tali da rendere poco significativa l'attribuzione di specifiche o dettagliate conseguenze a seconda degli scenari. Inoltre, va osservato che, qualunque siano le ipotesi di sviluppo socioeconomico considerate, si prevede comunque che la concentrazione di gas-serra in atmosfera crescerà nel prossimo secolo. Anche nel caso del tutto teorico di cessazione della crescita della popolazione mondiale e di cessazione dello sviluppo socioeconomico dei Paesi industrializzati, i gas-serra in atmosfera comunque aumenteranno a seguito del miglioramento della qualità della vita dei Paesi in via di sviluppo (condizioni che riguardano attualmente ben l'ottanta per cento della popolazione mondiale).

1) Risorse idriche. L'attuale, ed ancor più la futura, pressione antropica sulle risorse idriche ed in particolare sul loro uso e sulla loro gestione, tenderà a diventare più acuta con i cambiamenti climatici. I rischi da alluvioni e da inondazioni tenderanno ad aumentare ed aumenteranno anche i rischi di disponibilità di adeguate risorse idriche, in particolare sul Sud Europa e nell'area mediterranea. I cambiamenti climatici tenderanno ad aumentare le differenze tra Nord e Sud Europa (eccesso di acqua nel Nord Europa, mancanza d'acqua nel Sud Europa).

2) La qualità dei suoli tenderà a deteriorarsi in tutta l'Europa. In particolare nel Nord Europa il deterioramento potrà essere provocato principalmente dal maggior dilavamento dei suoli ad opera della crescita delle precipitazioni e dei maggiori rischi di alluvione, mentre nel Sud Europa, al contrario, il deterioramento potrà essere provocato dalla degradazione dei suoli da erosione e perdita di nutrienti a causa della diminuzione delle precipitazioni e dai maggiori rischi di siccità.

3) L'aumento della temperatura media e la crescita delle concentrazioni di anidride carbonica in atmosfera possono cambiare gli equilibri degli ecosistemi naturali con modifiche anche nel paesaggio. La vegetazione e gli ecosistemi naturali

più tipici dell'area mediterranea tenderanno a spostarsi verso il Centro Europa, così come le foreste di conifere e quelle tipiche boreali delle medie latitudini potrebbero prendere il posto della tundra presente attualmente alle più alte latitudini dell'Europa. Nell'area mediterranea, invece, tenderanno sia ad aumentare gli incendi boschivi sia a crescere i rischi di perdita degli ecosistemi e della biodiversità attuale. Le conseguenze si ripercuoteranno anche sulla fauna, soprattutto su quella migratoria. Si valuta che complessivamente la produttività primaria tenderà a crescere, ma, salvo una fase transiente, non cresceranno le riserve complessive di carbonio.

4) L'aumento di anidride carbonica in atmosfera causerà un aumento della produttività agricola soprattutto del Nord e del Centro Europa. Nel Sud Europa, invece, la riduzione della disponibilità d'acqua e l'aumento della temperatura tenderanno, invece, ad un effetto opposto. Complessivamente, l'Europa non subirebbe modifiche significative nella produttività agricola totale, ma solo nella sua distribuzione.

5) Il probabile aumento della frequenza e della intensità degli eventi meteorologici estremi porterà ad un aumento dei danni economici e sociali sulle strutture ed infrastrutture residenziali e produttive, la cui entità dipende sia dalla vulnerabilità delle singole strutture ed infrastrutture, sia dalla vulnerabilità ambientale e territoriale complessivamente esistente.

6) L'aumento della temperatura tenderà a modificare anche l'uso del tempo libero della popolazione ed in particolare tenderà a stimolare maggiori attività turistiche e ricreative all'aria aperta nel Nord Europa ed a ridurle, invece, nel Sud Europa.

7) Zone costiere. L'aumento del livello del mare comporterà maggiori rischi per le zone costiere europee del Mediterraneo. In particolare, si valuta che i maggiori problemi siano nella perdita di zone umide alla foce dei fiumi, nella invasione di acqua salata nelle falde costiere con conseguenze sull'agricoltura e sulla disponibilità di acqua dolce, ed infine, nella maggiore e più rapida erosione delle spiagge basse e delle spiagge ottenute con opere di difesa idraulica delle coste o di zone bonificate.



con la sola eccezione dell'inverno nell'Italia settentrionale. La significatività statistica presenta tuttavia andamenti differenziati in funzione delle stagioni, delle zone e dei periodi considerati, risultando generalmente più significativi i trend relativi al Centro-Sud.

L'intensità delle precipitazioni in 5 stazioni del Nord (Genova, Milano, Mantova, Bologna e Ferrara) mostra un andamento crescente negli ultimi '60-'80 anni, particolarmente evidente nei periodi 1930-1945 e 1975-1995.

Questo trend potrebbe essere associato ad un aumento del rischio di alluvioni in questa regione, in particolare nella stagione autunnale quando tale rischio è massimo. In generale, l'analisi delle serie storiche di lungo periodo mette in evidenza che il clima italiano sta diventando più caldo e più secco, in particolare nel Sud a partire dal 1930 (con l'unica eccezione degli inverni al Nord, la cui piovosità è cresciuta fino al 1980).

La Convenzione-Quadro e il Protocollo di Kyoto

La "Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici", approvata a New York il 9 maggio 1992, costituisce il primo trattato internazionale vincolante riferito specificatamente ai cambiamenti climatici (Ministero dell'ambiente - Relazione sullo stato dell'ambiente 1997).

Lo strumento attuativo della Convenzione è il Protocollo di Kyoto, che stabilisce per i paesi industrializzati e per i Paesi con economie in transizione obiettivi di riduzione di sei gas-serra.

Il Protocollo di Kyoto impegna i Paesi industrializzati e quelli ad economia in transizione (i Paesi dell'est europeo) a ridurre complessivamente del 5% nel periodo 2008 - 2012 le principali emissioni antropogeniche di gas capaci di alterare l'effetto serra naturale del nostro pianeta. I sei gas-serra sono:

- l'anidride carbonica (CO₂);
- il metano (CH₄);
- il protossido di azoto (N₂O);
- gli idrofluorocarburi (HFC);
- i perfluorocarburi (PFC);
- l'esaffluoruro di zolfo (SF₆).

L'anno di riferimento per la riduzione delle emissioni dei primi tre gas è il 1990, mentre per i rimanenti tre è pos-

sibile scegliere tra il 1990 ed il 1995.

La riduzione complessiva del 5% viene ripartita in maniera diversa: per i Paesi dell'Unione Europea nel loro insieme la riduzione deve essere dell'8%, per gli Stati Uniti la riduzione deve essere del 7% e per il Giappone del 6%. Nessuna riduzione, ma solo stabilizzazione è prevista per la Federazione Russa, la Nuova Zelanda e l'Ucraina. Possono, invece, aumentare le loro emissioni fino all'1% la Norvegia, fino all'8% l'Australia e fino al 10% l'Islanda.

Nessun tipo di limitazione alle emissioni di gas-serra viene previsto per i Paesi in via di sviluppo.

Nell'adempiere agli impegni di riduzione delle emissioni, ogni Paese elaborerà politiche e misure, come ad esempio:

- il miglioramento dell'efficienza energetica in settori rilevanti dell'economia nazionale;
- la protezione e il miglioramento dei meccanismi di rimozione e di raccolta dei gas ad effetto serra, promozione di metodi sostenibili di gestione forestale, di imboscamento e di rimboscamento;
- la promozione di forme sostenibili di agricoltura;
- la ricerca, promozione, sviluppo e maggiore utilizzazione di energia rinnovabile, di tecnologie per la cattura e l'isolamento del biossido di carbonio e di tecnologie avanzate ed innovative compatibili con l'ambiente;
- la riduzione progressiva, o eliminazione graduale, delle imperfezioni del mercato, degli incentivi fiscali, delle esenzioni tributarie e di sussidi in tutti i settori responsabili di emissioni di gas ad effetto serra, ed applicazione di strumenti di mercato;
- l'adozione di misure volte a limitare e/o ridurre le emissioni di gas ad effetto serra nel settore dei trasporti;
- la limitazione e/o riduzione delle emissioni di metano attraverso il recupero ed utilizzazione del gas nel settore della gestione dei rifiuti, nonché nella produzione, il trasporto e la distribuzione di energia.

La riduzione delle emissioni di gas-serra in atmosfera deve essere intesa come riduzione delle "emissioni nette", vale a dire in termini di bilancio tra quanto complessivamente aggiunto all'atmosfera e quanto complessivamente sottratto dall'atmosfera (tabella

10). Uno dei principali assorbitori di gas-serra, ed in particolare dell'anidride carbonica, è costituito da piante, alberi e, in generale, dall'accumulo di biomassa attraverso la crescita della copertura vegetale. Pertanto, opere di forestazione iniziate dopo l'anno di riferimento, il 1990, vanno tenute in debito conto ai fini del bilancio fra quanto rilasciato in atmosfera e quanto assorbito da boschi e foreste.

Se l'attuale andamento delle emissioni dei gas-serra provenienti dai Paesi industrializzati e da quelli ad economia in transizione si mantenesse anche in futuro, si avrebbe una crescita complessiva delle emissioni di circa il 20%. In questo scenario, la misura decisa a Kyoto, di una riduzione complessiva del 5%, rappresenta un risultato tutt'altro che trascurabile, perché significa che tutti questi Paesi dovranno in realtà procedere ad un taglio delle loro emissioni tendenziali di circa il 25%.

L'adempimento agli obiettivi imposti dal Protocollo di Kyoto risulta particolarmente problematico per alcuni Paesi industrializzati, soprattutto per Stati Uniti, Canada e Giappone. Per l'Europa nel suo insieme lo sforzo per il raggiungimento dell'obiettivo appare meno gravoso. Gli obiettivi di riduzione definiti dal Protocollo di Kyoto, anche se rispettati, non sono sufficienti, comunque, a determinare uno scenario di emissione "sostenibile": condizione necessaria perché ciò avvenga è infatti che si possa conseguire una stabilizzazione delle concentrazioni di gas-serra. Secondo il Comitato Intergovernativo sui Cambiamenti Climatici (IPCC), questo obiettivo comporta riduzioni a lungo termine delle emissioni annuali globali al di sotto del 50% dei livelli attuali, in termini di emissioni pro-capite o per unità di PIL. Nei Paesi in via di sviluppo, per i quali il Protocollo di Kyoto non prevede obiettivi di riduzione, la crescita delle emissioni di anidride carbonica e degli altri gas-serra sta attualmente avvenendo con ritmo che è circa triplo (25% nel periodo 1990-1995) di quello dei Paesi sviluppati (8% nel periodo 1990-95). Ciò vuol dire che attorno al 2010 non solo questo impegno dei Paesi industrializzati verrà vanificato, ma anche che le emissioni mondiali di gas-serra saranno cresciute complessivamente di circa il 30% rispet-

TABELLA 11 Andamento delle emissioni di CO₂, CH₄ e N₂O nei Paesi dell'Allegato B (1) del Protocollo di Kyoto

Paese	Variazione percentuale tra il 1990 e l'ultima stima comunicata	Obiettivo percentuale di limitazione delle emissioni nel periodo 2008-2012 (2)
Australia	15	8,0
Austria	6	-13,0
Belgio	7	-7,5
Bulgaria	-46	-8,0
Canada	13	-6,0
Danimarca	9	-21,0
Estonia	-47	-8,0
Federazione Russa	-35	0,0
Finlandia	1	0,0
Francia	1	0,0
Germania	-16	-21,0
Giappone	10	-6,0
Grecia	18	25,0
Irlanda	19	13,0
Islanda	5	10,0
Italia	4	-6,5
Lettonia	-68	-8,0
Lituania	-54	-8,0
Lussemburgo	-24	-8,0
Monaco	28	-8,0
Norvegia	8	1,0
Nuova Zelanda	2	0,0
Paesi Bassi	8	-6,0
Polonia	-29	-6,0
Portogallo	17	27,0
Regno Unito	-8	-12,5
Repubblica Ceca	-22	-8,0
Romania	-38	-8,0
Slovacchia	-31	-8,0
Spagna	21	15,0
Stati Uniti	11	-7,0
Svezia	6	4,0
Svizzera	1	-8,0
Ucraina	-51	0,0
Ungheria	-18	-6,0
Comunità Europea	-2	-8,0
Altri Paesi OCSE	11	-5,9
Paesi ad economia in transizione	-37	-1,9
Totale Allegato B	-6	-5,2

(1) L'elenco non include la Croazia, che non ha fin qui trasmesso al Segretariato UNFCCC alcun dato di emissione, e Liechtenstein e Slovenia, che hanno trasmesso al Segretariato UNFCCC i soli dati di emissione relativi al 1990.

(2) L'obiettivo di limitazione del Protocollo di Kyoto si riferisce all'insieme dei sei gas CO₂, CH₄, N₂O, PFC, HFC, SF₆; nella tabella non sono stati considerati gli assorbimenti e le emissioni relative al settore dei cambiamenti dell'uso del suolo e delle foreste.

FONTE: Elaborazione ANPA dei dati riportati nel documento FCCC/SBI/2000/INF.13 della Convenzione-Quadro sui cambiamenti climatici.



L'INQUINAMENTO ATMOSFERICO E I CAMBIAMENTI CLIMATICI

to ai livelli del 1990. Dunque, il Protocollo di Kyoto rischia di essere vanificato se non si trovano soluzioni che garantiscano la crescita dei Paesi in via di sviluppo assicurando nel contempo che gli obiettivi stabiliti nel Protocollo vengano effettivamente raggiunti a livello mondiale.

Attuazione della Convenzione sui cambiamenti climatici e del protocollo di Kyoto

- Le politiche dell'Unione Europea sul clima
- Negli ultimi anni le politiche energetiche

che nei Paesi membri dell'Unione Europea si sono focalizzate su due temi principali:

- rispondere alle sfide poste dai problemi ambientali connessi all'uso di fonti energetiche di origine fossile ed in particolare al problema della ridu-

SCHEDA 10

La discussione sul ruolo delle foreste

I suoli agricoli e le foreste, grazie alla loro capacità di "sequestrare" carbonio, hanno un ruolo cruciale nelle strategie di contenimento e mitigazione dei cambiamenti climatici. Essi hanno assunto un rilievo politico internazionale con il Protocollo di Kyoto, che ha riconosciuto ai sink – come i suoli agricoli e le foreste sono chiamati nel Protocollo – questa funzione negli artt. 2, 3, 6, 12 e 17.

L'art. 2 afferma che i Paesi dell'Annesso I dovranno promuovere politiche di protezione ed estensione dei sink e promozione di pratiche di gestione forestale sostenibile, afforestazione e riforestazione. L'art. 3, che definisce quali emissioni interne devono essere inventariate dai Paesi industrializzati nel 1st Commitment Period, richiede che siano contabilizzate le emissioni di gas-serra dovute a deforestazione e gli assorbimenti ottenuti con attività di afforestazione e riforestazione, a partire dal 1990. Lo stesso articolo stabilisce che le Parti firmatarie debbano in futuro stabilire quali attività addizionali di natura antropica (human-induced nel testo del Protocollo), agenti sui suoli agricoli e sugli ecosistemi forestali, debbano essere incluse nel calcolo. Gli artt. 6 e 17 (che definiscono i due meccanismi di mercato che permettono ai Paesi industrializzati di scambiare riduzioni di emissioni con altri Paesi industrializzati) e l'art. 12, (che permette ai Paesi industrializzati di rispettare gli impegni assunti di riduzione delle emissioni mediante progetti nei Paesi in via di sviluppo), pur non facendo esplicito riferimento ai sink, lasciano aperta la possibilità di includere anche i progetti di cambiamento d'uso dei suoli e forestazione.

Il Protocollo ha lasciato molte questioni aperte, soprattutto per gli aspetti legati alle metodologie di calcolo dei bilanci di carbonio negli ecosistemi agricoli e forestali. Un difficile e impegnativo processo di lavoro scientifico, d'analisi e di negoziazione per rendere praticabili le varie opzioni che il Protocollo ha introdotto, è ancora in corso. Infatti, il Protocollo e le Linee-Guida dell'IPCC definiscono a grandi linee le modalità di predisposizione dei bilanci nazionali e dei meccanismi di compensazione, mentre i dettagli per rendere praticabili le opzioni delle foreste quali sink, sono ancora oggetto d'analisi e negoziazioni.

Considerando la complessità associata a questo tema e il rilevante impatto nella definizione del bilancio del ruolo di

fissazione del carbonio delle foreste, il SBSTA, nel corso della 5^a Conferenza delle Parti, ha approvato un documento (Decisione 16/CP.5) per pianificare un processo decisionale all'interno del quale discutere principi guida e criteri per la individuazione e la scelta delle attività human-induced, le metodologie di stima e il ruolo dei dati e delle informazioni.

Sono ancora oggetto di discussione i significati dei termini quali tree, forest, afforestation, reforestation, deforestation, degradation e le metodologie da adottare nella stima dovranno rispondere a criteri di coerenza, trasparenza, verificabilità, efficienza. Relativamente al termine forest, esiste anche la difficoltà di adottare una definizione unica, accettabile da tutti i Paesi, basata su parametri oggettivi. L'inclusione nei bilanci di carbonio delle formazioni naturali e semi-naturali è messa fortemente in discussione da alcuni esperti e rappresentanti nazionali (soprattutto di quei Paesi dove prevalgono le formazioni artificiali).

Anche le modalità di stima del carbonio nel suolo creano notevoli problemi: a seconda delle metodologie infatti si possono ottenere valori molto discordanti, potendo questo variare entro limiti molto estesi, in media da 4,5 a 8,5 kg/m². Il suolo è un importante serbatoio del carbonio e le attività che possono causare variazione sul contenuto di carbonio nel suolo devono essere considerate con particolare attenzione. Un problema a parte è quello dell'eventuale inclusione dei prodotti legnosi nei bilanci di carbonio. Finora l'indicazione dell'IPCC era di assumere che, a seguito dei prelievi di legname, la biomassa venisse immediatamente ossidata, mentre c'è un'ovvia evidenza empirica che alcuni impieghi, quali quelli nell'edilizia e nei mobili, possano comportare la fissazione, anche per periodi significativi, di carbonio.

Gli USA, sostenuti da Canada, Giappone, Australia e Nuova Zelanda, hanno affermato la necessità di procedere verso bilanci che si basino su un conteggio il più ampio possibile ("full carbon accounting") del ruolo delle risorse agricole e forestali nella fissazione del carbonio. Questa ipotesi consentirebbe di valorizzare le ampie possibilità di incremento della capacità fissativa statunitense e una piena flessibilità nelle scelte di sviluppo, grazie alla possibilità di contabilizzare "sources and emissions" associate a un grande spettro di pratiche agro-forestali (diradamenti e potature, protezione dagli incendi, controllo delle infestanti). Va però segnalata, a questo proposito, la posizione contraria di molti Paesi – primi



zione delle emissioni di CO₂;

- accrescere l'efficienza delle industrie energetiche ed in particolare rendere più competitivi i mercati dell'elettricità e del gas, senza mettere a repentaglio la sicurezza degli approvvigionamenti o lo stato di salute dell'ambiente.

Per quanto riguarda il primo punto, ricordando che l'UE ha svolto sin dal 1990 un ruolo guida a livello globale adottando per prima e volontariamente l'obiettivo della stabilizzazione al 2000 delle emissioni di CO₂ ai livelli del 1990, il Consiglio dei Ministri dell'am-

biente dell'Unione Europea del 17 giugno 1998 ha stabilito gli obiettivi di riduzione delle emissioni degli Stati membri per raggiungere l'obiettivo comune dell'8% fissato dal Protocollo di Kyoto. Questo dovrebbe poi tradursi a livello di ciascun Paese in un insieme

segue **SCHEDA 10**

La discussione sul ruolo delle foreste

fra tutti dei Paesi dell'Unione Europea e dei Piccoli Stati Insulari, i più esposti alle conseguenze delle variazioni climatiche per via dell'innalzamento del livello del mare — e della maggioranza dei gruppi ambientalisti, i quali sostengono che il full carbon accounting può vanificare gli obiettivi primari del Protocollo connessi alla riduzione dei consumi di prodotti fossili consentendo a molti Paesi industrializzati di contabilizzare a proprio credito l'accumulo di enormi quantità di carbonio per effetto di attività solo marginalmente influenzate dall'uomo.

In sintesi, i problemi metodologici che si stanno affrontando in sede internazionale riguardano l'eventuale inclusione e le modalità di stima nell'ambito dei bilanci nazionali di carbonio:

- degli accrescimenti delle foreste naturali e seminaturali;
- del carbonio fissato a seguito di processi di ricolonizzazione spontanea di terreni agricoli abbandonati;
- degli effetti delle attività che comportano una variazione del carbonio accumulato nei suoli (tecniche di minima o non lavorazione, spargimento di reflui zootecnici) e nei soprassuoli (potature, diradamenti, fertilizzazioni, difesa dalle avversità);
- degli impieghi energetici delle biomasse forestali in sostituzione di fonti energetiche fossili;
- del carbonio temporaneamente fissato nei prodotti legnosi.

Per quanto riguarda l'Italia, le posizioni sostenute nel negoziato a livello internazionale ed europeo si possono sintetizzare nei punti seguenti.

1. Nei Paesi industrializzati, l'abbandono dei terreni agricoli non è un processo naturale. Esso è legato alle recenti politiche di riduzione di sostegno dei prezzi dei prodotti agricoli. Come conseguenza, i terreni agricoli più marginali sono abbandonati e soggetti a una naturale rigenerazione boschiva. Come tali devono essere contabilizzati.

2. In Italia e in altri Paesi interessati da un relativamente rapido processo di sviluppo, il non utilizzo e l'abbandono dei boschi dipendono dalla scelta di assegnare alle risorse forestali funzioni di protezione e di difesa dal dissesto idrogeologico, valori paesaggistici e turistico-ricreativi, piuttosto che produttivi; pertanto, l'aumento degli stock di carbonio grazie alla crescita naturale delle foreste, dopo decenni di intense utilizzazioni, deve essere considerata human-induced e, come tale, dare crediti di carbonio al nostro Paese.

3. In prospettiva, i prodotti legnosi dovrebbero essere inclusi in quanto vi è una capacità di "sequestrare" il carbonio più o meno lunga, in relazione al ciclo di vita dei prodotti stessi. Restano però aperti problemi importanti quali: la definizione dei limiti lungo il ciclo di vita dei prodotti forestali e l'ambito geografico della filiera. Ad esempio in Italia, le industrie del legno importano legname da altri Paesi ed esportano prodotti finiti (essenzialmente mobili).

Il documento che in Italia ha definito in termini più autorevoli una strategia di settore sono le "Linee guida per le politiche e le misure nazionali di riduzione delle emissioni dei gas serra" predisposte dalla Commissione Sviluppo Sostenibile del CIPE nel 1998. In questo documento la protezione ed estensione delle foreste per l'assorbimento di carbonio viene indicata come una delle principali azioni di contenimento delle emissioni di gas clima-alteranti.

Alla luce di tale strategia, sono state condotte delle simulazioni al fine di analizzare gli effetti che alcune decisioni internazionali, in merito alla metodologia da impiegare nella costruzione dei bilanci nazionali, potranno avere nel promuovere il ruolo del settore forestale come strumento di contenimento delle emissioni di gas-serra.

Un risultato evidente di tali simulazioni è la constatazione che diverse assunzioni su alcuni aspetti controversi nella costruzione dei bilanci nazionali, quali il ruolo delle formazioni semi-naturali, delle neo-formazioni su terreni agricoli abbandonati, dei prodotti legnosi e degli impieghi delle biomasse ligno-cellulosiche per fini energetici hanno un rilevante impatto nella definizione del ruolo di fissazione del carbonio delle foreste italiane, un impatto che è ben superiore, almeno in termini relativi, a quello che caratterizza molti Paesi dell'Europa Settentrionale e Centrale inclusi nell'Annesso I della Convenzione. Per questa ragione la messa a punto definitiva di una metodologia di costruzione dei bilanci di carbonio nell'ambito della Convenzione ha per l'Italia significative conseguenze in termini di politica energetica e ambientale, conseguenze che meriterebbero una maggiore attenzione sia nel miglioramento della base informativa esistente, che nel coordinamento inter-istituzionale degli organismi con competenze nel settore e nella rappresentanza in sede internazionale dei problemi e delle potenzialità del settore forestale italiano.



di politiche e in un piano di azioni per la realizzazione di tali obiettivi.

Le conclusioni del Consiglio dei Ministri dell'ambiente dell'UE del 17 giugno 1998 stabiliscono tra l'altro che:

- l'Italia entro il 2008-2012 dovrà ridurre le proprie emissioni nella misura del 6,5% rispetto ai livelli del 1990. L'entità di questa riduzione, considerando la crescita tendenziale delle emissioni, corrisponde, secondo stime dell'Unione Europea, a circa 100 milioni di tonnellate di anidride carbonica equivalente;

- gli obiettivi di riduzione dovranno essere raggiunti attraverso passi successivi, con riduzioni a partire dal 2002 e un primo risultato intermedio significativo nel 2005;

- l'impiego dei "meccanismi flessibili" potrà integrare le misure nazionali che dovranno, comunque, essere prevalenti;
- la riduzione effettiva delle emissioni dovrà essere verificata e controllata, su base annuale, sia a livello nazionale che di UE.

La riduzione fissata per l'UE a Kyoto (-8%) è stata il risultato di un impegno negoziale che aveva visto, in occasione del Consiglio Ambiente del marzo 1997, adottare una propria posizione consistente in una riduzione, uguale per tutte le Parti dell'Annesso I, del 15% entro il 2010. La ripartizione degli impegni decisa allora dall'UE avrebbe consentito però di raggiungere solo una riduzione delle emissioni del 10% e, quindi, si sarebbe dovuta realizzare una distribuzione delle riduzioni più impegnativa di quanto inizialmente stabilita. Comunque, la posizione dell'UE passò poi definitivamente all'8% durante la Conferenza di Kyoto che, mediante la divisione differenziata degli oneri fra i suoi Stati membri (burden sharing), consentiva ad alcuni Stati un aumento delle emissioni, mentre altri si impegnavano in forti riduzioni.

Per quanto riguarda il secondo punto, le conclusioni del 17 giugno 1998 richiamano esplicitamente il contesto delle politiche e delle norme europee nel quale devono essere collocate le misure per la riduzione delle emissioni. In particolare:

- la Direttiva IPCC 96/61/CE che

imporrà l'impiego delle migliori tecniche disponibili nei processi industriali a partire dal 2000 nei nuovi impianti e dal 2006 negli impianti esistenti;

- la Direttiva 96/92/CE in materia di liberalizzazione del mercato ed uso efficiente dell'energia, nonché la direttiva approvata in data 11 maggio 1998 in materia di distribuzione e vettoriaamento del gas naturale;

- il Libro Bianco della Commissione Europea sullo sviluppo delle fonti rinnovabili del 26 novembre 1997, che assume lo scenario minimo del raddoppio della produzione di energia da fonti rinnovabili;

- le conclusioni dei Consigli dei Ministri dell'energia dell'UE dell'8 dicembre 1997 e dell'11 maggio 1998, che sottolineano l'esigenza di favorire con adeguate normative tecniche e fiscali la promozione in tutti gli Stati membri delle fonti rinnovabili, dei cicli combinati a gas naturale e dell'efficienza energetica;

- la conclusione del Consiglio dei Ministri dell'ambiente dell'UE del 25 giugno 1996 per la riduzione dei consumi di carburante degli autoveicoli entro il 2005, e gli accordi volontari dei costruttori europei di autoveicoli;

- la comunicazione della Commissione Europea su trasporti ed emissioni di CO₂ (COM 98/204) che individua le misure tecnologiche, organizzative e fiscali per la riduzione delle emissioni;
- le misure fiscali indicate dal Consiglio e dalla Commissione UE per incentivare le energie rinnovabili e le fonti a basse emissioni;

- la promozione nell'ambito della Politica Agricola Comune, della coltivazione delle biomasse energetiche;

- l'adeguamento delle politiche dei rifiuti agli obiettivi di riduzione delle emissioni dei gas serra, con particolare riferimento alle emissioni di metano dalle discariche;

- gli usi del suolo e la coltivazione delle foreste per l'assorbimento delle emissioni di CO₂.

Allo stesso modo, la Comunicazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento Europeo del 31 maggio 1999, facendo proprie le conclusioni del Consiglio dei Ministri dell'agricoltura dell'UE del 17 maggio 1999, ribadisce la necessità di una rapida ratifica

del Protocollo per garantirne un'entrata in vigore tempestiva sollecitando anche i preparativi per l'attuazione degli impegni assunti a Kyoto.

In definitiva, le scelte dell'Europa "incardinano" le politiche economiche e industriali che dovranno caratterizzare i primi decenni del prossimo secolo nella prospettiva del Protocollo di Kyoto. Ed è proprio questa la chiave di lettura che consente di comprendere le ragioni dell'impegno e della partecipazione dei governi nazionali e delle imprese alla discussione europea sull'attuazione del Protocollo di Kyoto.

Tra le varie decisioni da prendere per l'attuazione del Protocollo di Kyoto, c'è da sottolineare che, ad oggi, non è ancora stato stabilito quanta parte delle riduzioni debba essere effettuata a livello nazionale e quanta a livello internazionale attraverso i meccanismi flessibili. La posizione negoziale dell'UE – sostenuta con particolare vigore dall'Italia – è che almeno il 50% delle riduzioni spettanti a ciascun Paese industrializzato (Allegato 1) venga attuato "in casa" ed il rimanente 50% "fuori casa", mediante i meccanismi di flessibilità.

- Le politiche sul clima in Italia e le azioni nazionali interne già definite

per la riduzione delle emissioni nei settori Energia, Trasporti, Industria, Terziario e Servizi

Fin dall'inizio degli anni novanta, l'Italia è stata fra le nazioni più attive nel promuovere una politica di protezione dell'atmosfera anche se oggi, dopo aver assunto importanti impegni internazionali, i relativi programmi di attuazione faticano a decollare e, in alcuni casi, non sono mai stati realizzati. Ecco i passi principali della politica nazionale sul clima:

- il 29 ottobre 1990, su proposta e sotto la presidenza italiana, l'UE assunse l'impegno di stabilizzazione delle emissioni di anidride carbonica ai livelli del 1990 entro il 2000 e di controllo delle emissioni degli altri gas serra;

- con la Legge n. 65 del 15 gennaio 1994, l'Italia ratificava la Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici



SCHEDA 11

Emissioni dei gas serra e consumi energetici

Per dare attuazione alle Linee Guida, ed ottenere i primi significativi risultati di riduzione delle emissioni entro il 2002, è stata indicata la metodologia dell'integrazione delle politiche settoriali. L'integrazione delle politiche è la condizione indispensabile per assicurare la migliore efficienza energetica ed i minori consumi di fonti primarie.

I dati relativi al periodo 1990 – 1998 mettono in evidenza che, nonostante le Linee Guida e le prime misure adottate per la riduzione dei consumi e l'aumento dell'efficienza, l'incremento complessivo dei consumi energetici pari al 9,6% ha determinato nello stesso periodo un aumento delle emissioni di anidride carbonica pari al 6,3%, ed un aumento complessivo delle emissioni di tutti i gas serra pari al 4,7%.

Questo dato è rappresentativo di politiche di integrazione troppo "timide", e in particolare della mancanza di integrazione delle politiche in due settori chiave: i trasporti urbani e le produzioni di energia.

- Tra il 1990 e il 1998 le emissioni di anidride carbonica nel settore dei trasporti sono aumentate del 15%.

Questo aumento è legato in particolare all'incremento dei consumi di gasolio (+ 12%) e di benzina (+30%), che sono l'indicatore delle distorsioni e dell'inefficienza del sistema dei trasporti in Italia.

I dati del "Conto Nazionale Trasporti" del 1999 relativi all'evoluzione del traffico e delle modalità di trasporto di merci e passeggeri nel periodo 1990-1998 sono molto chiari:

- nel periodo 1990-1998 il traffico interno delle merci è aumentato del 22,3%.

Nel 1998 il trasporto aereo ha coperto lo 0,01% del traffico, quello per oleodotto il 5,12%, quello per ferrovia l'11,16%, quello marittimo il 19,10%, e quello su strada il 64,61%.

Nel periodo 1990-1998, in valori assoluti, i milioni di tonnellate-Km di merci trasportate su ferrovia hanno avuto un incremento del 15%, contro l'aumento del 20% di quelle trasportate su strada e del 22% di quelle trasportate via mare.

- nel periodo 1990-1998 il traffico interno dei passeggeri è aumentato del 19%.

Nel 1998 il trasporto marittimo ha coperto lo 0,43% del traffico, quello aereo l'1,3%, quello ferroviario e tranviario il 6,44%, quello stradale il 92,10%.

Nel periodo 1990-1998, in valori assoluti, i milioni di passeggeri-Km trasportati su ferrovia hanno avuto un modesto incremento del 4%, contro un aumento del 24% su strada e del 40% su aereo.

È interessante rilevare che i milioni di passeggeri-Km trasportati dai servizi pubblici urbani (autobus, tramvie, metropolitane) hanno avuto una riduzione del 5%, contro un aumento di quasi il 25% di quelli trasportati con autoveicoli privati nelle aree urbane e metropolitane.

Se si considera che, in relazione alle diverse modalità di trasporto, i fattori di emissione di anidride carbonica del trasporto stradale sono mediamente superiori di circa tre volte rispetto a quelli del trasporto su ferrovia, tramvia e metropolitana, e di almeno quattro volte rispetto al trasporto marittimo, è evidente che nel periodo 1990-1998 l'evoluzione dei trasporti in Italia ha seguito una direzione divergente con gli impegni assunti nell'ambito del Protocollo di Kyoto e delle Linee Guida per la riduzione delle emissioni di gas serra approvate dal CIPE.

E le Linee Guida avevano stabilito che entro il 1999 doveva essere approvato il "Libro bianco sulla mobilità sostenibile", che doveva definire le misure necessarie per avviare la concreta riduzione delle emissioni nel settore dei trasporti a partire dal 2002, documento che tuttavia il Ministero dei trasporti non ha ancora completato.

- Tra il 1990 e il 1998 le emissioni di anidride carbonica dalle centrali termoelettriche e dalle raffinerie sono aumentate del 10%.

Questo incremento è determinato dagli scarsi rendimenti di almeno il 25% del parco termoelettrico (tra il 30% e il 35%, contro uno standard medio delle migliori tecnologie compreso tra il 45% e il 55%), dalla persistente utilizzazione di carbone e olio combustibile con tecnologie di combustione a bassa efficienza, nonché dalla mancata adozione di misure incentivanti l'efficienza degli impianti.

L'aumento di efficienza del parco termoelettrico, realizzabile con il rinnovo tecnologico degli impianti e la modifica delle miscele di combustibili, rappresenta una azione prioritaria delle Linee Guida per la riduzione delle emissioni, che hanno previsto la trasformazione di almeno 12.500 MW del parco termoelettrico italiano che ha rendimenti inferiori al 40%.

Inoltre, l'aumento di efficienza è coerente con il processo di liberalizzazione del mercato elettrico e di privatizzazione dell'ENEL, e costituisce peraltro una priorità della bilancia energetica e commerciale italiana.

Nonostante tutto questo, le emissioni sono aumentate oltre ogni pessimistica previsione, mentre il Ministero dell'industria non ha ancora predisposto la proposta delle norme tecniche per l'efficienza degli impianti termoelettrici e industriali, che in base alle Linee Guida, avrebbero dovuto essere approvate dal CIPE entro il 1999.

Gli aumenti delle emissioni di anidride carbonica nel settore dei trasporti e delle produzioni energetiche sono stati compensati dalla migliore efficienza nei processi dell'industria manifatturiera e dal contenimento delle emissioni di metano e protossido di azoto in agricoltura.

Di conseguenza, il bilancio complessivo delle emissioni di gas serra nel periodo 1990-1998 ha comportato un aumento pari a "solo" il 4,5%.



L'INQUINAMENTO ATMOSFERICO E I CAMBIAMENTI CLIMATICI

(entrata poi ufficialmente in vigore il 21 marzo 1994);

- con il "Programma Nazionale per il contenimento delle emissioni di anidride carbonica", approvato dal CIPE (Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica) il 25 febbraio 1994, l'Italia emanava il primo provvedimento nazionale in attuazione degli impegni della Convenzione;

- il 16 gennaio 1995 l'Italia trasmette alle Nazioni Unite e all'Unione Europea la Prima Comunicazione Nazionale alla Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici che si limita, però, ad elencare una serie di possibili misure di risparmio energetico con vantaggi economici netti (nell'ottica costi/benefici) e a dimostrare la fattibilità teorica di una stabilizzazione delle emissioni di CO₂ equivalente, ignorando la previsione delle modalità attuative delle misure indicate;

- alla "Conferenza nazionale sui cambiamenti climatici, energia e trasporti", tenutasi a Roma dal 13 al 15 novembre 1997 (due settimane prima di Kyoto), viene presentata la Seconda Comunicazione Nazionale alla Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici. In essa si è fatto il punto sulla situazione nel raggiungimento dell'obiettivo della stabilizzazione al 2000 e si è individuato un elenco di misure coerenti con il raggiungimento dell'obiettivo del -7% al 2010. In essa era stato inoltre valutato e formulato anche un ulteriore insieme di misure per il raggiungimento di un livello di riduzione pari a -13,1%;

- la delibera CIPE del 3 dicembre 1997 ha formalmente approvato le linee generali della Seconda Comunicazione rimandando però l'approvazione dei programmi attuativi degli impegni scaturiti dalle decisioni internazionali ad una delibera successiva dello stesso CIPE, e ciò senza specificare né un termine di scadenza, né a quali impegni internazionali il nuovo programma avrebbe dovuto fare riferimento. La delibera CIPE si limitava a richiedere che i programmi fossero predisposti da ciascuna delle amministrazioni competenti e che nell'individuazione delle misure fossero favorite quelle rispondenti ad alcuni criteri (rapporto favorevole fra risorse impegnate e risultati attesi; coerenza con gli obiettivi generali di politica economica; coinvolgimento finanziario degli operatori privati; utilizzo di risorse comunitarie). La stessa delibera CIPE non menzionava, infine, il fatto che gli impegni di Kyoto potessero attuarsi all'estero attraverso i meccanismi di flessibilità e, quindi, assumeva indirettamente che tutti gli obblighi dovessero attuarsi a livello nazionale;

- il 19 novembre 98 il CIPE approva le "Linee guida per le politiche e le misure nazionali di riduzione delle emissioni dei gas serra". Il contenuto di queste Linee Guida è analizzato in dettaglio nel paragrafo 3.1.2.2., relativo al Piano Nazionale per i Cambiamenti Climatici. Nel corso del 1999 il Ministero dell'ambiente ha avviato l'attuazione degli indirizzi e dei programmi previsti dalle seguenti delibere del CIPE:

- 3 dicembre 1997, "Approvazione delle linee generali della "Seconda comunicazione nazionale alla convenzione sui cambiamenti climatici";

- 19 novembre 1998, "Linee guida per le politiche e misure nazionali di riduzione delle emissioni dei gas serra".

Le delibere del CIPE individuano i criteri, i tempi e le azioni per la riduzione delle emissioni dei gas serra entro il 2012, in attuazione degli impegni assunti dall'Italia nell'ambito della Convenzione sui Cambiamenti Climatici del 1992 e del Protocollo di Kyoto del 1997.

Il Protocollo di Kyoto ha stabilito la riduzione delle emissioni di sei gas serra, responsabili del riscaldamento globale del pianeta :

- anidride carbonica, prodotta dall'impiego dei combustibili fossili in tutte le attività energetiche e industriali, oltreché nei trasporti;

- il metano, prodotto dalle discariche dei rifiuti, dagli allevamenti zootecnici e dalle coltivazioni di riso;

- il protossido di azoto, prodotto nel settore agricolo e nelle industrie chimiche;

- gli idrofluorocarburi, i perfluorocarburi e l'esfluoruro di zolfo, impiegati nelle industrie chimiche e manifatturiere.

In attuazione del Protocollo, e sulla base della decisione assunta successivamente dall'Unione Europea, l'Italia dovrà ridurre, entro il 2012, le proprie emissioni nazionali nella misura del 6,5% rispetto ai livelli del 1990 (555 milioni di tonnellate).

TABELLA 12

Linee guida per le politiche e le misure nazionali di riduzione delle emissioni dei gas serra (MtCO₂ equivalente)

Azioni nazionali per la riduzione delle emissioni di gas-serra	2002	2006	2008-2012
Aumento di efficienza del parco termoelettrico	-4/5	-10/12	-20/23
Riduzione dei consumi energetici nel settore dei trasporti	-4/6	-9/11	-18/21
Produzione di energia da fonti rinnovabili	-4/5	-7/9	-18/20
Riduzione dei consumi energetici nei settori abitativo/terziario ed industriale	-6/7	-12/14	-24/29
Riduzione delle emissioni nei settori non energetici	-2	-7/9	-15/19
Assorbimento delle emissioni di carbonio dalle foreste			(-0,7)
Totale	-20/25	-45/55	-95/112

FONTE: Delibera CIPE, 1998.



Considerando il livello tendenziale delle emissioni al 2012, stimato in circa 621 milioni di tonnellate di gas serra (indicate come tonnellate equivalenti di anidride carbonica), la riduzione del 6,5% corrisponde a 103 milioni di tonnellate. La delibera del CIPE del 3 dicembre 1997 aveva indicato i criteri principali per la definizione delle misure necessarie al raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni:

- valorizzare il potenziale di riduzione e assorbimento delle emissioni di gas serra connesso ai programmi ed agli interventi obbligatori per l'adeguamento alle direttive ed ai regolamenti europei in materia di protezione dell'ambiente, di produzioni agricole e forestali, di produzione e distribuzione dell'energia, di organizzazione e gestione delle reti e dei mezzi di trasporto;
- orientare l'ammodernamento del sistema energetico ed industriale, e delle infrastrutture per la mobilità e il trasporto delle merci, secondo il criterio della migliore efficienza energetica e del minor costo;
- favorire lo sviluppo delle tecnologie innovative a basse emissioni, con particolare riferimento alle fonti rinnovabili;
- potenziare le capacità produttive nazionali e l'offerta italiana di tecnologie nell'ambito dei meccanismi di cooperazione internazionale istituiti dal Protocollo di Kyoto: *"Joint Implementation and Clean Development Mechanism"*.

Sulla base di questi criteri, le "Linee Guida" adottate dal CIPE il 19 novembre 1999 hanno individuato sei azioni nazionali finalizzate alla riduzione delle emissioni:

- aumento di efficienza del parco termoelettrico;
 - riduzione dei consumi energetici nel settore dei trasporti;
 - produzione di energia da fonti rinnovabili;
 - riduzione dei consumi energetici nei settori industriale, abitativo e del terziario;
 - riduzione delle emissioni nei settori "non energetici", quali agricoltura, zootecnia, produzioni chimiche, smaltimento rifiuti;
 - assorbimento di carbonio dalle superfici boschive e dalle foreste.
- I contributi che ciascuna di queste

azioni dovrà fornire agli orizzonti temporali del 2002, del 2006 e del 2008-2012 sono indicati nella tabella 12.

La completa realizzazione di queste azioni comporterà investimenti complessivi per circa 100.000 miliardi entro il 2012, ai quali corrisponderanno una riduzione dei consumi energetici, con un risparmio per oltre 80.000 miliardi, oltre ai vantaggi derivanti dalla migliore salvaguardia per l'ambiente locale e dalla innovazione tecnologica.

Le "Linee Guida" hanno anche indicato il percorso attraverso il quale le azioni nazionali dovranno essere attuate, mediante provvedimenti normativi, investimenti di risorse pubbliche, programmi di cooperazione internazionale. Nel corso del 1999 è stato completato un primo "pacchetto" di programmi, in attuazione delle "Linee Guida".

1. Sono stati predisposti, e in parte già adottati, i programmi e i provvedimenti previsti dalle "Linee Guida per le politiche e misure nazionali di riduzione delle emissioni di gas serra".

- Libro Bianco per le fonti rinnovabili, che individua gli obiettivi e le procedure per raggiungere, entro il 2012, la produzione di oltre 10.000 MW dalla utilizzazione delle seguenti fonti rinnovabili:

- biomasse;
- eolico;
- fotovoltaico;
- geotermia;
- idroelettrico;
- rifiuti;
- biogas.

Il Libro Bianco costituisce il quadro di riferimento per lo sviluppo dei programmi industriali connessi alla attuazione delle norme in materia di liberalizzazione del mercato elettrico adottate dal Governo nel 1999.

- Libro Bianco per la valorizzazione delle biomasse, che individua gli obiettivi e le procedure per l'attuazione di tre azioni positive:

- produzione di energia da fonti rinnovabili;
- aumento della superficie afforestata e boschiva utile per l'assorbimento del carbonio;
- rafforzamento dei presidi naturali per la difesa del suolo contro il dissesto idrogeologico.

- Programma nazionale per la ricerca sul clima, che prevede lo sviluppo di linee di ricerca, in collegamento con l'Organizzazione Meteorologica Mondiale e l'IPCC, sui seguenti temi prioritari:

- scenari futuri del clima nella regione mediterranea;

- effetti dei cambiamenti climatici sul territorio italiano;

- misure nazionali di adattamento ai cambiamenti climatici.

- Programma nazionale per l'informazione sui cambiamenti climatici, che prevede lo sviluppo di iniziative del settore pubblico e dei privati per la preparazione e la diffusione di informazioni sulle cause dei cambiamenti climatici e sulle strategie e misure di prevenzione.

- Regolamento per l'utilizzazione, ai fini della riduzione delle emissioni, delle risorse derivanti dalla applicazione della "carbon tax".

Il Regolamento prevede l'assegnazione di 300 miliardi annui per il cofinanziamento dei programmi di riduzione delle emissioni che saranno definiti sulla base di una procedura concertata tra il Ministero dell'ambiente, il Ministero dell'industria e le Regioni.

Gli interventi cofinanziati dovranno essere finalizzati prioritariamente allo sviluppo dei seguenti programmi:

- risparmio energetico nelle attività industriali e nell'edilizia pubblica e privata;
- riduzione dei consumi nel settore dei trasporti, anche con lo sviluppo di modalità di trasporto pubblico a zero o basse emissioni;
- promozione delle fonti rinnovabili;
- ricerca e informazione sui cambiamenti climatici;
- cooperazione internazionale per il trasferimento di tecnologie a basse emissioni ed alta efficienza nei Paesi in via di sviluppo e del Centro-Est Europa.
- Regolamentazione delle emissioni in atmosfera per l'utilizzazione delle biomasse come fonte energetica rinnovabile.

Il Regolamento definisce le procedure e gli standard di riferimento da adottare, sia nel caso in cui le biomasse vergini siano classificate come combustibile non tradizionale, sia nel caso in cui le biomasse siano classificabili come rifiuto non pericoloso derivante da



lavorazioni agricole o industriali. L'obiettivo del regolamento è quello di facilitare l'impiego delle biomasse per la produzione di energia, associata in particolare al teleriscaldamento.

- Regolamentazione dell'impiego di biocarburanti, sia come biodiesel miscelato al gasolio, sia come EtilTerziarioButilEtere (ETBE) additivato alle benzine.

Il regolamento è in fase di definizione, in coordinamento con il Comitato Europeo CEN che ha completato l'individuazione degli standard da applicare in Europa per l'impiego dei biocarburanti.

Contestualmente al regolamento sono in corso di definizione gli schemi di accordi volontari tra i produttori di benzine/gasoli e di biocarburanti con i Ministeri dell'ambiente, dell'industria, dei trasporti, delle politiche agricole e delle finanze per l'attuazione dei progetti industriali e delle misure fiscali indispensabili per l'impiego dei biocarburanti in Italia.

L'impiego dell'ETBE come additivo alle benzine costituisce peraltro una misura necessaria per affrontare la situazione determinata dal divieto di impiego di benzina super dal 2001.

2. Sono stati cofinanziati e avviati i primi progetti sottoposti al Ministero dell'ambiente per l'attuazione delle azioni nazionali previste dalle Linee Guida.

A questo scopo sono state utilizzate le risorse messe a disposizione dalla Legge 426/1998. Sono stati cofinanziati 25 progetti presentati da Amministrazioni Locali, Università o Enti Pubblici, e 3 progetti presentati da aziende private o aziende speciali dei Comuni. I finanziamenti erogati ammontano a 75 miliardi, cui corrispondono investimenti totali per 350 miliardi.

I progetti fanno riferimento alle seguenti principali tipologie:

- Ristrutturazione energetica degli edifici, e utilizzazione del sistema a celle a combustibile per la produzione di energia elettrica e termica.

Tra i progetti cofinanziati, assumono rilievo:

- il programma del CNR per la definizione di progetti standard nelle diverse situazioni edilizie;

- il progetto del Politecnico di Milano connesso alla ristrutturazione degli

edifici ex industriali della Bicocca;

- il progetto di ristrutturazione energetica del Museo della Scienza e della Tecnica di Milano;

- il progetto "Fabbrica del Vapore" del Comune di Milano;

- il programma di riqualificazione energetica della sede del Ministero degli affari esteri a Roma.

- Promozione e realizzazione di impianti e sistemi di produzione di energia elettrica e calore con fonti rinnovabili.

Tra i progetti cofinanziati, assumono rilievo:

- l'utilizzazione di pannelli solari per la produzione di energia e calore nel parco delle Dolomiti Bellunesi, nei rifugi alpini della Provincia di Trento, nell'aeroporto di Bologna;

- l'utilizzazione delle biomasse e del biogas nelle provincie di Trento e Belluno, nelle Regioni Lazio e Sardegna;

- l'utilizzazione della fonte eolica nella Regione Liguria;

- l'utilizzazione della fonte idroelettrica con microimpianti per la produzione di energia destinata al settore agricolo, nell'ambito delle attività dei Consorzi di Bonifica della Regione Piemonte.

- Promozione e realizzazione di autoveicoli innovativi.

I progetti cofinanziati fanno riferimento allo sviluppo di:

- celle a combustibile per i mezzi di trasporto pubblico di Torino, in collaborazione tra Azienda speciale del Comune, IVECO e Ballard;

- celle a combustibile per le automobili, in collaborazione con il Centro Ricerche FIAT;

- batterie innovative zinco-aria, in collaborazione con AEM di Milano e EDISON.

- Ristrutturazione energetica del distretto industriale di Prato, con la sostituzione delle caldaie industriali a bassa efficienza, in collaborazione con la Provincia di Prato.

- Cooperazione internazionale per la diffusione di tecnologie a basse emissioni, nell'ambito dei meccanismi del Protocollo di Kyoto.

I progetti cofinanziati fanno riferimento a:

- realizzazione del primo progetto di Joint Implementation dell'Italia: progetto Italia - Marocco per la realizzazione, in cooperazione tra due imprese

private dei due Paesi, di un programma di ristrutturazione e trasformazione di una centrale a carbone in un impianto di cogenerazione a ciclo combinato;

- accordo con l'Istituto per il Commercio con l'Esteri (ICE) di Pechino per la realizzazione, in collaborazione con l'Accademia delle Scienze Sociali di Pechino, di un programma di promozione e diffusione di tecnologie a basse emissioni e ad alta efficienza in cinque provincie cinesi;

- accordo con i Ministeri dell'ambiente della Bulgaria e dell'Ucraina per la preparazione di progetti comuni di Joint Implementation ;

- accordo con il Ministero dell'ambiente della Libia, nell'ambito del Clean Development Mechanism, per la preparazione di progetti pilota comuni per la riduzione delle emissioni di gas serra e degli altri inquinanti negli usi finali civili e industriali dei combustibili fossili, nonché per lo sviluppo dell'impiego delle fonti rinnovabili;

- organizzazione e realizzazione, a cura del centro ENEA di Portici, di un workshop aperto alla partecipazione degli esperti energetici e ambientali dei Paesi della sponda sud del Mediterraneo, per l'avvio di un programma regolare di addestramento e scambio di informazioni finalizzato allo sviluppo di progetti nell'ambito del Clean Development Mechanism;

- accordo con " Climate Technology Initiative" dell'OCSE per attività di assistenza ai Paesi in via di sviluppo.