

## PARTE II - L'ARIA

### 1.1 Lo stato climatologico e i cambiamenti del clima

#### La geografia regionale e le caratteristiche climatiche

I limiti orografici della Regione Lombardia sono il crinale delle Alpi Retiche e Lepontine a nord, il medio corso del Po a sud e i corsi del Ticino e del Sarca - Mincio rispettivamente ad est e ovest. Per effetto delle sue caratteristiche geografiche, la Lombardia risulta aperta alle circolazioni dei venti a ovest verso il Piemonte, a est e sud – est verso il Veneto e L'Emilia. Lungo l'asse nord - sud, invece, la circolazione è fortemente limitata a causa della barriera naturale costituita dalla catena alpina. Questo conferisce elevata stabilità alle masse d'aria nella pianura e favorisce le circolazioni di brezza, in modo particolare nel periodo estivo ed invernale.

La Lombardia ha un territorio orograficamente costituito per il 46.9% da pianura, dal 40,7% da montagna e per il restante 12.4% da collina. La diversità di quota e d'esposizione rendono il clima assai variabile da luogo a luogo: la descrizione sarà quindi disaggregata a livello di *bacini mesoclimatici*, aree omogenee di raggio dell'ordine delle centinaia di km, nate dall'interazione del macroclima lombardo - sostanzialmente continentale - con l'orografia principale. Nella Regione hanno origine due mesoclimi estremi, molto differenti tra loro: il clima alpino e il clima padano. Quest'ultimo a sua volta si distingue in mesoclimate padano propriamente detto e mesoclimate insubrico, tipico della zona dei laghi prealpini.

#### 1.1.1 Il mesoclimate lombardo e le variazioni meteo-climatiche osservate

##### Aspetti generali

Il **mesoclimate padano** è caratterizzato da inverni rigidi e da estati calde ed afose. Si rileva inoltre:

- # Elevata umidità, specie nelle aree idrograficamente ricche
- # Precipitazioni irregolari, con due massimi principali rispettivamente in autunno e in primavera;
- # Ventosità ridotta.

L'inverno in pianura è caratterizzato da frequenti nebbie e gelate, associate a fenomeni di inversione termica nei bassi strati.

Il **mesoclimate insubrico** si distingue da quello padano sia dal punto di vista pluviometrico che termico, con escursioni più basse. Tale peculiarità trae origine dall'effetto protettivo delle Prealpi ai venti più freddi e dalla presenza dei bacini idrici. Per quanto riguarda le precipitazioni, i laghi occidentali (Maggiore, Como e Iseo) presentano un massimo estivo ed uno autunnale equivalenti. Il lago di Garda presenta invece un massimo principale autunnale ed uno secondario primaverile – estivo.

##### La temperatura

La temperatura media annua in Lombardia è compresa fra i 12°C e i 14°C. In particolare l'isoterma dei 12°C delimita l'area pedemontana penetrando nei solchi vallivi. Il mese mediamente più freddo è gennaio (1,3°C a Mi Linate) mentre quello più caldo è luglio (24°C a Mi Linate). Per valutare l'andamento della temperatura, in [Figura 1](#) sono stati riportati i risultati dell'elaborazione delle serie storiche raccolte

all'Osservatorio di Milano Brera nell'arco del periodo 1763 – 1998. Tali serie sono state omogeneizzate e corrette al fine di "epurare" i dati da fattori che influenzano la caratterizzazione climatica intrinseca quali l'aumento dell'isola di calore dovuto allo sviluppo urbano, la dislocazione e la modifica degli strumenti di misura, l'utilizzo di diversi metodi di rilevazione. I trend delle medie stagionali delle temperature mostrano tutti un innalzamento, particolarmente evidente nel caso invernale. Dal grafico delle medie annuali si distingue, inoltre, un incremento sensibile dagli inizi degli anni '80.

### **Le precipitazioni e l'umidità**

Le precipitazioni nell'area padana variano in funzione dell'orografia: si distribuiscono in modo crescente dal basso mantovano (meno di 700 mm l'anno) verso Nord-Ovest, fino a massimi della zona dei laghi prealpini occidentali (oltre 2000 mm l'anno). Sono distribuite uniformemente nell'arco dell'anno con la presenza di due massimi in autunno e in primavera. Da uno studio sulle precipitazioni registrate in 32 stazioni italiane dal 1833 al 1996 si rileva un trend negativo delle medie annuali, più marcato nelle regioni meridionali che nel Nord (stimato attorno al 10%), dove la riduzione emerge solo nelle medie autunnali, stimate attorno al 20% (Figure 2 e 3). L'umidità relativa media annua si attesta sull'80%: la pianura lombarda, rispetto alla restante valle padana, presenta variazioni stagionali meno ampie.

### **La nuvolosità e il campo anemologico**

Le nubi invernali si distinguono in due tipi principali: la sottile nube stratiforme tipica degli anticicloni invernali e la spessa nuvolosità dovuta a perturbazioni. La primavera è la stagione con nuvolosità più elevata, di tipo cumuliforme con marcata evoluzione diurna, analoga a quella estiva. In autunno avviene la sostituzione graduale con strato-cumuli e alto-cumuli in corrispondenza della quota di inversione termica, fenomeno correlato alle condizioni anticicloniche di alta pressione. Dalla figura 4 si nota che il numero di giorni annui in condizioni anticicloniche sia in lieve aumento nel tempo. Ad esso sono indirettamente associabili i rischi di episodi acuti di inquinamento atmosferico a causa dell'elevata stabilità nello strato di inversione che impedisce il rimescolamento dell'aria.

La valle padana è soggetta ad una circolazione dei venti in pianura mediamente molto debole: le calme di vento (velocità inferiori a 0,5 m/s) si presentano durante l'anno nel 50% - 60% dei casi, con punte invernali del 70%. La parte orientale della Regione invece è spesso interessata da venti da est.

In Figura 5 sono riportate le rose dei venti delle stazioni di Milano Linate (area padana) e Milano Malpensa (area insubrica). La conoscenza del campo anemologico è determinante ai fini di una correlazione fra sorgente di emissione e la concentrazione in atmosfera delle sostanze inquinanti.

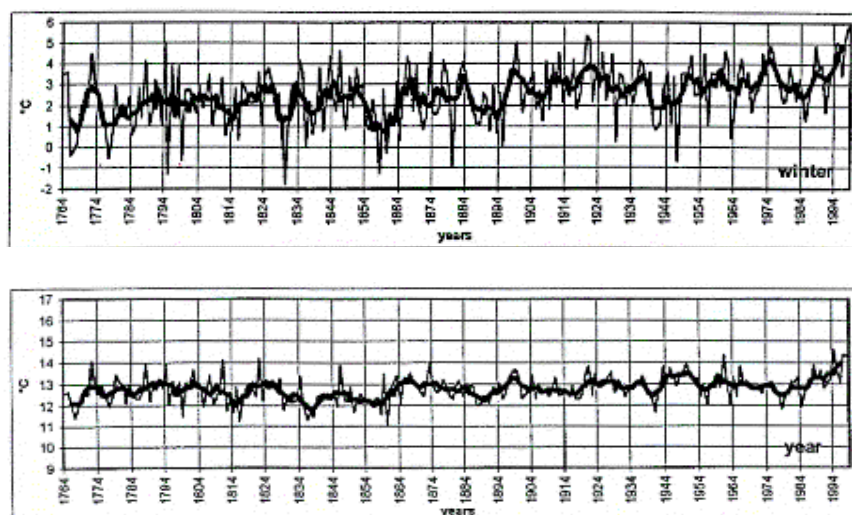
### **Frequenza ed intensità degli eventi estremi**

Le analisi dei trend delle precipitazioni annuali e stagionali nell'arco del secolo scorso indicano, su scala europea, un aumento delle precipitazioni nell'area settentrionale e un decremento nell'area meridionale. In Italia il trend negativo registrato nell'arco degli ultimi 100-150 anni è più marcato nelle regioni centro - meridionali e sembra essere correlato ad un incremento nella frequenza e nella persistenza degli anticicloni sub-tropicali sulle aree centrali e occidentali del bacino del Mediterraneo. Al Nord, la riduzione risulta meno marcata. Studi recenti, basati sull'elaborazione statistica di dati storici di intensità di pioggia provenienti da 5 stazioni del Nord Italia (Genova, Milano, Mantova, Bologna e Ferrara), evidenziano un aumento dell'intensità di pioggia nel periodo compreso fra il 1833 e il 1998. Questo è conseguenza del fatto che, dall'analisi delle serie annuali, emerge un andamento decisamente negativo del

numero di giorni di pioggia a fronte, invece, di una riduzione assai debole delle precipitazioni complessive. In particolare nella stazione di Milano, è stata stimata una riduzione di 21,4 giorni di pioggia /100 anni nel periodo 1880 – 1996 e a Mantova di 12,6 e 10,6. L'andamento crescente dell'intensità di pioggia è dovuto soprattutto alle registrazioni degli ultimi 60 – 80 anni e risulta particolarmente evidente nei periodi 1930 – 1945 e 1975 – 1995. L'analisi in base alle classi di intervalli (mm di pioggia) e di percentili (valori al di sotto dei quali sono comprese diverse percentuali delle occorrenze della serie), mostra anche una distribuzione crescente al crescere della classe di intensità. Genova riporta il più elevato incremento assoluto del 95°percentile (20% rispetto alla media), seguita da Milano (18%) e Mantova (23%). Dallo studio emerge, in conclusione, che l'aumento degli eventi estremi di precipitazione degli ultimi 60 - 80 anni interessa soprattutto la parte occidentale del bacino del Po con l'aumento di rischi di inondazione in tutta la regione.

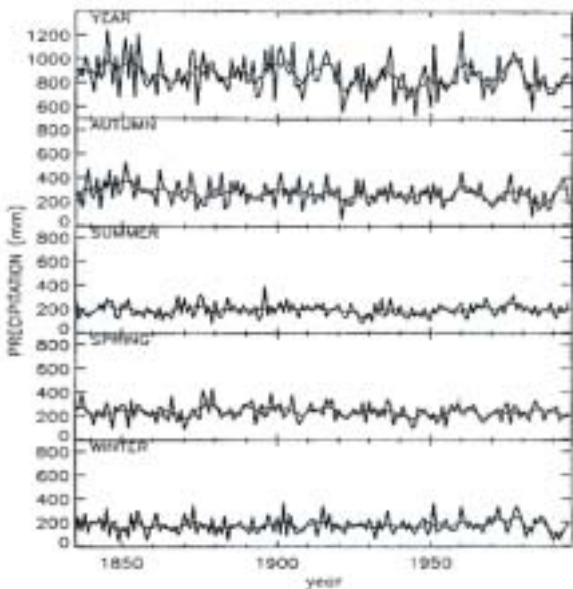
### Riferimenti bibliografici e siti internet

- # Piano Regionale della Qualità dell'Aria (PRQA), 2000, G. Tebaldi, Attività A 1.2 *Climatologia*;
- # L. Mariani, 1998, ERSAL Servizio Meteorologico Regionale, [www.protezionecivile.regione.lombardia.it](http://www.protezionecivile.regione.lombardia.it), I° programma regionale di previsione e prevenzione, *Meteorologia e Clima*;
- # M. Maugeri, L. Buffoni, B. Delmonte, A. Fassina, 2000, *Daily Milan temperature and pressure series: completing and homogenising the data*, Special issue of Climatic Change about IMPROVE project, in press.
- # M. Brunetti, L. Buffoni, M. Maugeri, T. Nanni, 1999, *Precipitation intensity trends in Northern Italy*, International Journal of Climatology 20: 1017 – 1031 (2000).
- # L. Buffoni, M. Maugeri, T. Nanni, 1998, *Precipitation in Italy from 1833 to 1996*, *Theoretical and Applied Climatology* 63, 33 – 40 (1999).

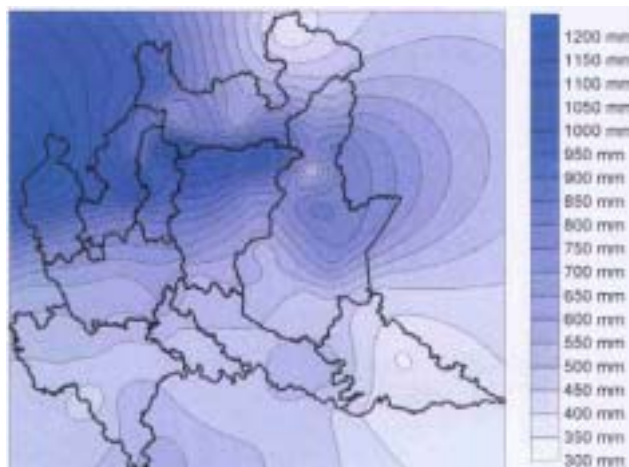


**Figura 1:** stazione di Milano Brera : serie omogeneizzate di temperature invernali(in alto) e annuali (in basso). Valori medi e media mobile su 5 anni (linea più marcata).

Fonte: M. Maugeri, L. Buffoni, B. Delmonte, A. Fassina, 2000, *Daily Milan temperature and pressure series: completing and homogenising the data*.

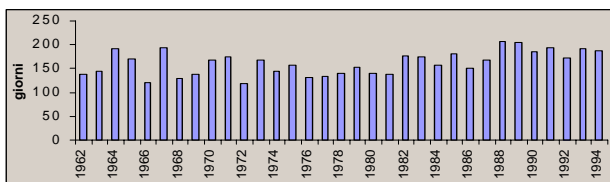


**Figura 2:** precipitazioni annuali e stagionali nel Nord Italia dal 1833 al 1996. Valori medi e media mobile su 5 anni.  
Fonte: L. Buffoni, M. Maugeri, T.Nanni, 1998, *Precipitation in Italy from 1833 to 1996*.

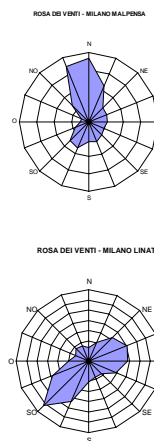


**Figura 3:** mappa della distribuzione spaziale del 90° percentile (Q90) delle precipitazioni autunnali in Lombardia (da serie storiche periodo 1951 -1978).  
Fonte: ERSAL.

Persistenza delle condizioni anticicloniche (giorni)	Anno	Data finale
31	1989	23 febbraio
28	1985	8 ottobre
26	1990	27 gennaio
24	1971	27 dicembre
24	1978	25 novembre
22	1964	1 agosto
21	1993	24 gennaio



**Figura 4:** nmero di giorni annui in condizioni anticicloniche nell'area padana e montana. In alto: casi di durata superiore ai 20 giorni.  
Fonte: PRQA 2000 (elaborazioni ERSAL).



**Figura 5:** distribuzione del vento nelle stazioni di Milano Linate e Milano Malpensa.  
Fonte: PRQA 2000.



## 1.1.2 Il mesoclima montano e le variazioni osservate in ambiente

### Aspetti generali

Il **mesoclima alpino** comprende l'area alpina e prealpina lombarda. Fattori climatici tipici sono:

- # Radiazione solare intensa;
- # Temperature invernali meno rigide sulle pendici rispetto al fondovalle ed estive poco elevate;
- # Elevata frequenza di cielo sereno, specie in inverno;
- # Venti di incanalamento in direzione delle valli (fra questi, in particolare, il Föhn);
- # Piogge abbondanti con massimo estivo e minimo invernale.

L'esposizione alla radiazione solare influisce notevolmente sul clima montano: i versanti rivolti a sud presentano mediamente ridotta copertura nevosa e sono più soggetti alla coltivazione, mentre quelli esposti a nord, abbondantemente innevati, sono costituiti da boschi e pascoli. Condizioni climatiche particolari si riscontrano nella parte centrale delle Alpi (ad esempio in Alta Valtellina) che risulta molto asciutta (clima endoalpino). Le precipitazioni decrescono rapidamente avvicinandosi al massiccio centrale, toccando valori medi inferiori agli 800 mm/anno. Le perturbazioni, infatti, tendono a rilasciare la propria umidità in forma di precipitazioni nella parte più esterna (Prealpi e aree più esterne del massiccio).

### L'aumento delle temperature e la riduzione delle precipitazioni nevose

I dati riportati in [Figura 2](#) sono i risultati di una ricerca internazionale nell'ambito del progetto UE ALPCLIM, nato con lo scopo di investigare i cambiamenti climatici attraverso l'analisi della composizione delle stratificazioni glaciali e l'andamento storico di temperature e precipitazioni nell'area alpina. I dati riportati sono elaborati a partire da 97 serie di misure di temperatura media mensile rilevate a quote differenti all'interno di un'area complessiva di 680.000 km<sup>2</sup>, per un periodo di 240 anni compreso tra il 1760 e il 1998 (cfr. [Figura 1](#)). L'area è stata suddivisa in 6 sottoaree omogenee definite analizzando, con metodi multivariati, la matrice dei coefficienti di correlazione tra le serie mensili. Lo studio ha messo in evidenza la componente verticale nelle variazioni climatiche a partire dalla quota dei 1500 m. Il risultato finale ottenuto mostra chiaramente il trend crescente della temperatura, che ha origine all'inizio del '900 (inizio dell'era industriale) accentuandosi dalla seconda metà degli anni '80. Il fenomeno è particolarmente accentuato nelle serie estive (giugno – agosto) e invernali (dicembre - febbraio): in quest'ultimo caso si nota che dalla fine degli anni '60 quasi tutte le annate presentano anomalia positiva. Pur non essendo l'unico fattore correlato, questo può essere indicatore indiretto anche sulla riduzione delle precipitazioni nevose, almeno per quanto riguarda le stazioni a quota non troppo elevata.

### La diminuzione della copertura glaciale

Dai dati riportati in [Figura 4](#), si registra per tutti i ghiacciai la persistenza annuale di un bilancio negativo. In generale, la riduzione subisce un rapido aumento nell'ultimo anno disponibile. La tendenza è generale, da quanto emerge dalla [Figura 5](#): contrariamente al dato relativo alle precipitazioni in pianura (paragrafo precedente), il grado di copertura glaciale è un importante indicatore del fenomeno generale di *global warming*, probabilmente per la natura stessa di "indicatore di accumulo". Le variazioni di copertura glaciale, infatti, dipendono fortemente dall'effetto congiunto dell'andamento di temperature e precipitazioni nei mesi precedenti.

## La franosità

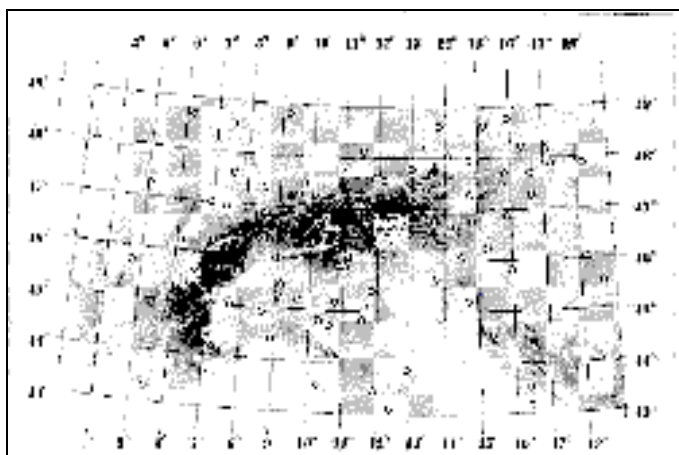
Quasi tutte le aree alpine, prealpine e quella dell'Oltrepò Pavese sono state interessate da eventi franosi. Da un'analisi statistica di serie storiche in Val Chiavenna e nel Bacino Lariano, emerge che la distribuzione mensile degli eventi franosi ha un massimo assoluto nel mese di agosto con circa 13 eventi e uno secondario in novembre (11 eventi). I fenomeni di dissesto idrogeologico - eventi di piena a carattere torrentizio - si distribuiscono fra maggio e novembre con una concentrazione dell'80% dei casi nei soli mesi estivi. Si veda anche la parte IV Capitolo 5 – I rischi naturali e tecnologici.

## Le alterazioni della biodiversità

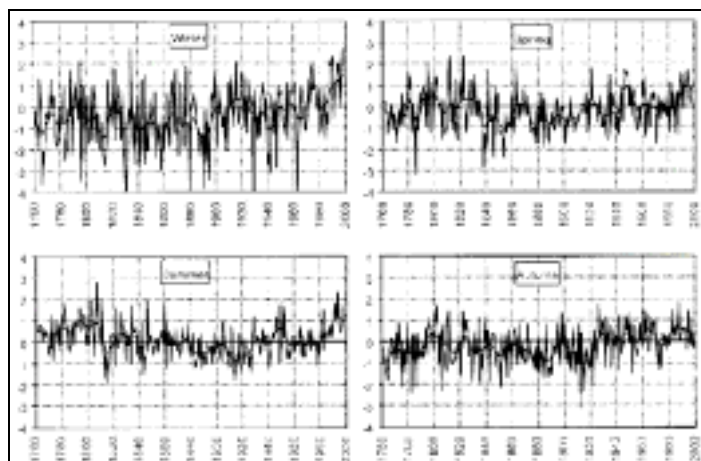
La biodiversità, dall'art. 2 della Convenzione sulla Diversità Biologica (Conferenza delle Nazioni Unite sull'Ambiente e lo Sviluppo, 1992), si definisce come "*la variabilità fra gli organismi viventi d'ogni tipo, inclusi, fra gli altri, i terrestri, i marini e quelli d'altri ecosistemi acquatici, nonché i complessi ecologici di cui fanno parte. Ciò include la diversità entro le specie, fra le specie e la diversità degli ecosistemi*". Dalla comunità scientifica internazionale provengono sempre più segnali di incremento del tasso di estinzione delle specie. Il fenomeno è causato dalla distruzione dei grandi ecosistemi naturali del pianeta (foreste del Sud America e del Sud Est Asiatico, savane africane) e dall'impoverimento biologico degli ambienti antropizzati del Nord del mondo. Le alterazioni climatiche di origine antropica a loro volta contribuiscono all'alterazione degli equilibri biologici, i cui effetti si manifestano nelle variazioni della biodiversità. Nonostante la tendenza generale alla riduzione del numero di specie, l'Italia e la Lombardia, presentano un buon livello di biodiversità. A livello regionale questo è dovuto alla coesistenza di vari ambienti fisici. Dalla [Figura 6](#) emerge come la Lombardia sia particolarmente ricca di specie dotate di mobilità e facilità di diffusione, come gli uccelli e i pesci, l'alta percentuale di questi ultimi riconducibile alla presenza dei grandi laghi e dei numerosi corsi d'acqua e canali. Gli anfibi e i rettili, più sensibili agli impatti prodotti in ambiente fortemente antropizzato sono, con gli invertebrati, la classe con il minor numero di specie (42% rispetto all'Italia).

## Riferimenti bibliografici e siti internet

- €# Piano Regionale della Qualità dell'Aria (PRQA), 2000, G. Tebaldi, Attività A 1.2 *Climatologia*;
- €# L. Mariani, ERSAL Servizio Meteorologico Regionale, [www.protezionecivile.regione.lombardia.it](http://www.protezionecivile.regione.lombardia.it), 1° programma regionale di previsione e prevenzione, *Meteorologia e Clima*, 1998;
- €# Rapporto sullo Stato dell'Ambiente in Lombardia, Compendio Statistico, 1999.
- €# R. Böhm, I. Auer, M. Brunetti, M. Maugeri, T. Nanni, W. Schöner, 2001, *Regional Temperature variability in the european Alps 1760 – 1998 from homogenised instrumental time series*, International Journal of Climatology, in press;
- €# Progetto ALPCLIM: [www.uphys.uni-heidelberg.de/glacis/ALPCLIM](http://www.uphys.uni-heidelberg.de/glacis/ALPCLIM)



**Figura 1:** Rete ALPCLIM di localizzazione delle serie storiche di temperatura. I cerchi rappresentano le serie rilevate a bassa quota (< 1500 m) e i triangoli quelle ad alta quota (> 1500 m). Le scale di grigio identificano le curve di livello a quota 1000, 2000 e 3000 m.  
Fonte: dati progetto ALPCLIM, 2001.



**Figura 2:** Andamento stagionale delle anomalie di temperatura ottenute come media sulle 97 serie utilizzate. Le anomalie sono calcolate rispetto alla media del XX secolo. Singoli valori e curva di smorzamento con filtro passo basso gaussiano (finestra mobile di 11 anni).  
Fonte: dati progetto ALPCLIM, 2001.

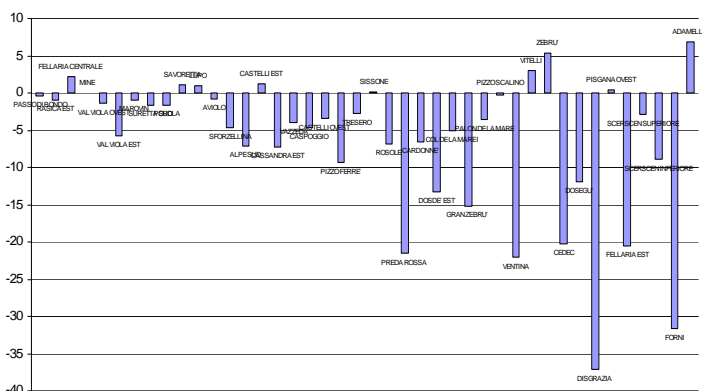


Stazione	Lat. N	Long. E	Altitudine	Spessore max in mm	Inizio	Fine
Predazzo	46° 18'	11° 38'	1200	525	20 novembre	12 aprile
Mendel	46° 35'	11° 25'	1300	875	11 novembre	28 aprile
Ampezzo	46° 41'	12° 16'	1400	1650	3 novembre	11 maggio
Pejo	46° 21'	19° 41'	1600	1025	28 ottobre	29 aprile
Sulden	46° 33'	10° 37'	1800	1225	20 ottobre	21 maggio
Passorile	46° 17'	11° 46'	2000	3925	19 ottobre	5 giugno
Alpi Occ.			1500	625	fine novembre	fine aprile
Alpi Occ.			2200	3000	fine ottobre	metà giugno

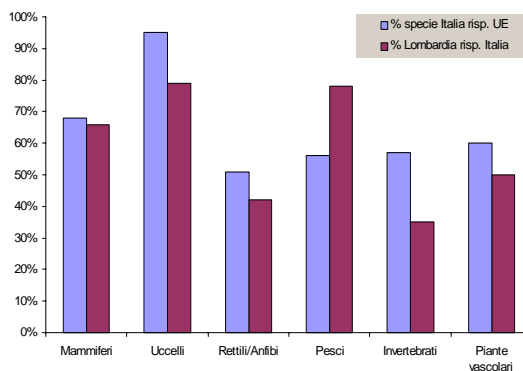
**Figura 3:** Spessore, durata, inizio e fine del manto nevoso. Dati statistici da alcune stazioni lombarde dell'Aeronautica Militare.  
Fonte: Regione Lombardia, Piano Regionale della Qualità dell'Aria, 2000.

<b>Ghiacciai</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>
<b>Sforzellina</b>	-860	-814	-1682
<b>Ferré</b>	N.e.	N.e.	-481
<b>Ventina</b>	-903	-906	-1271
<b>Fellaria Occ.</b>	-556	-219	-1211
<b>Scalino</b>	-138	-532	-1443
<b>Forni</b>	-2890	-2581	-2745
<b>Marinelli</b>	N.d	-284	-2017
<b>Dosdè Or.</b>	N.e.	-219	-426

**Figura 4.** Andamento del bilancio di massa di alcuni ghiacciai alpini in mm eq.  
Fonte: Regione Lombardia, Rapporto sullo Stato dell'Ambiente (RSA) 1999.



**Figura 5.** Variazione annuale della superficie dei 43 ghiacciai alpini con superficie maggiore di 11 ha. Anno 1998.  
Fonte: Regione Lombardia, RSA 1999.



**Figura 6.** Confronto fra la percentuale del numero di specie presenti in Italia rispetto a quelle presenti nell'UE e fra la percentuale del numero di specie presenti in Lombardia rispetto a quelle presenti in Italia.  
Fonte: Regione Lombardia, RSA 1999.

## 1.2 L'effetto serra e le emissioni di composti climalteranti

### 1.2.1 I gas climalteranti

#### L'effetto serra: origine del fenomeno

Nel 1990 l'Intergovernamental Panel on Climate Change (IPCC), decretò, con la prima valutazione scientifica sui cambiamenti climatici, che l'aumento delle concentrazioni dei gas serra in atmosfera causato dalle attività antropiche potrebbe concorrere in modo rilevante al riscaldamento della superficie terrestre. La presenza di questi gas - principalmente CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, O<sub>3</sub>, CFC e alogenati - altera il bilancio energetico del sistema Terra - atmosfera, producendo un effetto di *forcing radiativo* positivo, ovvero uno squilibrio del bilancio dovuto alla riduzione della radiazione infrarossa uscente dalla troposfera. Il sistema climatico reagisce per ristabilire, nel tempo, l'equilibrio: per aumentare la radiazione infrarossa uscente deve aumentare la temperatura della superficie terrestre e della troposfera. L'IPCC nel 1990 stimò, considerando anche i "feedback" interni al sistema climatico, che ad un raddoppio della concentrazione di CO<sub>2</sub> in atmosfera potrebbe corrispondere un aumento della temperatura superficiale media globale di circa 2.5 °C. Dopo la Conferenza di Kyoto (1997), nella quale sono stati definiti gli accordi internazionali che indicano livelli di massima di abbattimento dei principali gas serra e gli interventi politico - economici atti alla loro promozione, il problema dell'effetto serra è divenuto uno dei temi ambientali più dibattuti a livello globale.

Il *Global Warming Potential* (GWP) è un indicatore definito come l'effetto di riscaldamento potenziale integrato in un certo intervallo di tempo dovuto all'emissione istantanea di 1 kg di gas serra nell'atmosfera odierna rispetto a quello prodotto da 1 kg di CO<sub>2</sub>. Per mezzo del GWP le emissioni dei diversi gas possono essere sommate al fine di ottenere la pressione ambientale totale.

Gas	GWP
CO <sub>2</sub>	1
CH <sub>4</sub>	21
N <sub>2</sub> O	310
CFC	100- 12.000
Alogenati	6.500- 24.000

### Le emissioni e le fonti di gas climalteranti in Lombardia

A livello regionale, i gas serra presi in considerazione sono soprattutto CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O. Questo perché, sebbene una molecola di CFC abbia un tempo di residenza molto lungo e un GWP di diverse migliaia, le concentrazioni in atmosfera sono molto piccole e difficilmente stimabili. Di seguito si riportano i **principali gas climalteranti e loro contributo percentuale al global warming. (IPCC 1996).**

Gas	Concentrazioni attuali (ppm)	Aumento concentrazioni (%) dal 1750	Contributo al global warming (%)	Fonti antropiche principali
CO <sub>2</sub>	358	28%	64%	Combustione di combustibili, deforestazione e cambiamento dell'uso del suolo, produzione di cemento.
CH <sub>4</sub>	1,72	145%	20%	Produzione ed uso di energia (inclusa la biomassa), allevamenti, rifiuti organici in
N <sub>2</sub> O	0,312	15%	6%	Uso di fertilizzanti, produzione di acido nitrico, combustione combustibili fossili
Composti alogenati (HCFC, CFC, HFC, PFC, SF6)	Non applicabile	Non applicabile	10%	Industria chimica, Refrigerazione, condizionatori d'aria, produzione di alluminio

Il contributo di emissioni di CO<sub>2</sub> in Lombardia è nettamente superiore a quello degli altri due gas serra considerati (Figura 2). Questo dato è in linea con le stime generali riportate in Figura 1. Il biossido di carbonio è infatti un tipico prodotto di combustione, in parte riassorbito dalla vegetazione nella reazione di fotosintesi. L'incremento del fabbisogno energetico da fonti tradizionali e la contemporanea riduzione della vegetazione (cambiamento dell'uso del suolo), favoriscono l'incremento delle emissioni. Pur non discostandosi dalla ripartizione dei contributi a livello nazionale, la Lombardia registra una percentuale lievemente superiore di emissioni di metano (13% contro il 10% nazionale) e un contributo inferiore di N<sub>2</sub>O (4% contro il 9% nazionale). Anche questo dato, se correlato alle fonti dei gas, è coerente con la caratterizzazione economica produttiva (prevalenza di secondario e terziario) e fortemente antropizzata della Regione.

### Il trend delle emissioni di CO<sub>2</sub>

In Lombardia le emissioni totali di CO<sub>2</sub> sono passate da circa 63 milioni nel 1990 a 72 milioni di tonnellate nel 1996. Quelle pro capite, in linea con le totali, sono passate da 7.1 tonnellate nel 1990 a 8 tonnellate nel 1996, valore superiore a quello nazionale, che da 7 tonnellate nel 1990 è passato a 7.08 nel 1996. A differenza di questo indicatore, l'intensità carbonica regionale del PIL (rapporto tra emissioni di CO<sub>2</sub> e PIL) è inferiore a quella nazionale (Figura 3). Questo sta a indicare che, nonostante l'intenso sfruttamento antropico della Regione (emissioni pro capite più elevate), questo induce una pressione relativamente inferiore sull'ambiente. In Figura 4 è evidente come, a fronte di una sostanziale stazionarietà dei settori produzione di energia e civile, l'inversione di tendenza delle emissioni per combustione sia in atto unicamente nel settore dell'industria. La causa è probabilmente legata ad una generale contrazione del settore produttivo a fronte di una espansione del terziario, indirettamente confermata dal marcato incremento nel settore dei trasporti.

Quest'ultimo dato è in linea con l'evoluzione socio-economica descritta nella Parte I della presente relazione (cfr. Par. 3.2). Questo dato mette ancora una volta in rilievo l'importanza di una corretta politica dei trasporti che incentivi la conversione della domanda di mobilità verso un servizio pubblico alternativo al traffico privato su gomma.

## II trend delle emissioni di CH<sub>4</sub>

Nel 1996 l'IPCC ha stimato che, a livello mondiale, la concentrazione di metano in atmosfera sia più che raddoppiata negli ultimi due secoli. Pur contribuendo in percentuale modesta rispetto alla CO<sub>2</sub>, il metano ha un GWP pari a 21 e questo fa sì che sia il secondo gas in termini di responsabilità dell'effetto serra. Dalla [Figura 5](#) si rileva che in Lombardia l'andamento è stabile e che lo smaltimento dei rifiuti in discarica è la fonte più rilevante, costituendo da sola circa il 40% delle emissioni totali (dal 1994 al 1996 è passata dal 36 % al 39%). Anche l'estrazione di gas naturale è fonte di perdite di metano: il contributo annuo, attorno all'1%, è però trascurabile rispetto al totale. Il metano viene inoltre emesso da fonti naturali, quali i terreni paludosi, i laghi, le foreste, che emettono in Lombardia mediamente tra le 15 e le 16 kt all'anno.

## II trend delle emissioni di N<sub>2</sub>O

Il protossido di azoto, come i CFC, è responsabile sia dell'effetto serra che dell'assottigliamento dello strato di ozono stratosferico. L'emissione di N<sub>2</sub>O è aumentata di circa il 50% negli ultimi due secoli e, pur avendo un GWP pari a 310, contribuisce in porzione meno rilevante al riscaldamento (6% da [Figura 1](#)), ha volte il biossido di carbonio. Le fonti significative nel contesto regionale sono la combustione di combustibili fossili nel settore civile e industriale, l'allevamento e l'agricoltura, il termotrattamento dei rifiuti (stimato solo a partire dal 1994). Dalla [Figura 6](#) si nota come, a differenza degli altri due gas, il trend delle emissioni sia sostanzialmente decrescente. Il fenomeno è probabilmente legato alla conversione dall'uso di combustibili fossili a favore del gas naturale e altri composti, sia nel settore civile che in quello industriale.

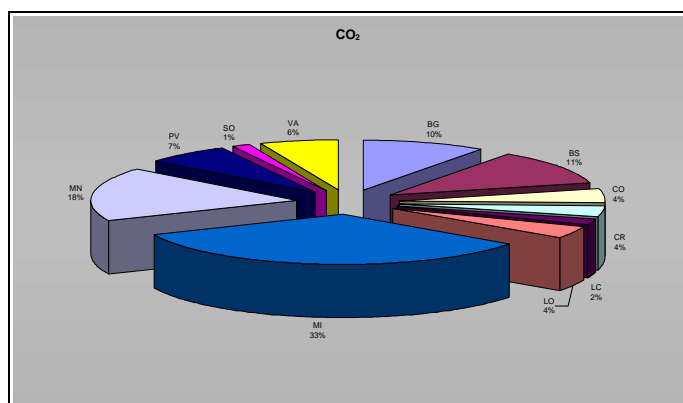
## La rete di monitoraggio delle emissioni

Attualmente non esiste una vera e propria rete di monitoraggio delle emissioni in Lombardia: spesso inoltre sussistono problemi di stima dovuti alle difficoltà di correlare, a livello di disaggregazione provinciale, i dati di produzione con quelli di consumo e di emissione. La conseguenza principale è l'incertezza della valutazione dei flussi reali di carbonio e il conseguente controllo delle emissioni. La Fondazione Lombardia per L'Ambiente prevede un progetto di ricerca (*Progetto Kyoto*, Programma Scientifico 2001-2002), d'intesa con gli assessorati competenti della Regione Lombardia e l'ARPA. Tale progetto prevede lo sviluppo di una adeguata rete regionale di monitoraggio dei gas climalteranti (emissioni, flussi, pozzi-sorgenti, stocks, scenari) attraverso:

- la creazione di un inventario dinamico delle emissioni estensione dell'inventario INEMAR, realizzato con il PRQA);
- la realizzazione di due stazioni di monitoraggio dei flussi di carbonio tra atmosfera e biosfera in coordinamento con la rete europea;
- la messa a punto di modelli per lo studio degli scenari emissivi in funzione di interventi nei settori energetico, industriale, trasporti, agro-forestale e della gestione dei rifiuti.

**Riferimenti bibliografici e siti Internet**

- # F. Apadula, 1999, *Global Warming Potential*, Monitoraggio gas serra, CESI ([www.cesi.it](http://www.cesi.it));
- # Regione Lombardia, 1999, *Rapporto sullo Stato dell'Ambiente in Lombardia*.
- # Fondazione Lombardia per l'Ambiente ([www.flanet.org](http://www.flanet.org)), 2001, *Reti di acquisizione dati e monitoraggio delle emissioni a livello provinciale - Progetto Kyoto*, appunti sulla proposta di progetto.

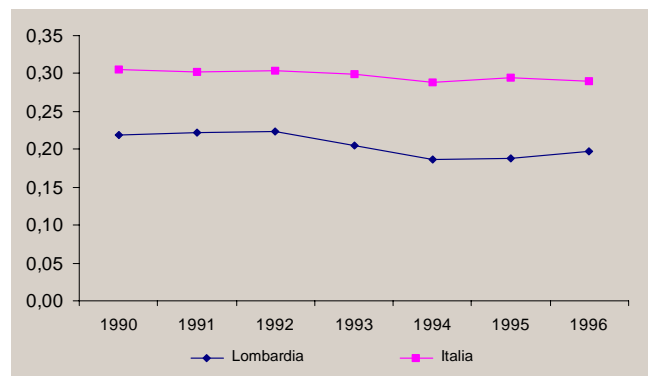


**Figura 1:** ripartizione percentuale delle emissioni di CO2 nelle province lombarde. Anno 2000. Fonte: Inventario Emissioni Regione Lombardia, 2001.

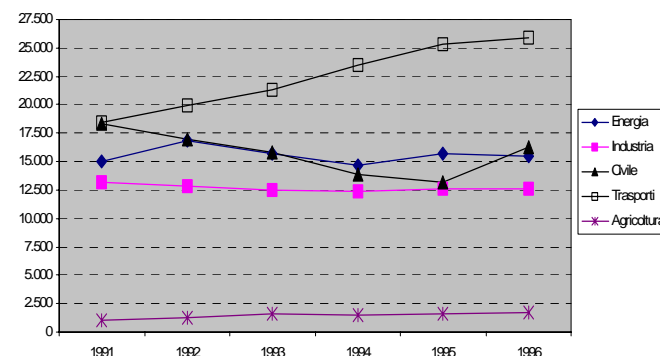
Macrosettori	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>
Centr. Elettr. Pubbliche, Cogeneraz. e Teleriscal.	0,6	1,7	15.155,4
Imp. Di Combust. non Industriale	7,4	1,7	17.181,1
Combust. nell'Industria	1,4	1,4	16.400,2
Proc. Produttivi	0,1	0,0	273,4
Estraz. e Distrib. Comb. Fossili	52,8	-	-
Trasporto su Strada	3,1	0,9	19.127,5
Altre Sorg. Mobili e Macc.	0,0	0,4	901,7
Tratt. e Smalt. Rifiuti	191,1	0,1	947,5
Agricoltura	232,6	3,7	-
Natura	5,7	0,1	-
Totale	494,8	9,9	21.250,2

**Figura 2:** stima delle emissioni di gas serra in kT per macrosettori in Lombardia, nell'anno 2000.

Fonte: Inventario Emissioni Regione Lombardia, 2001.

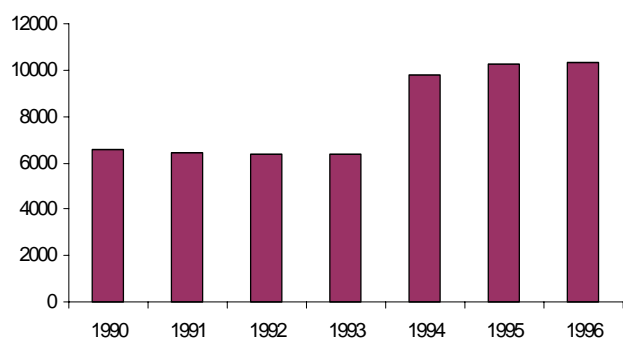


**Figura 3:** intensità carbonica del PIL (Prodotto Interno Lordo) in kgCO<sub>2</sub>/MLit. Confronto fra Lombardia e Italia. Fonte: Regione Lombardia, 1999.



**Figura 4:** trend delle emissioni di CO<sub>2</sub> da combustione (in kT). Il settore civile comprende anche il termotrattamento dei rifiuti. Fonte: Regione Lombardia, 1999.





**Figura 5:** trend delle emissioni annue totali di CH<sub>4</sub> (kT di CO<sub>2</sub>eq) in Lombardia. Solo dal 1994 è disponibile la stima delle emissioni provenienti da discariche (cfr. Figura 5 par. 1.2.2).  
Fonte: Regione Lombardia, 1999.



**Figura 6:** trend delle emissioni annue totali di N<sub>2</sub>O (kT di CO<sub>2</sub>eq) in Lombardia. Per gli anni antecedenti al 1994 non sono state considerate le stime di emissioni da termotrattamento dei rifiuti (cfr. Figura 5 par.1.2.2).  
Fonte: Regione Lombardia, 1999.



## 1.2.2 Le sorgenti

### I contributi e le stime

L'emissione di gas serra dovuta alle attività antropiche trova l'origine principale nei processi di combustione. La produzione e il consumo di energia saranno quindi i settori su cui si porrà maggiore attenzione in quanto aree strategiche nell'ambito della applicazione di politiche di contenimento delle emissioni. In particolare saranno presi in considerazione cinque macro settori: produzione di energia, civile, industriale, trasporti e agricolo. Saranno inoltre valutate le emissioni dovute al trattamento dei rifiuti e alle attività agricole.

La raccolta dettagliata dei dati di emissione permette di evidenziare i contributi delle diverse sorgenti e di valutare di conseguenza le strategie di intervento più opportune. Gli inventari delle emissioni si propongono come strumento per organizzare la mole dei dati relativi agli aspetti tecnologici, economici, territoriali, secondo procedure aggiornabili e verificabili. I dati riportati provengono dall'Inventario Emissioni predisposto dall'Ufficio Sistemi Informativi della Direzione Generale Tutela Ambientale della Regione Lombardia. L'archivio contiene i dati a livello comunale divisi negli undici macrosettori CORINAIR, sulla base delle disaggregazioni effettuate dal CISE delle stime CORINAIR 1990. I fattori di emissione sono quelli introdotti dall'ANPA nel 1999 (adattamento all'Italia dei fattori proposti dalla European Environmental Agency nel 1999). Attualmente in regione è in corso l'aggiornamento dell'Inventario Emissioni in Aria (INEMAR), i cui fattori di emissione sono stimati e corretti in base allo scenario locale. In Figura sono riportati i risultati di una prima elaborazione dei dati di emissione di CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O per l'anno 2000, stimati in base ai nuovi fattori di emissione contenuti nell'inventario INEMAR.

### La produzione di energia tradizionale e da fonte rinnovabile, il teleriscaldamento

La produzione di energia idroelettrica in Lombardia costituisce la fonte di energia rinnovabile più importante, coprendo complessivamente il 30% della produzione totale di energia elettrica (cfr. Figura 1). Le altre fonti rinnovabili promosse a livello regionale sono gli impianti di produzione a biomassa e biogas utilizzati soprattutto per il teleriscaldamento (cfr. Figura 2). In generale, il teleriscaldamento registra in

Lombardia quasi il 50% della sua diffusione nazionale: sebbene la tipologia degli impianti sia prevalentemente ad alimentazione tradizionale (impianti di cogenerazione a combustibile fossile), a livello regionale permette di evitare 230 kt/anno di emissioni di CO<sub>2</sub> (circa il 2% del totale), quantità che sarebbe prodotta da impianti di riscaldamento tradizionali per soddisfare la stessa domanda. Le altre fonti rinnovabili di energia (eolica, fotovoltaica, solare termico) costituiscono ancora oggi una frazione trascurabile della produzione di energia, caratterizzata soprattutto da realtà locali e interventi a piccolissima scala. Un indicatore indiretto della diffusione di questo tipo di impianti può comunque essere il livello di applicazione della L. 308/82 (cfr. paragrafo 1.3.3).

### **La rete di monitoraggio degli stocks di carbonio e dei sinks naturali**

Una quantità significativa di carbonio è stoccata nei prodotti plastici, che hanno una vita commerciale che può variare da alcune settimane ad alcune decine di anni: a fine vita vengono in genere conferiti in discariche. A questo proposito il Progetto Kyoto (cfr. Paragrafo 1.2.1) annovera fra gli obiettivi quelli di definire gli strumenti di valutazione degli stocks di carbonio nei media ambientali e di aggiornare i dati di produzione, import, export e variazione delle scorte dei prodotti di base, intermedi e finali su scala nazionale e di stimare il consumo di prodotti finali in Lombardia.

### **I consumi energetici**

In [Figura 4](#) sono riportati i consumi energetici (Ktep di combustibile) impiegati nei 5 macrosettori individuati. È interessante confrontare il grafico con quello relativo alle emissioni di CO<sub>2</sub> corrispondenti (cfr. [Figura 4](#) paragrafo 1.2.1), da cui emerge che:

- il settore dei trasporti costituisce il fattore di pressione più elevata, con un aumento del 18% dei consumi in 5 anni. A fronte, quindi, di un progressivo miglioramento delle tecnologie orientate alla riduzione dei consumi, la crescente mobilità porti il settore a costituire il principale contributo all'effetto serra della regione;
- anche gli altri settori presentano, con l'eccezione del settore civile, un trend crescente di consumi energetici e di emissioni di CO<sub>2</sub>: in particolare è interessante osservare come l'industria, che presenta i consumi più alti, concorra in modo assai meno rilevante dal punto di vista delle emissioni.

### **Il trattamento dei rifiuti**

Come già accennato nel paragrafo 1.2.1, le attività di termotrattamento e l'accumulo in discarica di rifiuti indifferenziati sono all'origine di contributi non trascurabili alle emissioni rispettivamente di CO<sub>2</sub> e metano (cfr. [Figura 5](#)).

Nonostante a livello legislativo già dal 1994 siano state implementate le politiche di gestione dei rifiuti atte a minimizzare lo smaltimento di rifiuti urbani in discarica, le pressioni causate da questo tipo di smaltimento persistono tutt'oggi, per quanto il trend indichi una progressiva riduzione. Anche per il termotrattamento l'andamento è lievemente decrescente: il miglioramento delle tecnologie e la rapida implementazione della L.R. 21/94 che ha preceduto la normativa nazionale nell'ambito della gestione e dello smaltimento dei rifiuti, concorrono a favorire il contenimento delle emissioni climalteranti, nonostante la produzione complessiva di rifiuti sia in graduale aumento (cfr. Parte IV, Cap. 6).

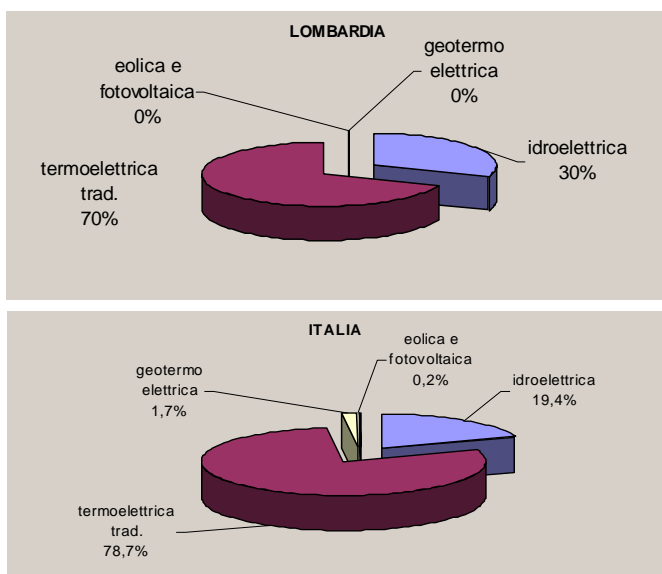
### **Le attività agricole e l'allevamento**

Il settore dell'allevamento e dell'agricoltura (in particolare quella del riso), contribuiscono, in Lombardia, per circa il 2% al totale delle emissioni di metano e di protossido di azoto. Complessivamente hanno un andamento sostanzialmente stabile

(cfr. [Figura 6](#)): sia le attività agricole (emissioni di metano da risaie e di protossido d'azoto da fertilizzanti), sia quelle di allevamento (emissioni di metano da tutti i processi di fermentazione e di protossido d'azoto dagli escrementi) hanno una ripartizione dei contributi alle emissioni costante nel tempo. Anche i dati relativi alla vendita di fertilizzanti azotati in Lombardia (circa 200 kt/anno nel periodo 1990-1996) conferma la sostanziale stabilità del settore.

**Riferimenti bibliografici e siti Internet**

- # Regione Lombardia, 1999, *Rapporto sullo Stato dell'Ambiente in Lombardia*.
- # Fondazione Lombardia per l'Ambiente ([www.flanet.org](http://www.flanet.org)), 2001, *Reti di acquisizione dati e monitoraggio delle emissioni a livello provinciale - Progetto Kyoto*, appunti sulla proposta di progetto.
- # Regione Lombardia, Piano Regionale di Qualità dell'Aria, S. Caserini, 2000, *Inventario Emissioni*.



	Volumetria servita (Mm <sup>3</sup> )	Tele riscaldamento (TJ)	Sistema convenzionale sostituito (TJ)	Risparmio (TJ)
<b>Brescia</b>	28,4	6157	8129	1972
<b>Como</b>	1,2	120	206	85
<b>Cremona</b>	2,4	786	905	120
<b>Mantova</b>	2,5	307	670	363
<b>Milano</b>	4,6	1788	2302	514
<b>Varese</b>	0,3	291	380	8
<b>Totale</b>	<b>39,4</b>	<b>9449</b>	<b>12592</b>	<b>3062</b>

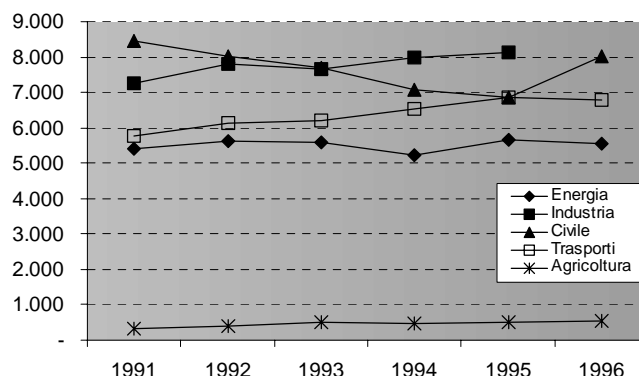
**Figura 2:** volumetria servita dal teleriscaldamento in Lombardia e risparmio energetico conseguito. Fonte: Regione Lombardia, RSA 1999.

**Figura 1:** produzione lorda (GWh) di energia elettrica per fonte. Fonte: GRTN, 1999.



	1990	1995	1996	1997	1998	1999
<b>idroelettrica</b>	6958	8312	9248	9152	9067	9979
<b>eolica</b>	0	2	7	26	51	89
<b>solare</b>	6	10	10	10	13	13
<b>geotermia</b>	909	969	1041	1072	1140	1182
<b>RSU</b>	191	124	134	172	267	382
<b>legna e assimilati</b>	6378	6461	6438	6454	6487	6496
<b>biocombustibili</b>	0	65	45	0	80	80
<b>biogas</b>	9	19	59	95	142	167
<b>totale</b>	<b>14451</b>	<b>15962</b>	<b>16982</b>	<b>16981</b>	<b>17247</b>	<b>18388</b>
<b>di cui non tradizionali</b>	<b>1169</b>	<b>1265</b>	<b>1278</b>	<b>1342</b>	<b>1624</b>	<b>1803</b>

**Figura 3:** energia primaria equivalente prodotta da fonti rinnovabili in Italia. Per non tradizionali si intendono: eolico, solare, RSU, teleriscaldamento a legna, legna e assimilati per la produzione di energia elettrica e calore in impianti industriali, biocombustibili, biogas. Fonte: Elaborazioni ENEA, 2000.



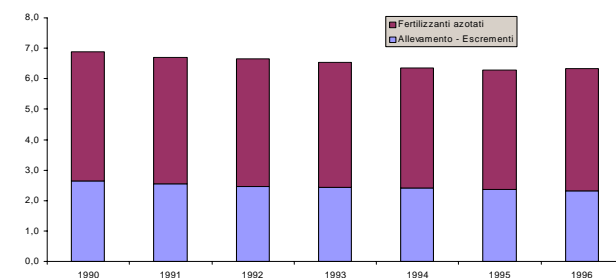
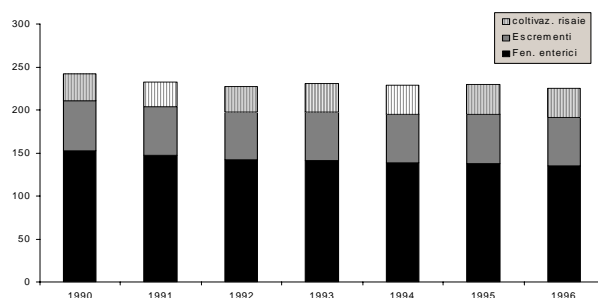
**Figura 4:** trend dei consumi energetici (Ktep) in Lombardia nei 5 macrosettori. Fonte: Regione Lombardia, 1999.





trattamento	emissione (kt CO <sub>2</sub> eq)	1994	1995	1996
termo- distruzione	CO <sub>2</sub>	204,2	185,6	187,9
	N <sub>2</sub> O	4,1	3,7	3,7
discarica	CH <sub>4</sub>	4.057,6	3.689,0	3.734,1
<b>Totale</b>		<b>4.265,9</b>	<b>3.878,3</b>	<b>3.925,8</b>

**Figura 5:** trend delle emissioni annue totali (kt di CO<sub>2</sub>eq) causate dal trattamento dei rifiuti in Lombardia. Tale stima è disponibile dal 1994. Fonte: Regione Lombardia.



**Figura 6:** emissioni annue di CH<sub>4</sub> (in alto) e di N<sub>2</sub>O (in basso) in kt di CO<sub>2</sub>eq in Lombardia da attività di allevamento e agricoltura. Fonte: Regione Lombardia, 1999.



## 1.3 Le politiche di contenimento e le azioni post Kyoto

### 1.3.1 Protocolli internazionali

Nel 1988 per la prima volta l'Assemblea Generale delle Nazioni Unite si occupò di cambiamenti climatici e licenziò la risoluzione 43/53 "Protezione del clima globale per le generazioni umane presenti e future".

Nello stesso anno fu costituito un organismo scientifico, dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO) e dal Programma Ambientale delle Nazioni Unite (UNEP), l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) con lo scopo di "valutare le informazioni scientifiche, tecniche e socio-economiche rilevanti alla comprensione del rischio dei cambiamenti climatici indotti dall'uomo". L'osservatorio internazionale è incaricato di redigere periodicamente esaustivi rapporti sullo stato delle conoscenze e sulle previsioni possibili dei cambiamenti climatici in atto sul Pianeta anche alla luce dei singoli fattori di pressione antropica. Il Primo Rapporto fotografa la situazione al 1990, il Secondo al 1995 e il Terzo al 2000.

Il Primo Rapporto IPCC confermò la minaccia rappresentata dai cambiamenti climatici in atto. In questo venne inoltre evidenziata la necessità per una urgente negoziazione di un accordo globale sui cambiamenti climatici che fu lanciata durante la Seconda Conferenza Mondiale sul Clima (Ginevra, 1990) e attraverso la risoluzione 45/212 dell'Assemblea Generale delle Nazioni Unite.

### La Convenzione sui Cambiamenti Climatici

La Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici – United Nations Framework Conference on Climate Change – UNFCCC, presentata alla Conferenza delle Nazioni Unite su Ambiente e Sviluppo del 1992 (UNCED) meglio nota come "Earth Summit", rappresenta la prima significativa iniziativa politica internazionale per studiare e controllare il problema dei cambiamenti climatici.

La Convenzione articola la preoccupazione per l'aumento delle emissioni di gas-serra e stabilisce le linee guida per la loro riduzione, ma non include alcuna misura coercitiva nei confronti di tali emissioni.

Oggi 185 Paesi (tra cui l'Italia) e l'Unione Europea costituiscono le Parti della Convenzione, cioè Paesi che hanno ratificato il testo. Dal 1994 le Parti si incontrano ogni anno nella cosiddetta "Conferenza delle Parti" o COP per rivedere l'implementazione della Convenzione.

Alla prima COP di Berlino nel 1995, le Parti decisero che gli impegni specifici della Convenzione per i Paesi industrializzati non erano adeguati; fu lanciato un nuovo tavolo di discussione per decidere impegni più forti e dettagliati per questi Paesi.

## II Protocollo di Kyoto

Durante la COP3, che si tenne a Kyoto nel 1997, fu licenziato il protocollo d'intesa sulla riduzione delle emissioni di gas climalteranti e sui meccanismi di implementazione delle relative politiche. Il Protocollo di Kyoto impegna i Paesi più industrializzati del mondo (peraltro responsabili della gran parte delle emissioni) ad un abbattimento medio entro il 2010 del 5.2% delle emissioni di gas-serra, secondo target individuali di riduzione e assumendo come anno di riferimento il 1990. Perché gli obiettivi possano diventare vincolanti si stabilì che dovesse essere ratificato da almeno 55 Paesi rappresentanti di almeno il 55% delle emissioni di CO<sub>2</sub> dei Paesi industrializzati (il più importante tra i sei gas cosiddetti *climalteranti* o gas serra definiti nel Protocollo).

Accanto al livello di abbattimento delle emissioni dei gas-serra, gli accordi di Kyoto indicano alcuni meccanismi politico-economici su cui impostare gli interventi più specifici, quali il commercio delle quote di emissione (*emission trading*), l'attuazione congiunta degli obiettivi di riduzione (*joint implementation*), la cooperazione tra Paesi industrializzati e in via di sviluppo attraverso "meccanismi di sviluppo pulito" (*clean development mechanisms*) aperti sia ad investimenti di governi che di imprese. Il Protocollo introduce anche il meccanismo dello stoccaggio di carbonio attraverso le biomasse agro-forestali e i suoli.

## La negoziazione per la ratifica del Protocollo di Kyoto

Alla COP4 nel 1998, le Parti concordano un programma di lavoro "Buenos Aires Plan of Action" per facilitare il raggiungimento dell'accordo sulle diverse questioni strategiche aperte che avrebbe dovuto licenziare la COP6, L'Aja novembre 2000. Infatti, obiettivo della Conferenza avrebbe dovuto essere la ratifica formale, da parte degli Stati sottoscrittori del Protocollo di Kyoto, di impegni vincolanti per la riduzione programmata delle emissioni dei gas-serra, la definizione dei meccanismi economico-politici atti a realizzarla e la determinazione di sanzioni per gli stati inadempienti.

La Conferenza, conclusasi purtroppo con un vistoso insuccesso, è stata aggiornata a Bonn (luglio 2001). Sono infatti emersi a L'Aja una serie di contrasti sia sul piano politico che sulla interpretazione tecnica di alcuni principi di Kyoto tra differenti blocchi di Paesi portatori di interessi contrapposti. In particolare, mentre l'Europa ritiene che lo sforzo maggiore debba essere rivolto all'abbattimento delle emissioni antropiche dirette (processi di combustione legati a combustibili fossili), gli Stati Uniti intendono inserire nel calcolo dei flussi anche la quota conseguibile attraverso pratiche di riforestazione e afforestazione.

## Le politiche europee

Già prima di Kyoto l'Unione Europea aveva ampiamente discusso e messo in campo una serie di interventi diretti all'abbattimento delle emissioni sia inquinanti che climalteranti.

L'Unione Europea ha così proposto o attivato un primo insieme di misure, quali una tassa sui combustibili fossili che producono CO<sub>2</sub> (*carbon tax*), strumenti di monitoraggio per l'emissione dei gas-serra dai diversi comparti, programmi specifici sull'impatto delle

politiche di contenimento delle emissioni (Quinto Programma di Azione per l'Ambiente, programmi di ricerca ALTENER, SAVE, JOULE-THERMIE, CARBODATA). Sono inoltre state varate direttive per l'industria (*Integrated Pollution Prevention and Control*) e proposte di revisione di precedenti direttive sui grandi impianti di combustione, nel settore energetico, nel settore dei trasporti, del trattamento rifiuti e in agricoltura (v. riforma del CAP *Common Agriculture Policy*).

Nel corso del 1999 la Commissione Europea ha presentato al Parlamento Europeo la Comunicazione "Preparando l'implementazione del Protocollo di Kyoto". Nel marzo 2000 la Commissione ha adottato la Comunicazione "Le politiche e le misure per ridurre le emissioni di gas serra: il Programma Europeo sul Cambiamento Climatico (ECCP)" che supporta gli interventi di settore e, infine, nel 2001 la Commissione ha presentato al Parlamento e al Consiglio il testo definitivo del Sesto Programma di Azione per l'Ambiente 2001-2010 assai incentrato sulla tematica della protezione del clima.

### Riferimenti bibliografici e siti internet

- # Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) <http://www.ipcc.ch>
- # United Nations Framework Convention on Climate Change <http://www.unfccc.int>
- # Climatic Research Unit (CRU), East Anglia University <http://www.cru.uea.ac.uk>
- # Carbon Dioxide Information Centre (CDIAC) <http://cdiac.esd.ornl.gov>

## La storia della negoziazione sul clima

- 1988 – E' istituita l'IPCC da WMO e UNEP
- 1990 – “Primo Rapporto sul Clima” IPCC
- **1992 - Rio de Janeiro**  
“Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici”
- 1994 – La Convenzione UNFCCC entra in vigore
- 1995 – Berlino COP1 e “Secondo Rapporto sul Clima” IPCC
- 1996 – Ginevra COP2
- **1997 - Kyoto COP3**  
“Protocollo di Kyoto”
- 1998 – Buenos Aires COP4  
“Piano di azione” delle Parti
- 1999 – Bonn COP5
- **2000 – L'Aja COP6** e “Terzo Rapporto sul Clima” IPCC
- 2001 – Bonn COP6 bis
- 2001 – Marrakesh COP7

	UNFCCC	Protocollo di Kyoto
<b>definizione</b>	Earth Summit, Rio de Janeiro, 4 luglio 1992	COP3, Kyoto, 1997
<b>entrata in vigore</b>	21 marzo 1994	-
<b>Paesi firmatari</b>	154	84 Paesi, tra il 16 marzo 1998 e il 15 marzo 1999
<b>Paesi che hanno ratificato</b>	185 Paesi	30 Paesi (nessun Paese industrializzato!)

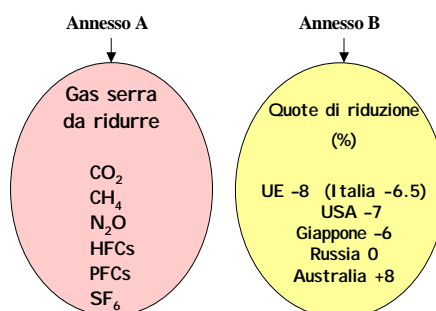
### I blocchi geo-politici delle negoziazioni

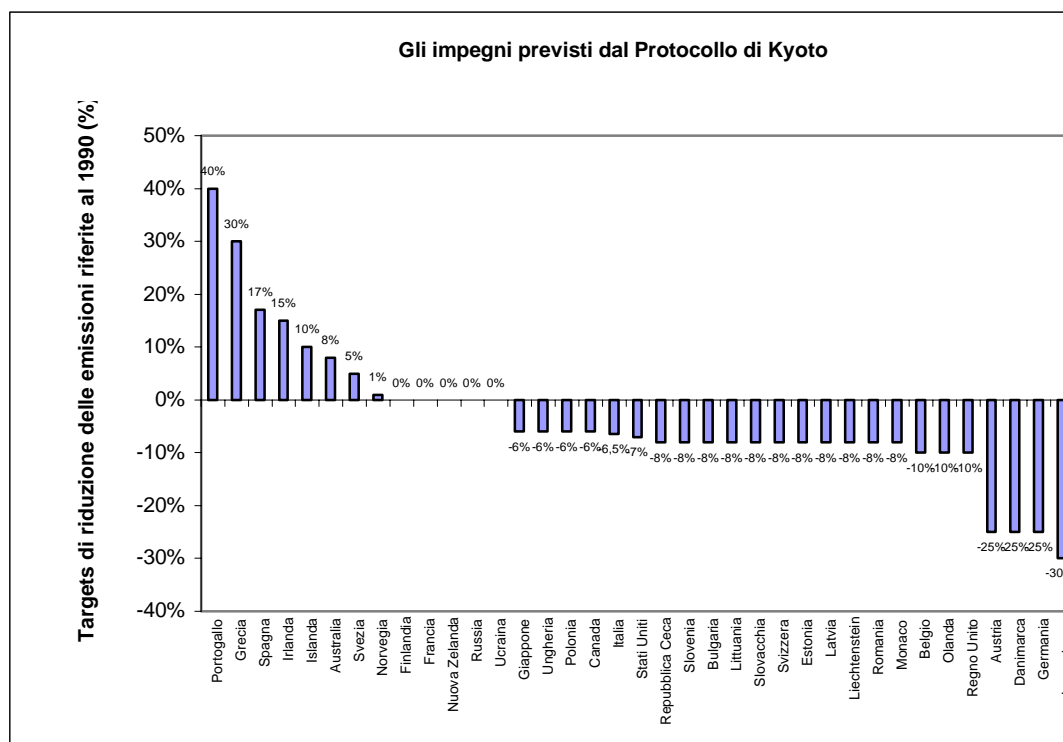
- Unione Europea
- Stati Uniti e Umbrella Group (Canada, Australia, Giappone, Norvegia, Nuova Zelanda)
- G77 e Cina: 133 Paesi in via di sviluppo
- LDCs: 48 Paesi meno sviluppati
- AOSIS: 43 Stati delle piccole isole
- Gruppo Arabo e OPEC: Arabia Saudita, Kuwait,...

## II Protocollo di Kyoto

Emissioni Paesi industrializzati 1990

Emissioni medie annuali 2008-2012 **-5.2%**



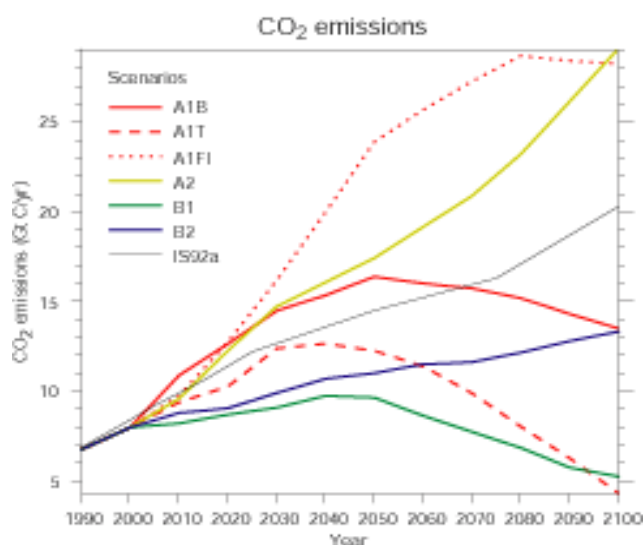


**Emissioni di CO<sub>2</sub> e crescita del GDP nell'Unione Europea; differenza percentuale 1990-1996**

Paesi dell'UE	CO <sub>2</sub>	GDP
Austria	0.2	11.9
Belgio	10.7	7.8
Danimarca	13.9	8.7
Finlandia	12.0	-3.4
Francia	1.7	4.8
Germania	-10.3	9.5
Grecia	7.8	7.2
Irlanda	13.3	35.7
Italia	1.4	6.8
Lussemburgo	-46.6	15.1
Olanda	14.6	9.5
Portogallo	7.9	8.9
Regno Unito	-3.5	6.5
Spagna	2.2	7.8
Svezia	14.3	4.7
EU 15	-0.7	9.0

Fonte: EEA, 1999 (completare)

Previsione emissione CO<sub>2</sub> 2000-2100  
secondo differenti scenari



Fonte IPCC Terzo Rapporto 2001 WGI

Legenda relativa ai differenti scenari:

A2 incremento economico, cambiamenti tecnologici più frammentati e lenti rispetto ad altre linee di tendenza

A1B equilibrio tra le diverse sorgenti

A1FI uso di sorgenti fossili privilegiato rispetto a tutte le altre sorgenti

A1T uso privilegiato di sorgenti energetiche non fossili

A1 mondo in rapido incremento economico con l'introduzione di tecnologie nuove e sempre più efficienti

B1 introduzione di tecnologie pulite efficienti

B2 sviluppo economico più basso rispetto allo scenario A2, differenti cambiamenti tecnologici ma più lenti

### 1.3.2 La normativa italiana

---

Il problema del cambiamento climatico, questione planetaria, deve essere prioritariamente affrontato nel contesto internazionale. Sono tuttavia utili, a parere sia degli scienziati che dei pianificatori, anche politiche su scala regionale soprattutto per individuare specifici interventi di settore.

Dopo l'Earth Summit, l'Italia firmò la Convenzione il 5 giugno 1992 e la ratificò il 15 aprile 1994 ed entrò in vigore il 14 luglio 1994. Con Legge 64 del 15.01.1994 l'Italia varò il "Programma nazionale per il contenimento delle emissioni di CO<sub>2</sub>".

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). Per tali scopi in Italia l'attuazione della Convenzione sui Cambiamenti Climatici e del Protocollo di Kyoto è stata legata a:

- # due distinte delibere del CIPE;
- # all'avvio della loro attuazione tramite il "Servizio per l'inquinamento atmosferico, acustico e per le industrie a rischio" (IAR) del Ministero dell'Ambiente;
- # alla stesura del *Libro Bianco* per la valorizzazione delle biomasse (redatto dall'ENEA come adempimento della seconda delibera CIPE);
- # alla realizzazione dei programmi nazionali di ricerca.

#### Delibera CIPE 3.12.1997

La Delibera CIPE 3.12.1997, "Approvazione delle linee generali della Seconda comunicazione nazionale alla Convenzione sui cambiamenti climatici UNFCCC" individua 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.

In particolare la Delibera CIPE del 1997 aveva indicato i criteri principali per la definizione delle misure necessarie al raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni, tra cui:

- # 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;
- # favorire lo sviluppo delle tecnologie innovative a basse emissioni, con particolare riferimento alle fonti rinnovabili.

#### Delibera 19.11.1998

Sulla base di questi criteri, le "Linee Guida per le politiche e misure nazionali di riduzione delle emissioni dei gas serra" adottate dal CIPE il 19.11.1999 hanno individuato sei azioni nazionali finalizzate all'aumento di efficienza del sistema elettrico, alla riduzione dei consumi energetici nel settore dei trasporti, alla produzione di energia dalle fonti rinnovabili, alla riduzione dei consumi energetici nei settori abitativo/terziario e industriale, alla riduzione delle emissioni nei settori non energetici e, infine, all'assorbimento delle emissioni di carbonio dalle foreste.

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".

## Programmi governativi

Il *Libro Bianco per la valorizzazione delle biomasse* 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.

Anche il più completo *Programma nazionale per la ricerca sul clima* prevede lo sviluppo di linee di ricerca, in collegamento con l'Organizzazione Meteorologica Mondiale e il Panel Intergovernativo sui Cambiamenti Climatici, 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.

Il *Programma nazionale per l'informazione sui cambiamenti climatici* 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.

Infine, l'Italia, come molti Paesi Industrializzati interessati dal Protocollo di Kyoto, hanno già sottoscritto due Comunicazioni Nazionali (una terza è prevista per il 30 novembre 2001) ed attivato il *Focal Point IPCC* presso l'ENEA.

## Trend e politiche di settore

Nonostante il Programma del 1994 prevedesse la stabilizzazione al 2000 delle emissioni del 1990, la mancata implementazione delle politiche e nel contempo un significativo sviluppo economico hanno prodotto un incremento di circa il 7% nel 1999 delle emissioni di gas serra (rispetto ai valori del 1990). In assenza di interventi l'Italia arriverebbe, quindi, alla verifica di Kyoto al 2008-2012 con un impegno di riduzione del 14% (invece di - 6.5%). Questo dato è molto preoccupante, sia per l'impatto economico (gli investimenti necessari richiederanno non meno di 220.000 miliardi di lire) che per la credibilità dell'Italia (Fonte: Ministero dell'Ambiente).

Alla luce degli andamenti osservati nel corso degli anni '90, il rispetto degli obiettivi fissati dal Protocollo di Kyoto non appare oggi molto facile da raggiungere. Vanno comunque segnalati alcuni recenti interventi legislativi: Decreto Legge 79 del 16/03/99 relativa alla riforma del mercato dell'energia elettrica; Carbon tax nella legge finanziaria 1999; sgravi pro impiego sostenibile delle risorse energetiche nella legge finanziaria 2001.

## Riferimenti bibliografici e siti internet

- €# [www.minambiente.it](http://www.minambiente.it) Ministero dell'Ambiente
- €# [www.sinanet.anpa.it/rete/ctn/Ctn\\_ace.asp](http://www.sinanet.anpa.it/rete/ctn/Ctn_ace.asp) ANPA
- €# <http://clima.casaccia.enea.it> Sezione Clima dell'ENEA
- €# [www.unitus.it/dipartimenti/disafri/disafri.html](http://www.unitus.it/dipartimenti/disafri/disafri.html) Università degli Studi della Tuscia (VT)

Stazioni di monitoraggio dei flussi di carbonio

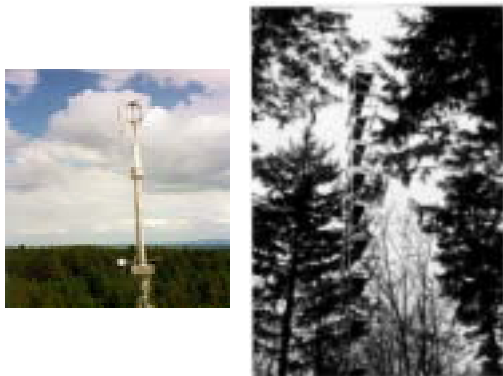


Figura 1.3.2.1: Stazioni di misura dei flussi di carbonio in Italia)

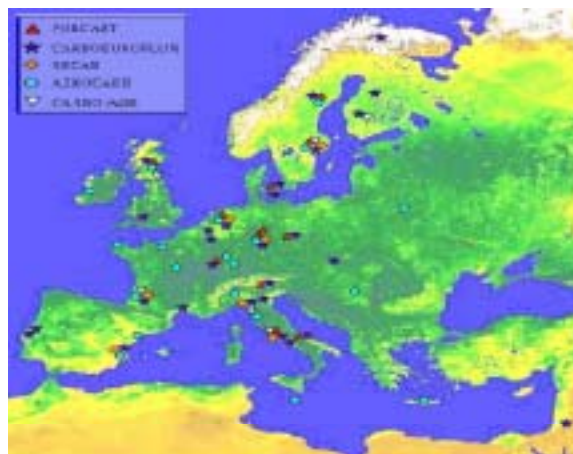
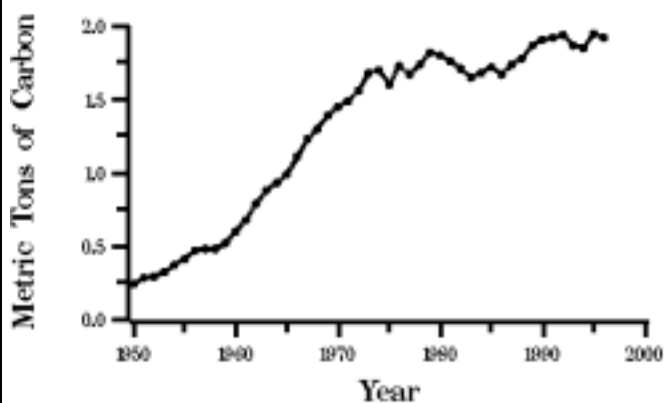
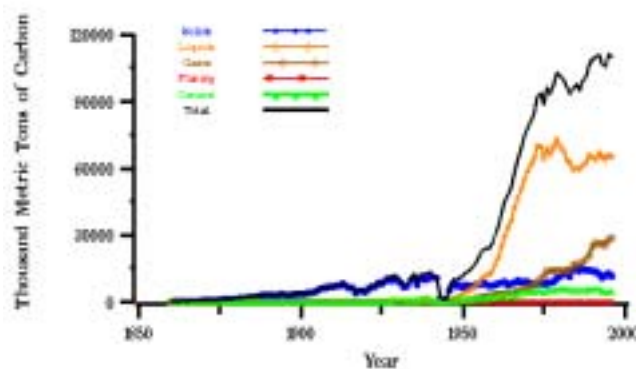


Figura 1.3.2.2: Partecipazione dell'Italia a progetti europei per la misura dei flussi di carbonio



Emissioni di CO<sub>2</sub> per l'Italia  
Fonte: CDIC, 2001



Emissioni di CO<sub>2</sub> pro capite per l'Italia  
Fonte: CDIC, 2001

<b>I principali Decreti indetti dal Ministero dell'Ambiente Anni 2000 e 2001 connessi alla tematica Aria-Clima</b>	<b>II Programma Nazionale "Solare Termico"</b>
<p><u>DM del 25.01.2000</u> – Domeniche ecologiche e riduzione dell'impatto traffico urbano</p> <p><u>DM del 17.02.2000</u> – Sistemi trasporto pubblico</p> <p><u>DM del 3.08.2000</u> – Progetti ammessi a Finanziamento</p> <p><u>DM del 9.11.2000</u> – Cofinanziamento prosecuzione delle Domeniche Ecologiche</p> <p><u>DM del 22.12.2000</u> – Tetti fotovoltaici</p> <p><u>DM del 22.12.2000</u> – Incentivazione sistemi solari termici</p> <p><u>DM del 20.12.2000</u> – Incentivi per la conversione a metano e gpl di autoveicoli non catalizzati</p> <p><u>DM del 20.12.2000</u> – Promozione del car sharing</p> <p><u>DM del 20.12.2000</u> – Incentivazione di programmi proposti dai mobility managers aziendali</p> <p><u>DM del 21.12.2000</u> – Programmi radicali per la mobilità sostenibile</p> <p><u>DM del 31.01.2001</u> - Campagna "Domeniche Ecologiche 2001"</p> <p><u>DM del 5.02.2001</u> – Campagna "Domeniche Ecologiche 2001"</p> <p><u>DM del 22.02.2001</u> – Costituzione dell'Ufficio di Presidenza della Convenzione per la protezione delle Alpi</p> <p><u>DM del 29.03.2001</u> – Programma Tetti fotovoltaici</p> <p><u>DM del 29.03.2001</u> - Campagna "week-end a piedi 2001"</p> <p><u>DM del 30.03.2001</u> - Campagna "week-end a piedi 2001"</p>	<p>Nel 2001 sono partiti alcuni programmi per la realizzazione di impianti solari termici a bassa temperatura presso edifici pubblici e privati per la produzione di acqua calda sanitaria, riscaldamento degli ambienti e riscaldamento delle piscine. (investimenti per complessivi 90 miliardi di lire):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li># Programma "Comune Solarizzato";</li> <li># Programma solare termico per tutti i Comuni con popolazione superiore ai 50000 ab.;</li> <li># Programma solare termico per Aziende comunali distributrici di gas naturale (ai sensi del decreto di liberalizzazione del mercato del gas, questi devono soddisfare a partire dal 2002 una quota definita di riduzione delle emissioni di anidride carbonica attraverso interventi di innalzamento dell'efficienza energetica e l'utilizzo dell'energia solare);</li> <li># Programma solare termico Regione Lombardia (v. Accordo di Programma Quadro);</li> <li># Programma nazionale di Solarizzazione dei penitenziari italiani.</li> </ul> <p><b>II Programma Nazionale Tetti Fotovoltaici</b></p> <p>Il Programma Tetti Fotovoltaici (FV), che si propone la realizzazione di impianti FV di taglia compresa tra 1 e 50 kW, collegati alla rete elettrica e integrati nelle strutture edili (tetti, terrazze, facciate, elementi di arredo urbano, etc.), è articolato in due fasi nell'arco di 6 anni: la prima prevede l'installazione di 10.000 impianti per complessivi 50 MW, la seconda consentirà la realizzazione di ulteriori 40.000 impianti per una potenza complessiva di oltre 200 MW (investimenti per complessivi 1.900 miliardi di lire.). Nel 2001 sono partiti tre progetti specifici:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li># Impianti FV di taglia compresa tra 1 e 20 kWp per i soggetti pubblici (Comuni capoluogo di Provincia, Comuni facenti parte di aree protette, Province, Università ed Enti Nazionali di Ricerca);</li> <li># Impianti FV da 1 a 20 kWp per i privati e i soggetti pubblici non ricadenti nel primo programma;</li> <li># Impianti FV di grande taglia, almeno 30 kWp da integrare in edifici di alta valenza architettonica.</li> </ul>

### 1.3.3 Le politiche regionali

---

#### Premessa

Nella delibera del CIPE 1999 sugli impegni da attuare per il "dopo Kyoto" si estendono le responsabilità delle azioni sia al governo che alle autorità decentrate.

La politica ambientale di una regione deve essere imperniata sui principi dello sviluppo sostenibile coniugato con la crescita economica locale.

Le riduzioni di emissioni di gas climalteranti che il nostro Paese si è impegnato a conseguire richiedono un impegno specifico maggiore. Occorre definire ed impostare articolate serie di iniziative che coinvolgano diverse azioni. In ambito territoriale, ruolo centrale deve essere assunto dalle Regioni soprattutto in alcuni settori particolari (trasporti, energia, industria).

La Lombardia è responsabile dell'emissione di una alta quantità di gas climalteranti nell'ambito nazionale, a causa dello sviluppato tessuto produttivo che coinvolge una regione già densamente popolata. Il settore della produzione di energia elettrica e termica è la principale sorgente di emissione per ridurre le quali occorre investire su un più deciso risparmio energetico e sull'utilizzo di fonti energetiche alternative e pulite.

#### Accordo di Programma Quadro 2001

In questo quadro si colloca l'Accordo di Programma Quadro in materia di Ambiente ed Energia sottoscritto da Ministero dell'Ambiente e Regione Lombardia (DGR n.3389 del 9.02.2001) che contiene gli ambiti di intervento prioritari per l'attivazione di un progetto che sia la risposta agli impegni di riduzione delle emissioni dei gas climalteranti di cui alla Conferenza di Kyoto, individuando soluzioni innovative in alcuni settori chiave ad alta emissione di CO<sub>2</sub>.

In particolare attraverso questo Accordo il Governo delega la Regione Lombardia all'attuazione di una parte significativa del programma di attività di riduzione dei gas climalteranti emessi in Lombardia.

L'Accordo prevede investimenti nel settore energetico (sistemi di cogenerazione e teleriscaldamento, impiego di biomasse come combustibili rinnovabili) nel quadro dell'abbattimento delle emissioni climalteranti. Questo si configura come un vero e proprio contratto finalizzato alla realizzazione di un complesso di interventi e di programmi per la riduzione delle emissioni climalteranti e per il risanamento e la salvaguardia ambientale del territorio lombardo. Tra gli specifici interventi previsti:

## Programma di interventi per la produzione di energia con riduzione delle emissioni climalteranti (fondo per gli anni 2001 e 2002 della RL: 380 miliardi di lire): realizzazione di impianti energetici alimentati da biomasse legnose; distribuzione del calore tramite reti di teleriscaldamento prodotta con tecnologie di cogenerazione urbana e/o da fonti rinnovabili;

## Programma per la realizzazione di una rete di monitoraggio della qualità dell'aria e delle emissioni, in attuazione del Piano Regionale per la Qualità dell'Aria e, in particolare, per controllare le emissioni degli impianti di produzione del calore distribuito con il sistema del teleriscaldamento e di tutti gli altri grandi impianti industriali (fondo per gli anni 2001 e 2002 della RL: 4 miliardi di lire): progettazione e realizzazione di reti di monitoraggio delle emissioni in atmosfera dei grandi impianti presenti in Lombardia.

## **Gli interventi necessari e le azioni possibili**

Gli interventi diretti ad ottimizzare l'efficienza del sistema energetico regionale in combinazione con la riduzione delle emissioni inquinanti sono in assoluto d'accordo con la normativa in materia di aiuti al settore energetico L.10/91 e con l'erogazione di contributi in base alla L.308/82 sul risparmio energetico. Un esempio di tale impegno è riscontrabile nel progetto per il teleriscaldamento in Valtellina, attraverso la realizzazione di due impianti che utilizzano biomassa.

Per quanto riguarda il settore del risparmio energetico la Regione Lombardia emanò un decreto attuativo della legge 10/91: DPR 412/93 "Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia".

Strumento di pianificazione di settore fondamentale sarà costituito dal Piano Energetico Regionale che la Regione Lombardia sta predisponendo.

Tra le leggi regionali del settore agricoltura e allevamento si cita la LR 37/93 "Norme per il trattamento, la maturazione e l'utilizzo dei reflui zootecnici". Di estremo interesse sono anche i progetti di ricerca regionali connessi alla "Carbon Tax 2001" tra i quali spicca lo studio per la creazione di nuove aree boscate in pianura come previsto dalle Convenzioni internazionali sul Clima, sulla Desertificazione e sulla Biodiversità.

Regione Lombardia e ARPA Lombardia hanno indicato in diverse occasioni gli impegni e le risorse che gli Enti intendono approfondire per raggiungere gli obiettivi di risanamento atmosferico a valle del Protocollo di Kyoto. Uno strumento importante per raggiungere questo scopo è rappresentato sicuramente dal Piano Regionale per la Qualità dell'Aria (PROQA) e dalla sua prevista implementazione nell'ambito dello specifico contesto dello studio dei gas climalteranti: compilazione dell'inventario delle emissioni di gas serra, definizione di una rete di monitoraggio dei gas serra, identificazione degli scenari emissivi e individuazione dei possibili interventi di settore. Al fine di approfondire lo studio del clima in Lombardia, si sottolinea che la nostra Regione dispone di un enorme patrimonio di dati meteorologici, in larga parte ancora inesplorato (v. [Figura 1.3.3.1](#)).

## **Riferimenti bibliografici e siti internet**

- ☞ Istituto di Fisica Generale Applicata, ISAO-CNR e Osservatorio Astronomico di Brera <http://www.isao.bo.cnr.it>
- ☞ Ente Regionale di Sviluppo Agricolo <http://www.ersal.lombardia.it>
- ☞ Centro Geofisico Prealpino e Società Meteorologia Subalpina (SMS) <http://www.astrogeo.it>

**Il capitolo è stato redatto dalla Fondazione Lombardia per l'Ambiente**

[www.flanet.org](http://www.flanet.org)



**Figura 1.3.3.1:** La Lombardia dispone di alcune tra le più lunghe serie di dati meteorologici del mondo. Alcune di esse come Milano Brera sono già state studiate, altre (Brescia) sono attualmente ancora inesplorate. Nella foto la Torre su cui sono stati rilevati i dati meteorologici di Brera.

<<



**Figura 1.3.3.2:** Camelie e forsiezie, precocemente fiorite, sotto la neve di Marzo – Centro Geofisico Prealpino, Varese



**Figura 1.3.3.3:** la riduzione del volume dei ghiacciai costituisce uno degli aspetti più evidenti del riscaldamento del Ventesimo secolo. Nell'illustrazione il ghiacciaio dei Becchi della Tribolazione come appariva a V. Sella nel 1894 (in alto) e lo stesso ghiacciaio come appariva nel 1991 (in basso).  
Fonte: Nimbus, 17-18, pag. 26.