



PARTE PRIMA

Le componenti e i sistemi ambientali



3

ARIA

A cura di Mauro Maria Grosa

ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino

Bona Griselli

ARPA Piemonte, Dipartimento di Ivrea

Francesco Lollobrigida

ARPA Piemonte, Dipartimento di Grugliasco

3.1 QUALITÀ DELL'ARIA

(A cura di Mauro Maria Grosa - ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino, Area Qualità dell'Aria ed Emissioni)

Nell'anno 2001, periodo temporale di riferimento, la qualità dell'aria ha mostrato un lieve miglioramento nei valori misurati nella gran parte degli indicatori utilizzati nel presente rapporto.

E' doveroso, però, rilevare che spesso il miglioramento, o il peggioramento, dei livelli immissivi misurati su tempi brevi, come può essere l'anno, è influenzato pesantemente dalla variabile meteorologica.

Questa variabile, infatti, esercita un peso sui valori misurati su base annuale che, nella maggior parte dei casi, è più rilevante delle riduzioni o incrementi delle emissioni su scala regionale.

Naturalmente vi sono delle eccezioni riguardanti, ad esempio, l'esclusione dal commercio della

benzina super, sostituita da quella *verde*, che ha determinato un'ulteriore ed evidente riduzione del contenuto di piombo, classico inquinante primario, nelle polveri sospese.

Altri esempi, di rilevanza più locale, sono riferibili al miglioramento dei processi produttivi, in termini di emissioni, e alla diminuzione della frazione dei combustibili liquidi, di scarsa qualità, usati per la generazione di energia.

Tali cambiamenti si riflettono in un complessivo miglioramento della qualità dell'aria, in particolare per le aree ad elevata concentrazione di sorgenti emissive, soprattutto per gli inquinanti primari ovvero emessi come tali (monossido di carbonio, benzene, metalli pesanti, ecc.).

In generale si può affermare che il miglioramento della qualità dell'aria, evidenziabile su scala pluriennale, deriva principalmente dalle applicazioni delle innovazioni tecnologiche, per quanto riguarda le emissioni, promosse a loro volta dall'evoluzione della normativa europea, nazionale e locale inerente la qualità dell'aria ed alle emissioni.

La qualità dell'aria è qui trattata sinteticamente in termini di *indicatori di stato* (per il monitoraggio dei parametri chimici) e *indicatori di impatto* (per il biomonitoraggio), nell'ambito del modello DPSIR, descrivendo, ove possibile, i principali indicatori proposti dal Centro Tematico Nazionale Aria Clima Emissioni (CTN-ACE, 2000) e la loro evoluzione temporale.



Indicatore / Indice	DPSIR	Unità di misura	Livello territoriale	Anno di riferimento	Disponibilità dei dati	Andamento numerico	Stato Ambientale
CO - sup.media 8 ore	S	numero	Provinciale	2001	☺	↘	☺
CO - massima media 8 ore	S	mg/m ³	Provinciale	2001	☺	↘	☺
NO ₂ -sup. limite orario	S	numero	Provinciale	2001	☺	↘	☹
NO ₂ media annua	S	µg/ m ³	Provinciale	2001	☺	↘	☹
O ₃ - sup. limite orario	S	µg/ m ³	Provinciale	2001	☺	⇒	☹
O ₃ - sup. limite prot. vegetazione	S	numero	Provinciale	2001	☺	⇒	☹
PM10 - media annua	S	µg/ m ³	Provinciale	2001	☹	↘	☹
PM10 - sup. limite giornaliero	S	µg/ m ³	Provinciale	2001	☹	↘	☹
PTS - media annua	S	µg/ m ³	Provinciale	2001	☹	↘	☹
Benzene - media annua	S	µg/ m ³	Provinciale	2001	☹	↘	☺
Biodiversità lichenica	I	BL	Puntuale	2000-2001	☺		
Bioaccumulo	S	µg/kg	Puntuale	2000	☺		
Biomonitoraggio O ₃ con tabacco	I	IDF	Puntuale	2000	☺	⇒	

3.1.1 RETI DI MONITORAGGIO STRUMENTALE

La situazione, nell'anno 2001, della composizione della rete regionale di monitoraggio, comprensiva dei mezzi mobili, è parzialmente differente da quella descritta nel precedente rapporto in quanto le nuove stazioni di monitoraggio sono state quasi tutte posate ed hanno incominciato a funzionare. Oltre 40 comuni, la cui distribuzione è visibile in **figura 3.1** (stazioni attive ARPA/Provincia), sono sede di almeno un punto fisso di monitoraggio gestito da enti pubblici istituzionalmente competenti, per un totale di 65 punti di monitoraggio complessivi. La loro dotazione strumentale, per i principali parametri chimici, è riportata in **tabella 3.1**.

Si evidenzia un netto miglioramento della distribuzione sul territorio regionale: le province di Vercelli, Asti e di Cuneo sono state dotate di reti calibra-

te sulle caratteristiche del territorio in seguito alla realizzazione di quanto previsto nel Piano regionale di risanamento, sia delle stazioni fisse (14 in più rispetto alla situazione attuale, nei comuni indicati nella figura 3.1), sia della strumentazione.

Altre reti fisse appartengono all'ENEL, a Barricalla S.p.A., Con.Ser.VCO e AEM.

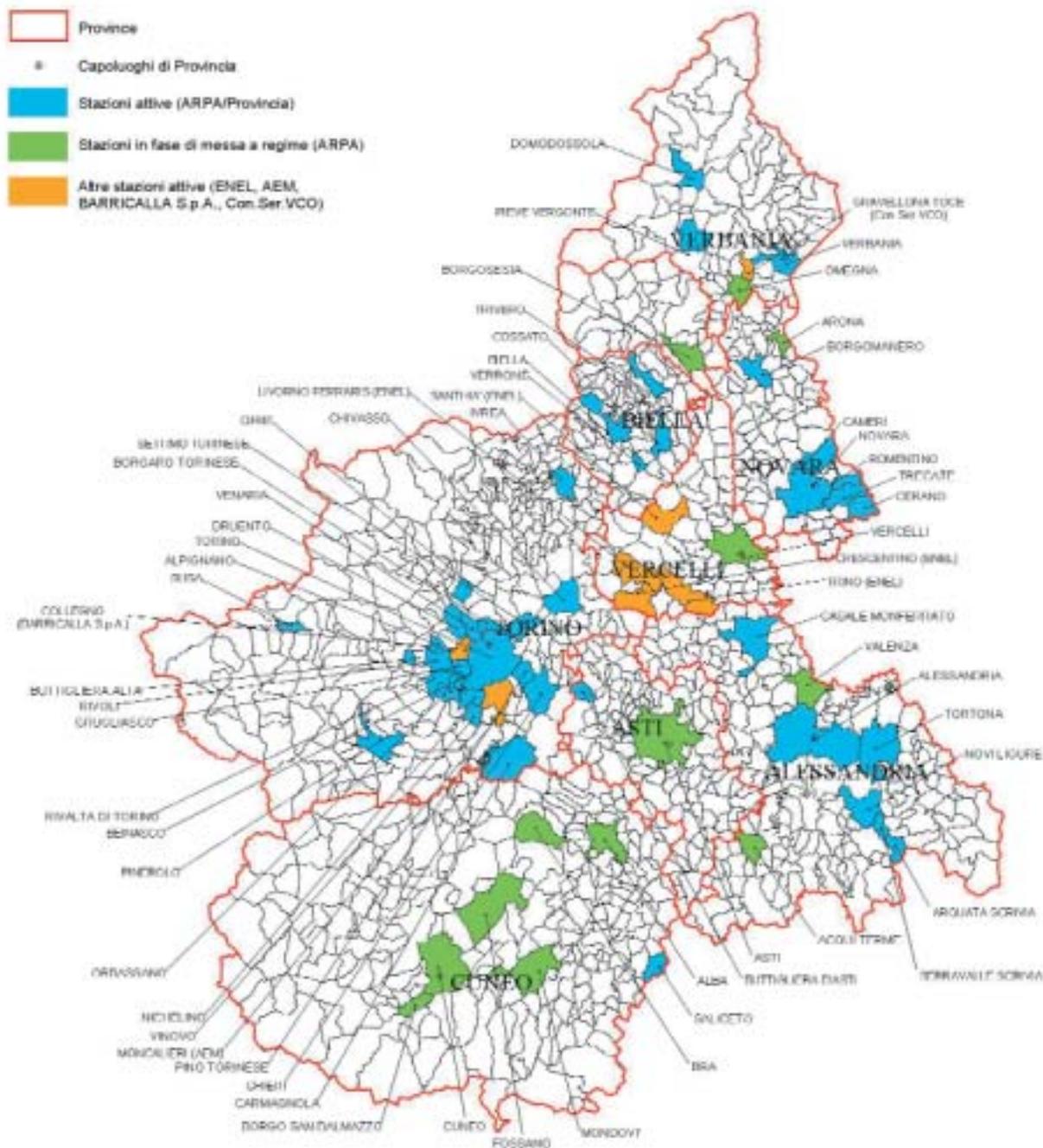
Sul territorio regionale operano 5 mezzi mobili gestiti dall'ARPA, ai fini di integrare il monitoraggio della qualità dell'aria, sul territorio non coperto dalla rete fissa, con campagne di durata variabile (da 10 giorni a diversi mesi).

Tramite tali mezzi mobili, nel 2001 sono continuate le campagne di monitoraggio con un particolare riguardo verso situazioni di interesse locale.

Il numero di stazioni fisse di monitoraggio può essere considerato come esempio di *indicatore di risposta*, nell'ambito del modello DPSIR, da parte dell'amministrazione pubblica.



Figura 3.1 - Stazioni fisse per la valutazione della qualità dell'aria: comuni interessati



Fonte: Elaborazione ARPA Piemonte - Settore Sistema di Informazione Geografica

3.1.2 INDICATORI CHIMICI DI STATO

Al fine di rappresentare la situazione della qualità dell'aria in Piemonte, si è scelto di utilizzare come indicatori di stato i livelli degli inquinanti più significativi in termini di:

- disponibilità di dati sul territorio
- attuale rilevanza per l'impatto sull'uomo e/o sull'ambiente
- conformità alla normativa nazionale o europea vigente

- corrispondenza con gli indicatori prioritari individuati dal CTN-ACE.

Come indicatori statistici di ciascun inquinante, in carenza di specificazioni ulteriori da parte del CTN-ACE, sono stati adottati quelli che consentono attualmente la migliore stima degli impatti di tipo acuto (es. il n° dei superamenti di un limite di concentrazione, su base temporale massima giornaliera) e di tipo cronico (es. la concentrazione media su base annua) dovuti all'inquinamento atmosferico. In proposito si è cercato di utilizzare,



Tabella 3.1 - Stazioni fisse di monitoraggio e relativi parametri misurati (anno 2001)

Provincia	Comune	tipo stazione			parametro					
		rurale	traffico	urbana	biossido di azoto	monossido di carbonio	ozono	benzene	polveri PM10	polveri totali
TORINO	Alpignano			X						
	Beinasco			X	■					
	BorgaroTorinese			X	■		■		▲	
	Buttiglieria Torinese	X							■	
	Carmagnola		X						■	
	Castagneto Po	X							■	
	Chieri		X		■	■				
	Chivasso		X			■				
	Ciriè			X	■					
	Druento	X			■	■	■			
	Grugliasco			X	■					
	Ivrea		X		■	■				
	Nichelino		X		■	■				
	Orbassano			X	■		■			
	Pinerolo			X		■				
	Pino Torinese	X						■		
	Rivoli		X				■			
	Settimo Torinese		X		■	■				
	Susa			X			■			
	Torino, Grassi		X						■	
	Torino, Consolata		X		■	■		■	■	■
	Torino, Cristina		X		■	■				
	Torino, Gaidano			X	■	■				
Torino, Di Vittorio			X	■	■	■			■	
Torino, Rebaudengo		X		■	■				■	
Torino, Rivoli		X		■	■				■	
Venaria		X			■					
Vinovo			X	■		■				
VERCELLI	Vercelli			X	▲	▲	▲	▲	▲	
	Vercelli, Caresana		X		▲	▲				
	Borgosesia			X	▲	▲	▲		▲	

compatibilmente con i dati disponibili e le caratteristiche sperimentali delle stazioni in alcune province, gli indicatori statistici previsti a livello europeo: in particolare dalle *Direttive 1999/30/CE* e *2000/69/CE*, recepite nella primavera del 2002.

Le stazioni fisse ARPA / Provincia sono state classificate informalmente, ai fini del presente rapporto, in tre tipologie (traffico, urbano, rurale) come riportato in **tabella 3.1**, in modo da consentire aggregazioni dei dati, anche dal punto di vista nu-



Provincia	Comune	tipo stazione			parametro					
		rurale	traffico	urbana	biossido di azoto	monossido di carbonio	ozono	benzene	polveri PM10	polveri totali
ALESSANDRIA	Alessandria, Libertà		X		▲	■			■	
	Alessandria, D'Annunzio		X		▲			▲		▲
	Alessandria, Orti			X	▲		■		▲	
	Tortona			X	▲	■			▲	■
	Casale Monferrato			X	■	■			▲	
	Novi Ligure		X		▲	▲			▲	
	Arquata Scrivia			X					▲	■
	Serravalle Scrivia			X						
	Valenza			X	▲	▲				
	Acqui Terme			X	▲		▲			
ASTI	Asti, Martiri		X		■	■				■
	Asti, D'Acquisto			X	▲	▲	▲	▲	▲	
	Buttiglieria D'Asti	X			▲		▲		▲	
CUNEO	Saliceto	X			■	■	■		■	
	Cuneo			X	▲	▲	▲	▲	▲	
	Borgo S.Dalmazzo			X	▲	▲				
	Fossano			X	▲	▲				
	Alba			X	▲	▲	▲		▲	
	Brà			X	▲	▲			▲	
	Mondovì			X	▲	▲				
NOVARA	Novara, Verdi			X	▲	▲	■	▲		▲
	Novara, Leonardi			X	▲					▲
	Novara, Bovio			X	▲	■		▲		
	Cerano			X	▲			▲		▲
	Borgomanero			X	▲	■				▲
	Cameri			X	■					
	Treccate			X	■	■				■
	Romentino	X					■			■
	Novara		X						■	
	Arona			X	▲	▲				
VERBANIA	Pieve Vergonte	X			▲		■		▲	
	Verbania			X	▲	■		▲		
	Domodossola			X	▲	■				
	Omegna			X	▲		▲			
BIELLA	Biella, Sturzo			X	■	■	■	■	■	
	Biella, Lamarmora		X		■	■		■	▲	
	Cossato			X	■	■	■		■	
	Ponzone Trivero			X	■	■	■		■	
	Verrone	X			■		■		■	

■ = strumenti i cui dati sono stati utilizzati nel rapporto

▲ = strumenti i cui dati non sono stati utilizzati



merico, a livello provinciale. Tale classificazione, non ha una corrispondenza con le Zone individuate dal Piano regionale di risanamento della qualità dell'aria: la classificazione della stazione è sovente specifica della sua localizzazione all'interno del territorio comunale, mentre la Zona classifica l'intero comune.

I dati prodotti dalle reti e dai mezzi mobili sono disponibili presso le Province territorialmente competenti o presso i Dipartimenti dell'ARPA. In tabella 3.1 sono evidenziati, per ciascuna stazione della rete fissa, la composizione strumentale presente già nel mese di gennaio e quella, inserita durante l'anno, facente parte del piano di adeguamento; per gli strumenti più recenti non sono disponibili i dati dell'intero anno 2001.

3.1.3 MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)

Nel presente rapporto sono stati utilizzati come indicatori statistici, la media del numero di superamenti della media mobile di 8 ore e la media dei valori massimi di tale media, generalmente calcolati su base annua, hanno come riferimento normativo nazionale il *D.P.C.M. 28/3/1983* e la *Direttiva europea 2000/69/CE del 16/11/2000*.

Il primo indicatore rappresenta, soprattutto per le aree dove il traffico veicolare costituisce la sorgente principale dell'inquinamento atmosferico, una stima dell'impatto provocato dai trasporti su strada. Come si evince dalla **figura 3.2**, nella provincia di Torino, dove è disponibile la serie storica triennale 1998-2001, si osserva una marcata diminuzione dell'indicatore, dovuta all'aumento del parco veicolare circolante dotato di marmitta catalitica.

Il numero dei superamenti del limite (10 mg/m^3) è stato nullo in tutti i siti considerati testimoniando sia il costante decremento delle emissioni sia le non punitive condizioni meteorologiche dell'anno.

La valenza spaziale dei dati è tuttavia differente, per la singola tipologia di stazione, in quanto le stazioni di traffico hanno tipicamente una limitata rappresentatività spaziale al contrario di quelle urbane o di quelle rurali.

E' comunque da rilevare che il CO, analogamente agli altri inquinanti primari, o parzialmente tali, emessi dagli autoveicoli (benzene, ossidi di azoto e polveri), può determinare situazioni critiche anche in aree non urbane caratterizzate però da elevati flussi veicolari o comunque prossime alle sorgenti.

Il secondo indicatore discrimina in modo più effi-

cace le diverse tipologie di stazione (rurale, traffico, urbano) anche nei casi ove non è avvenuto alcun superamento del limite considerato. Infatti, in figura 3.2, si osserva che le stazioni di traffico presentano valori superiori a quelle urbane e rurali e in ogni caso non superiori a 15 mg/m^3 ; ciò è evidente soprattutto nelle province di Torino e Biella, dove sono disponibili le diverse tipologie di stazioni.

In conclusione le concentrazioni misurate di monossido di carbonio sono in fase di evidente calo e tale tendenza dovrebbe proseguire, anche in futuro, almeno fino alla completa sostituzione dei veicoli non catalizzati.

3.1.4 BIOSSIDO D'AZOTO (NO₂)

La media del numero di superamenti del limite orario e la media dei valori delle medie annue, che hanno come riferimento normativo nazionale il *D.M. 15/4/1994* e la *Direttiva europea 1999/30/CE del 22/04/1999*, sono stati utilizzati come indicatori statistici del biossido di azoto.

Il primo indicatore rappresenta, soprattutto per le aree dove il traffico veicolare ne costituisce la sorgente principale, una stima degli episodi acuti della concentrazione di tale inquinante. Come si nota dalla **figura 3.3** le situazioni più critiche si riscontrano nelle stazioni di traffico, in modo particolare nelle province di Torino, Asti e Alessandria, con circa 20 - 40 superamenti annui del valore limite orario di $200 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, mentre nella provincia di Biella la situazione è decisamente migliore non evidenziando alcun superamento nell'anno 2001.

Il secondo indicatore discrimina in modo più efficace le diverse tipologie di stazione (rurale, traffico, urbano) anche in casi in cui non sussiste alcun superamento del limite orario.

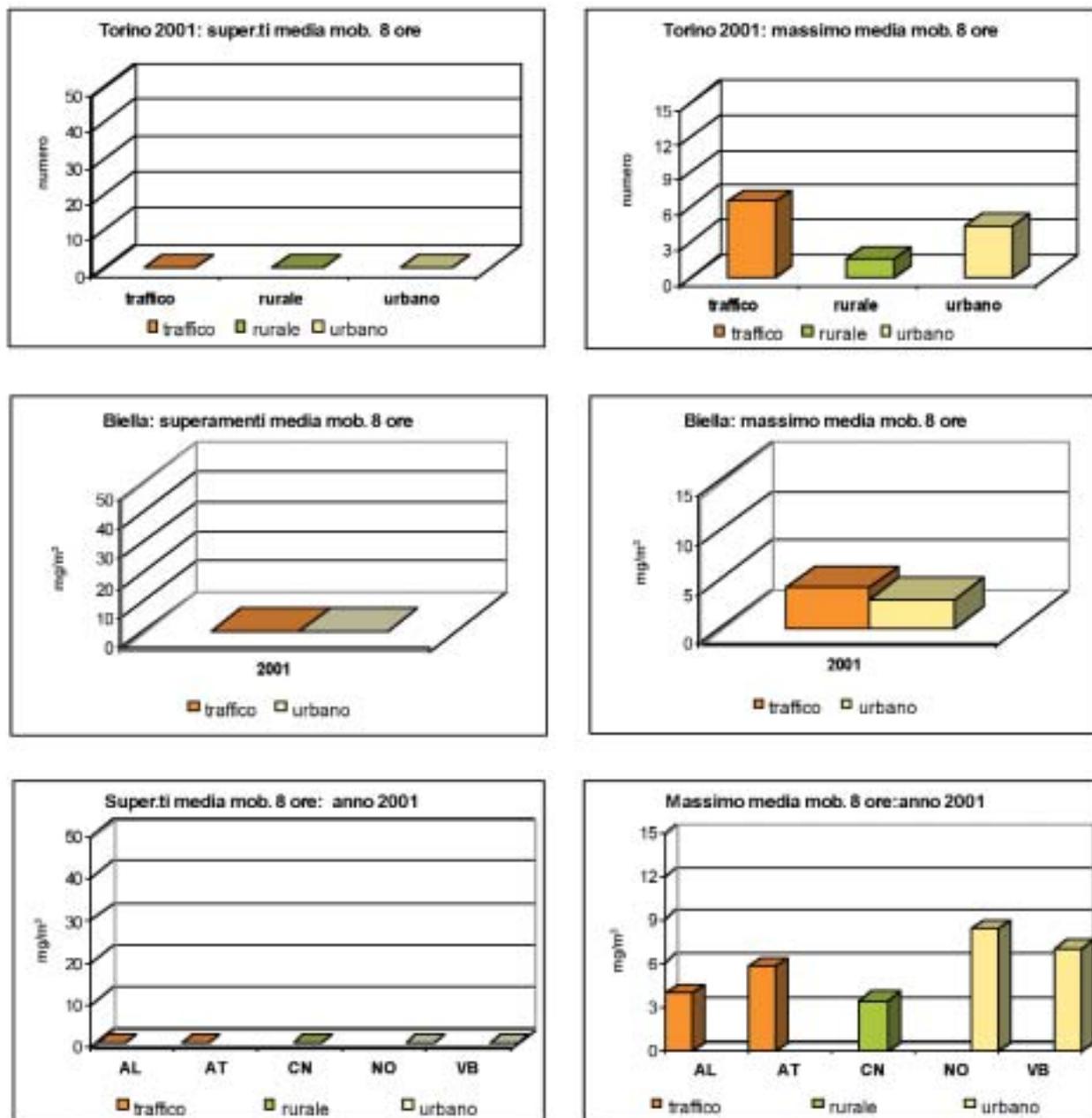
Infatti in figura 3.3 si osserva che le stazioni di traffico presentano valori superiori a quelle urbane e rurali, ciò è evidente soprattutto nelle province di Torino e Biella, dove sono disponibili le diverse tipologie di stazioni; in Torino sono superati i $60 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ (valore limite $40 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, da raggiungere entro il 2010);.

Per il confronto tra Torino e Biella nel 2001, e per tutti i valori aggregati a livello provinciale, vale quanto detto per il monossido di carbonio in termini di numero di stazioni (cfr. tabella 3.1).

Nei prossimi anni, a fronte di non marcati miglioramenti delle emissioni, sarà inevitabile riscontrare che, come nel passato, ad un peggioramento delle condizioni invernali di stabilità atmosferica corri-



Figura 3.2 - CO riepilogo per provincia e per tipo di stazione fissa



Superamenti media mob. 8 ore = n° medio dei superamenti del limite (10 mg/m^3) dalla media mobile sulle 8 ore (24 gruppi giornalieri)

Massimo media mob. 8 ore = media dei massimi delle medie mob. sulle 8 ore (24 gruppi giornalieri)

Fonte: ARPA Piemonte

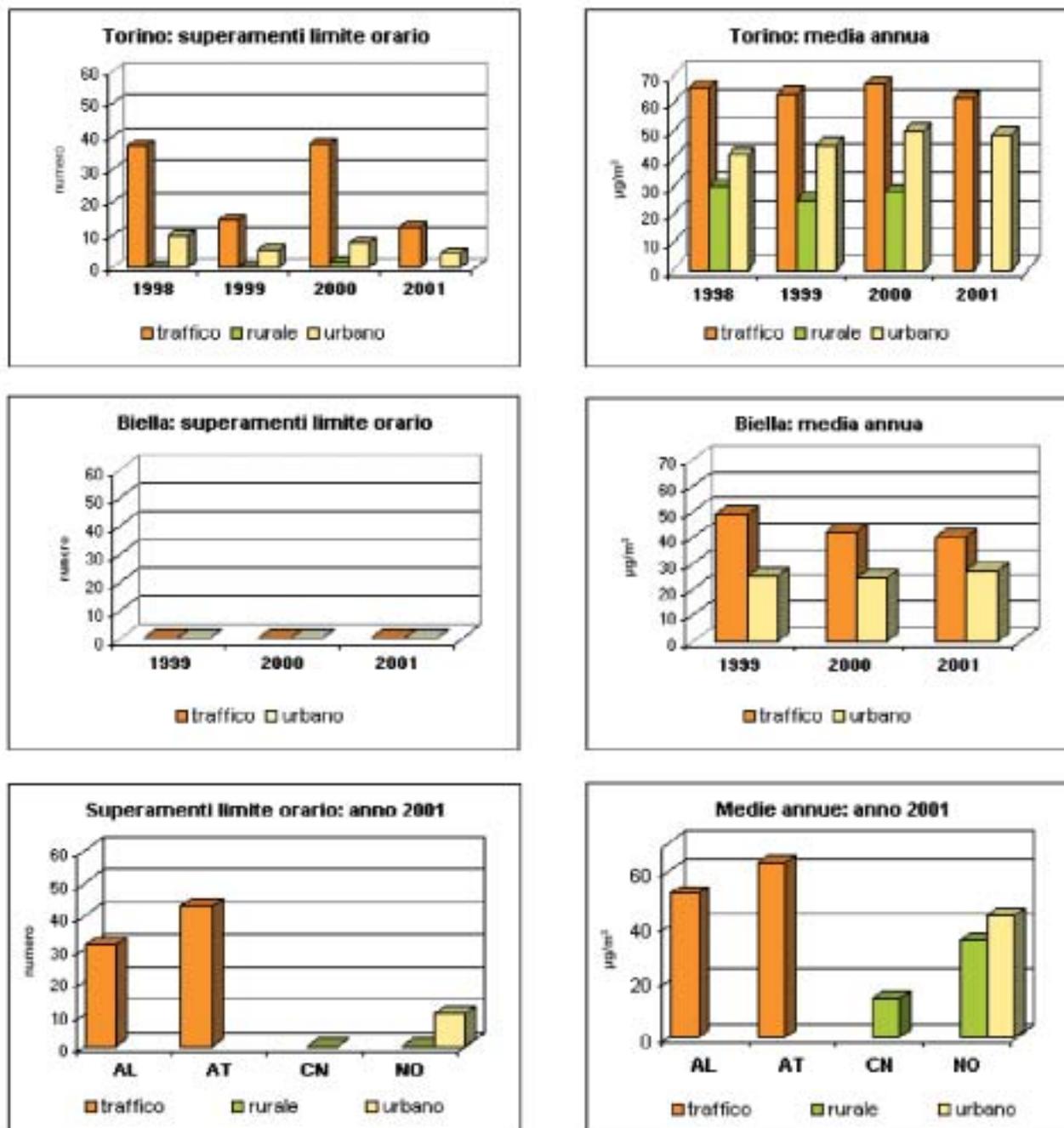
sponderà un aggravamento nei valori dell'indicatore degli episodi acuti.

In conclusione le concentrazioni di biossido d'azoto non mostrano marcati segni di diminuzione, anche se su base decennale nella città di Torino si è

assistito ad un lieve miglioramento della situazione; tuttavia il rispetto del limite annuale è ancora lontano e molto dovrà essere fatto per rispettare la norma europea.



Figura-3.3 NO₂: riepilogo per provincia e tipo di stazione fissa



Superamenti limite orario = n° medio dei superamenti del limite orario di 200 µg/m³

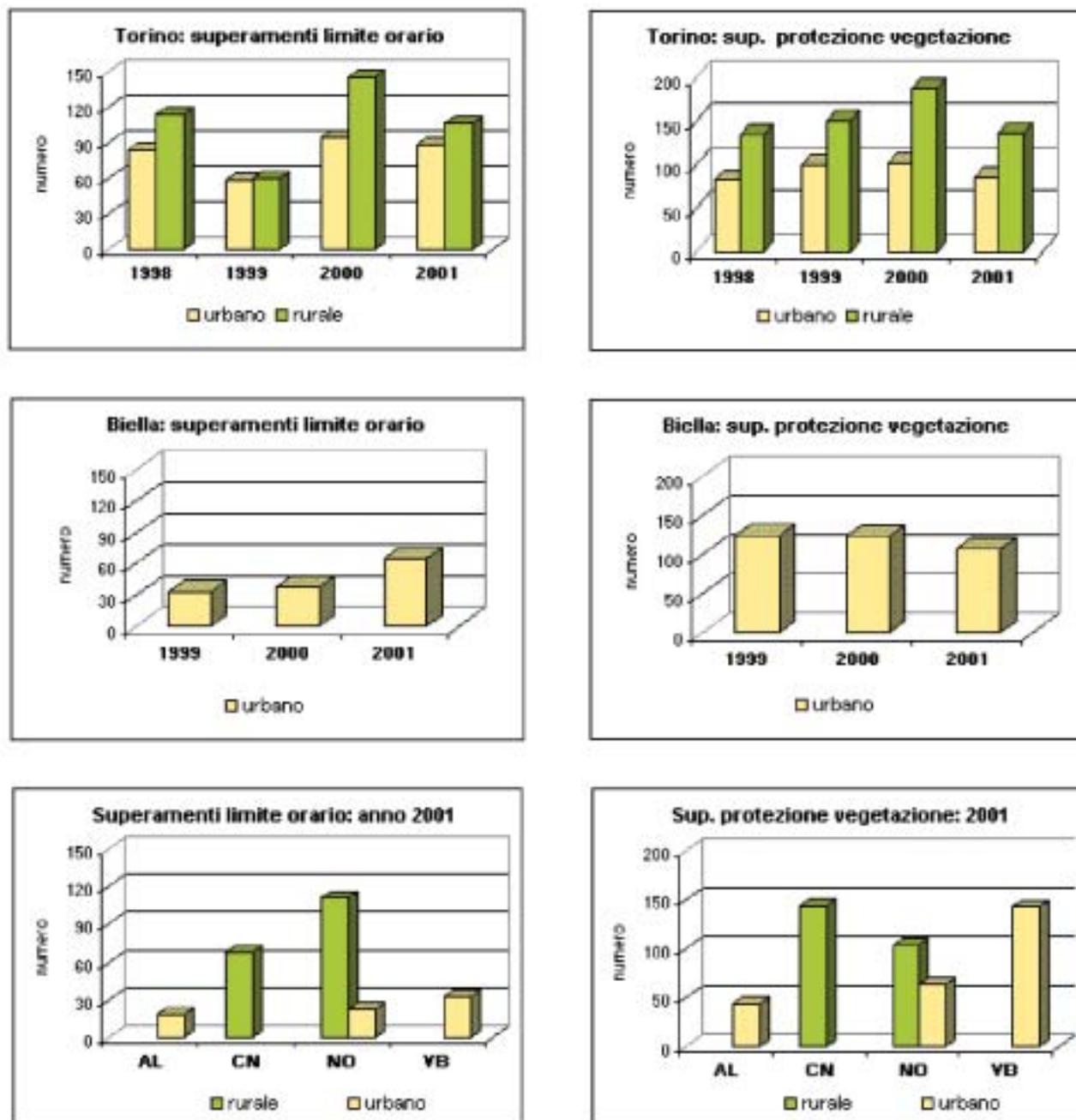
Fonte: ARPA Piemonte

3.1.5 OZONO (O₃)

Gli indicatori statistici utilizzati, ovvero la media del numero di superamenti del limite orario di 180 µg/m³ e la media del numero dei superamenti del

limite giornaliero di 65 µg/m³ per la protezione della vegetazione, hanno come riferimento normativo nazionale il D.M. 16/5/1996.

Il primo indicatore rappresenta una stima degli episodi di picco, preminentemente d'interesse sa-

Figura 3.4 - O₃: riepilogo per provincia e tipo di stazione fissa (1998-2001)

Superamenti limite orario = n° medio dei superamenti del limite orario di 180 µg/m³

Superamento protezione vegetazione = n° medio di superamenti del limite giornaliero per la protezione della vegetazione (65 µg/m³)

Fonte: ARPA Piemonte

nitario, della concentrazione di questo inquinante. Nella **figura 3.4** si nota come le situazioni più critiche si riscontrino nelle stazioni rurali e urbane. Nelle stazioni di traffico non è generalmente installato l'analizzatore, questo perché le emissioni, pro-

dotte dai veicoli, hanno un effetto alterante sulla concentrazione dell'ozono diminuendo così la rappresentatività della misura effettuata. La presenza di un'importante sorgente di precursori della sintesi fotochimica dell'ozono troposferi-



co (ossidi d'azoto e composti organici volatili), rappresentata dall'area metropolitana torinese, fa sì che in provincia di Torino si rilevino i valori più elevati e si oltrepassino, come media, i 100 superamenti annui nelle zone rurali.

Le altre province presentano una situazione assai più tranquilla, almeno nei siti monitorati dalla rete fissa.

L'analisi del secondo indicatore, di tipo ambientale e correlato ai potenziali danni della vegetazione esposta, conferma, di fatto, le indicazioni del primo, ad eccezione di una maggiore omogeneità nelle stazioni presenti sul territorio piemontese, dovuta principalmente all'espressione statistica dell'indicatore. Il superamento del limite interessa, in alcuni casi, oltre 150 giorni l'anno nel periodo primaverile - estivo.

In conclusione si può affermare che le concentrazioni dell'ozono non mostrano una tendenza netta, sia in diminuzione sia in aumento, nel periodo in esame; anche su base decennale, nella città di Torino, non è evidente una tendenza palese. Questo inquinante rappresenta e rappresenterà un problema di difficile soluzione.

Per quanto riguarda uno studio specifico dell'impatto dell'ozono sugli ecosistemi vegetali, si rinvia al Paragrafo 3.2 Biomonitoraggio della qualità dell'aria.

3.1.6 POLVERI INALABILI (PM10)

In questo paragrafo sono stati utilizzati come indicatori statistici la media delle medie annue (il limi-

te per la media annua è di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e la media del numero di superamenti del limite giornaliero (il superamento di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ non è consentito oltre 35 volte su base annua); tali indicatori hanno come riferimento normativo il *D.M. 25/11/1994* e la *Direttiva europea 1999/30/CE del 22/04/1999*.

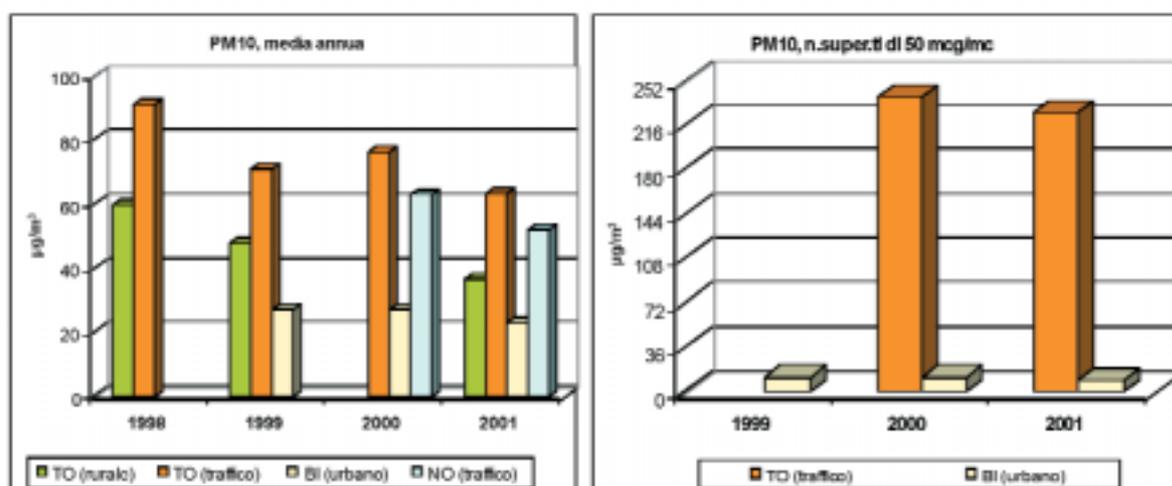
Non sono disponibili serie storiche di lungo periodo e sono qui riportati i dati misurati nelle province di Torino, Biella e Novara; bisogna tenere conto che in provincia di Biella si utilizzano strumenti che adottano un metodo di misura, caratterizzato da una sottostima di parte delle misurazioni, differente da quello di riferimento.

Per quanto riguarda la media annua si evidenzia che le concentrazioni nelle stazioni di traffico sono maggiori di quelle rilevate nelle aree rurali e, talvolta, superano il limite di un fattore due; anche nelle aree rurali sovente i valori sono superiori a quanto previsto dalla normativa europea (**figura 3.5**). Nella città di Novara la situazione è del tutto simile a quella del capoluogo piemontese; nella città di Biella i valori sono invece nettamente inferiori, in analogia con il comportamento degli altri inquinanti considerati.

Il secondo indicatore fornisce una stima degli episodi di picco, calcolati su base giornaliera mediante strumenti collocati nelle città di Torino e Biella, della concentrazione di polveri respirabili. La situazione più critica si riscontra nelle aree di traffico della città di Torino, dove i superamenti del limite raggiungono valori notevolmente elevati (circa cinque volte il numero permesso).

Anche in assenza di serie storiche si può stimare una tendenza alla diminuzione per il PM10, in analogia al comportamento delle polveri totali e nell'i-

Figura 3.5 - PM10: riepilogo per provincia e tipo di stazione fissa



Fonte: ARPA Piemonte

potesi che il rapporto tra le polveri inalabili e le totali sia rimasto costante (circa 0,7) negli ultimi venti anni.

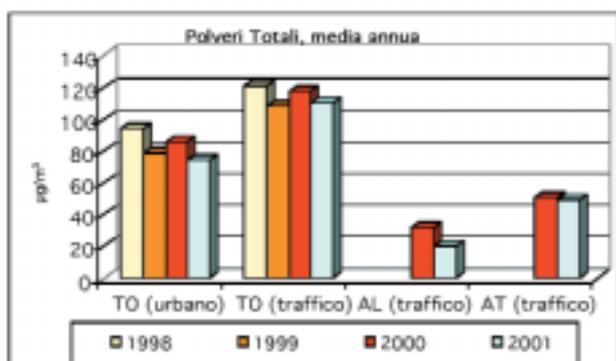
La situazione permarrà tuttavia critica, nel medio termine, in relazione al rispetto dei limiti.

3.1.7 POLVERI TOTALI SOSPESSE (PTS)

L'unico indicatore statistico utilizzato è la media annua calcolata generalmente partendo da dati giornalieri.

Sono riportati i dati relativi alle province di Torino, Alessandria ed Asti per l'anno 2001, mentre per Torino città è rappresentato anche il triennio '98-'00. Nella **figura 3.6** si nota che le concentrazioni misurate nelle aree di traffico sono superiori a quelle nelle aree urbane, come prevedibile, e che in Torino città i valori (tra 100 e 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sono nettamente superiori rispetto ad Asti e, soprattutto, ad Alessandria.

Figura 3.6 - PTS: riepilogo per provincia e tipo di stazione fissa



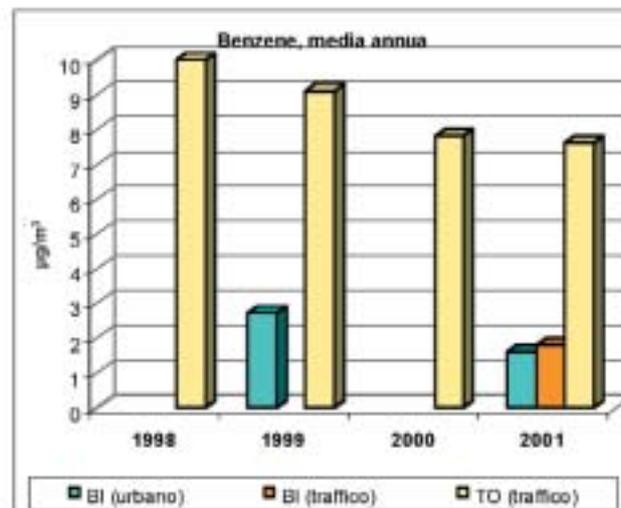
Fonte: ARPA Piemonte

3.1.8 BENZENE

Come indicatore statistico è stata utilizzata la media annua il cui limite nel 2001, secondo il *D.M. 25/11/1994*, è di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; la *Direttiva europea 2000/69/CE* (recepita nella primavera del 2002) lo riduce a 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da rispettare entro il 2010. Non essendo disponibili, sul territorio regionale, serie storiche misurate in più siti, sono stati prese in considerazione i dati misurati nelle province di Torino e Biella.

Dalla **figura 3.7** si evince che le concentrazioni nella città di Torino sono nettamente più elevate di quella di Biella e che, in quest'ultima, la stazione

Figura 3.7 - Benzene riepilogo per provincia e tipo di stazione fissa



FONTE: ARPA Piemonte

di traffico presenta valori solo leggermente maggiori di quella urbana.

La serie storica disponibile a Torino, misurata in una stazione verosimilmente rappresentativa dell'intera città, indica una spiccata tendenza verso la diminuzione dei valori misurati, nel 2001 inferiori al limite normativo nazionale, grazie al costante aumento percentuale del numero di auto dotate di sistemi catalitici di abbattimento delle emissioni. E' però doveroso rimarcare che la media annua, misurata a Torino, è superiore al valore limite europeo di recente recepimento.

(Con il contributo delle Aree Qualità dell'Aria ed Emissioni dei Dipartimenti ARPA di: Alessandria (Giuseppe Caponetto), Asti (Massimo Marucchi), Biella (Marco Vincenzi), Cuneo (Silvio Cagliero), Novara (Giuseppina Annovazzi), Torino (Mauro Maria Grosa, Maria Bondi, Nicoletta Giordano, Massimo Di Martino), Vercelli (Massimo Varalda); e dei Laboratori Strumentali

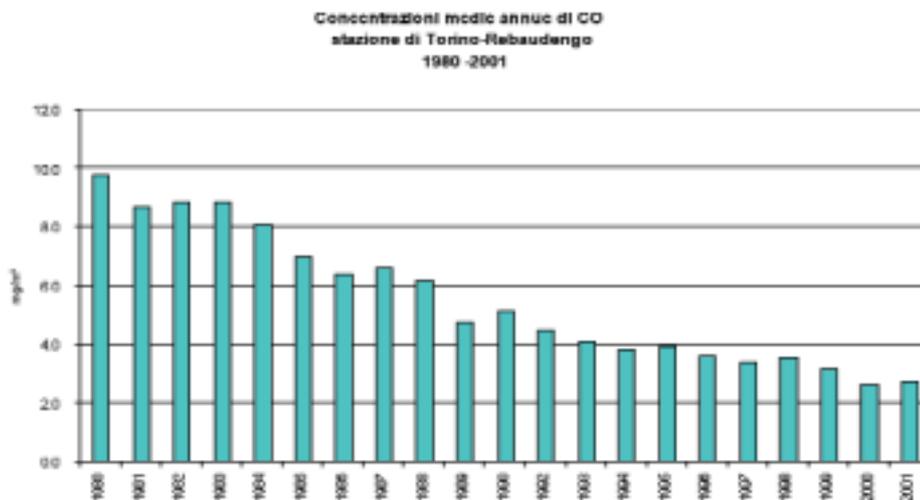
3.1.9 SERIE STORICHE

Per alcuni inquinanti sono riportate le serie storiche delle concentrazioni misurate negli ultimi lustri, tali serie possono aiutare a comprendere l'evoluzione, generalmente positiva, dell'inquinamento atmosferico.

Fra tutte le città della Regione, Torino è quella che possiede le serie storiche più lunghe e complete che saranno riportate nelle prossime righe con qualche brevissimo commento.



Figura 3.8 - Monossido di carbonio



Fonte: ARPA Piemonte

Monossido di carbonio (CO)

Il monossido di carbonio, caratteristico inquinante primario, ha evidenziato nell'ultimo ventennio un nettissimo calo delle concentrazioni dovuto al costante sviluppo della tecnologia dei motori per autotrazione ad accensione comandata sia, a partire dai primi anni 90, nel trattamento dei gas esausti tramite i convertitori catalitici.

Biossido di azoto (NO₂)

Il biossido d'azoto, caratteristico inquinante prodotto dalle combustioni, non ha mostrato, nell'ultimo decennio, una netta diminuzione delle sue concentrazioni (figura 3.9).

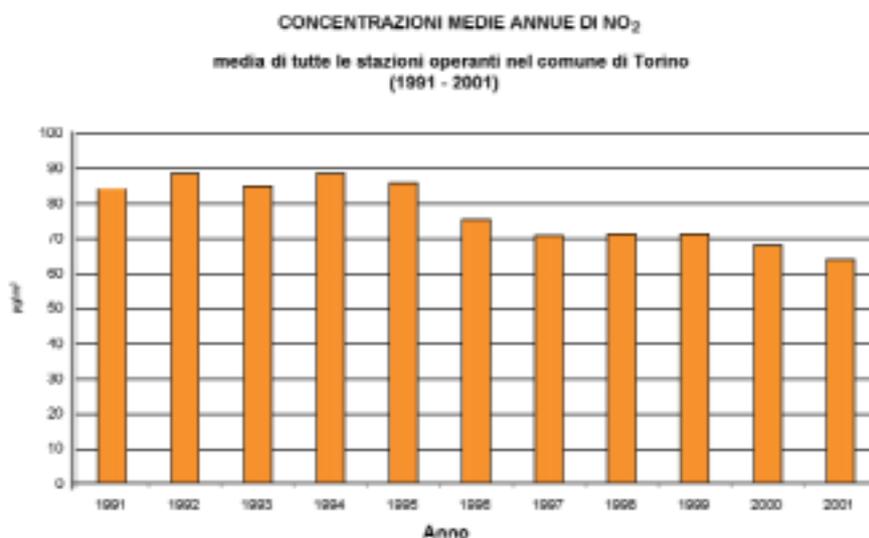
L'introduzione delle marmitte catalitiche per le auto a ciclo a Otto non ha influenzato le immissioni, di tale inquinante, con l'incisività che ha dimostrato con il monossido di carbonio.

Particolato totale sospeso (PTS)

Negli ultimi venti anni si è assistito ad un calo generalizzato del PTS sul territorio cittadino, tale diminuzione delle concentrazioni è più evidente nelle zone che partivano da situazioni più penalizzate dal punto di vista ambientale.

Nella figura 3.10 si nota come nella stazione "I.T.I.S. Grassi", caratterizzata dalla presenza di elevati flussi di mezzi di trasporto e da numerosi

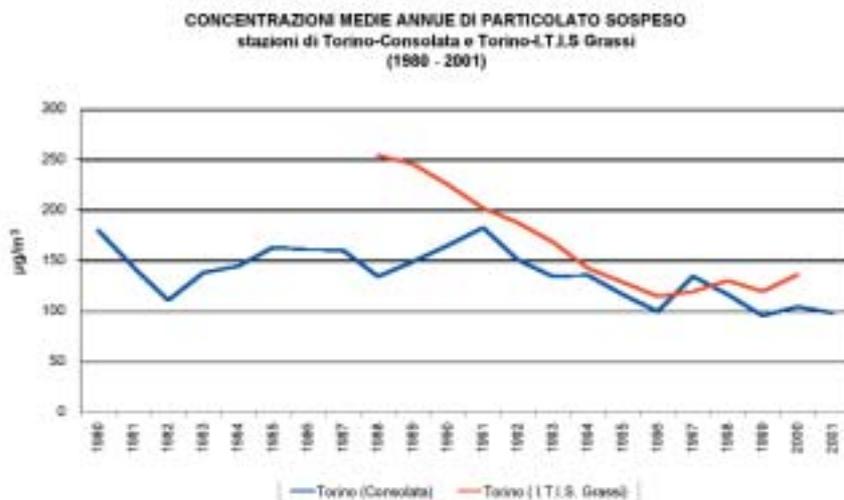
Figura 3.9 - Biossido di azoto



Fonte: ARPA Piemonte



Figura 3.10 - PTS



Fonte: ARPA Piemonte

impianti produttivi, la diminuzione delle concentrazioni di particolato totale sospeso è stata più marcata rispetto a quella della stazione "Consolata", rappresentativa della realtà urbano/commerciale del centro città.

Ozono (O₃)

L'ozono, caratteristico inquinante secondario, ha evidenziato negli ultimi nove anni una sostanziale costanza di comportamento.

Nella **figura 3.11**, ove sono riportati i valori medi di concentrazione del periodo maggio - settembre di ogni anno, non si nota una tendenza evidente sia nella stazione urbana di Torino - Lingotto sia nella stazione in quota di Pino Torinese.

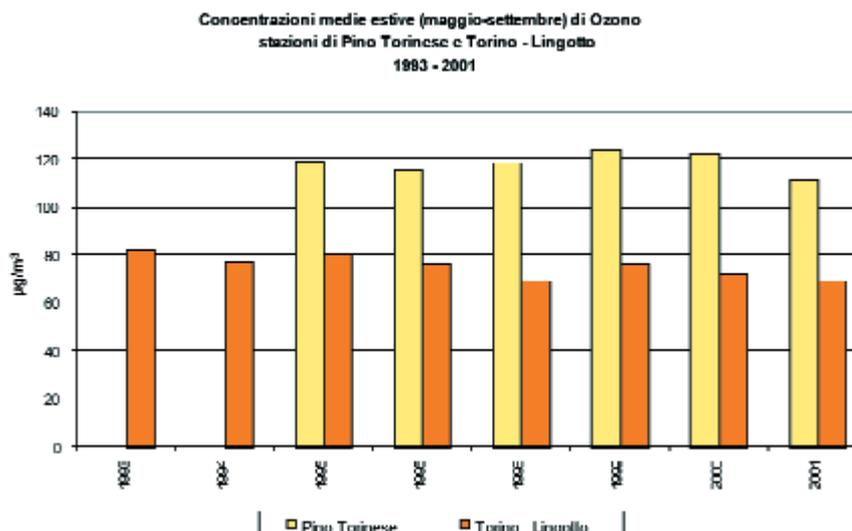
Piombo

Il piombo, misurato nel particolato sospeso, deriva principalmente dalla benzina super nella quale era presente come additivo; con la riduzione nel tempo della concentrazione di questo metallo nella benzina super e la successiva introduzione sul mercato di quella "verde" è stato inevitabile che la presenza di tale inquinante si riducesse in modo proporzionale. La netta diminuzione delle concentrazioni è presentata nella **figura 3.12**.

Biossido di zolfo (SO₂)

La diminuzione del tenore di zolfo, nei combustibili liquidi o solidi, e l'introduzione, sul mercato energetico, del metano hanno determinato la notevole

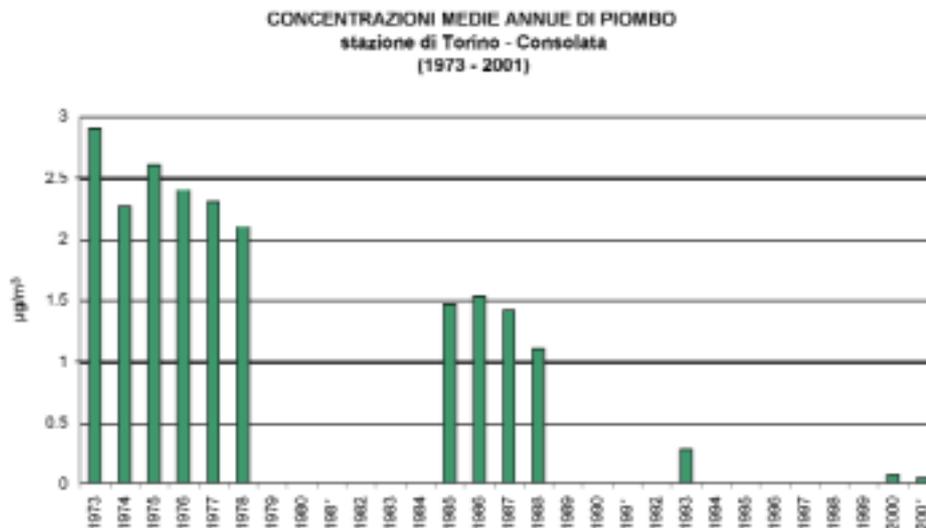
Figura 3.11 - OZONO



Fonte: ARPA Piemonte

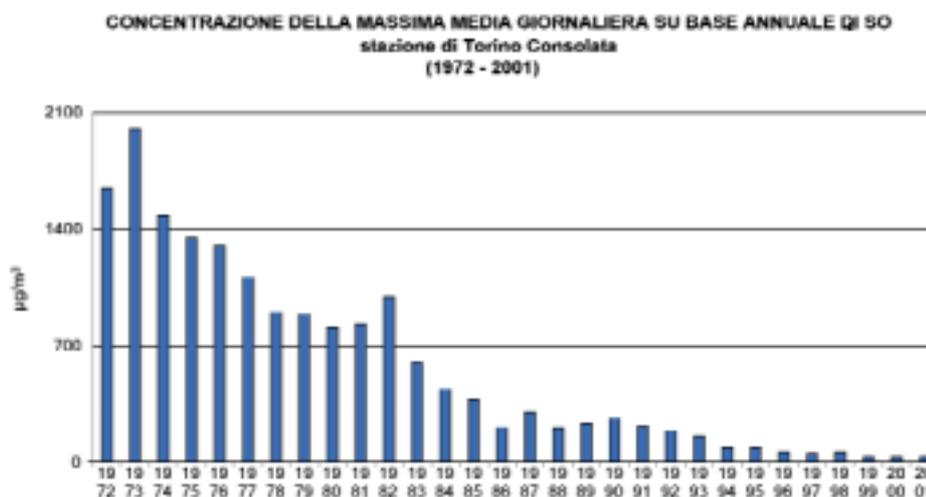


Figura 3.12 - Piombo



Fonte: ARPA Piemonte

Figura 3.13 - Biossido di zolfo



Fonte: ARPA Piemonte

lissima riduzione delle concentrazioni del biossido di zolfo evidenziata nella **figura 3.13**.

3.2 BIOMONITORAGGIO DELLA QUALITA' DELL'ARIA

(A cura di Bona Griselli - ARPA Piemonte, Dipartimento di Ivrea)

In questi ultimi anni, le innovazioni metodologiche, unitamente a sforzi di standardizzazione nell'uso

di bioindicatori, sono stati orientate soprattutto nell'indagare la matrice aria.

Recentemente l'ANPA ha sviluppato un protocollo metodologico, sulla base delle linee guida elaborate a livello europeo (Nimis *et al.*, 2002), atto a migliorare la tecnica di monitoraggio mediante la valutazione della biodiversità lichenica (ANPA, 2001) ed ha conferito al metodo una maggior solidità, rendendolo soprattutto più oggettivo e riproducibile.

L'ARPA Piemonte, in collaborazione con il Dipartimento di Biologia vegetale dell'Università degli



studi di Torino, ha attivato nel 2001 il progetto **"Rete di biomonitoraggio della qualità dell'aria in Piemonte: valutazione tramite la biodiversità dei licheni epifiti"**.

Questo studio, che comporta la sperimentazione e l'applicazione delle nuove linee guida, si inserisce inoltre nella proposta di attivazione di una Rete Nazionale di bioindicazione lichenica, presentata recentemente dall'ANPA; il recepimento di tale iniziativa ha visto il Piemonte come Regione pilota nell'avvio del monitoraggio lichenico a scala nazionale.

La rete nazionale prevede rilevamenti sulla base di un grigliato di 18 x 18 km. In ambito piemontese le stazioni da rilevare risultano complessivamente 74. Gli obiettivi che il progetto piemontese si prefigge sono i seguenti:

- completare la rete nazionale a maglia 18x18 km entro il 2002;
- approfondire indagini a scala 9x9 km ed eventualmente 3x3 km in aree critiche al fine di poter programmare controlli strumentali mirati;
- consentire la valutazione dell'evoluzione temporale della qualità dell'aria sul territorio piemontese.

Le campagne di rilevamento condotte nel 2001 hanno permesso di analizzare 40 stazioni (34 stazioni della maglia 18x18 km e 6 stazioni della sottomaglia 9x9 km).

Il 23% delle stazioni monitorate ricadeva in aree urbanizzate (valore medio di BL riscontrato: 14); il 59% in aree caratterizzate da colture intensive stagionali/ permanenti e/o con urbanizzazione modesta (BL medio: 38); il 15% in aree caratterizzate da prati, pascoli, pochi arativi e incolti (BL medio: 85); il 3% in aree con boschi e/o foreste (BL medio: 107). I valori di Biodiversità Lichenica sono stati raggruppati in 4 classi, che esprimono il grado di deviazione da condizioni "naturali" (non inquinate): 1) Elevata alterazione ($0 < BL < 30$); 2) Media alterazione ($30 < BL < 60$); 3) Media naturalità ($60 < BL < 90$); Elevata naturalità ($BL > 90$);

Nelle **figure 3.14-3.15** sono visualizzati i risultati preliminari della rete di biomonitoraggio.

Viene riportata di seguito una rassegna di esperienze di biomonitoraggio in Piemonte effettuate in ambito locale.

Figura 3.14 - Stazioni monitorate nel 2001 (rete maglia 18x18 km)

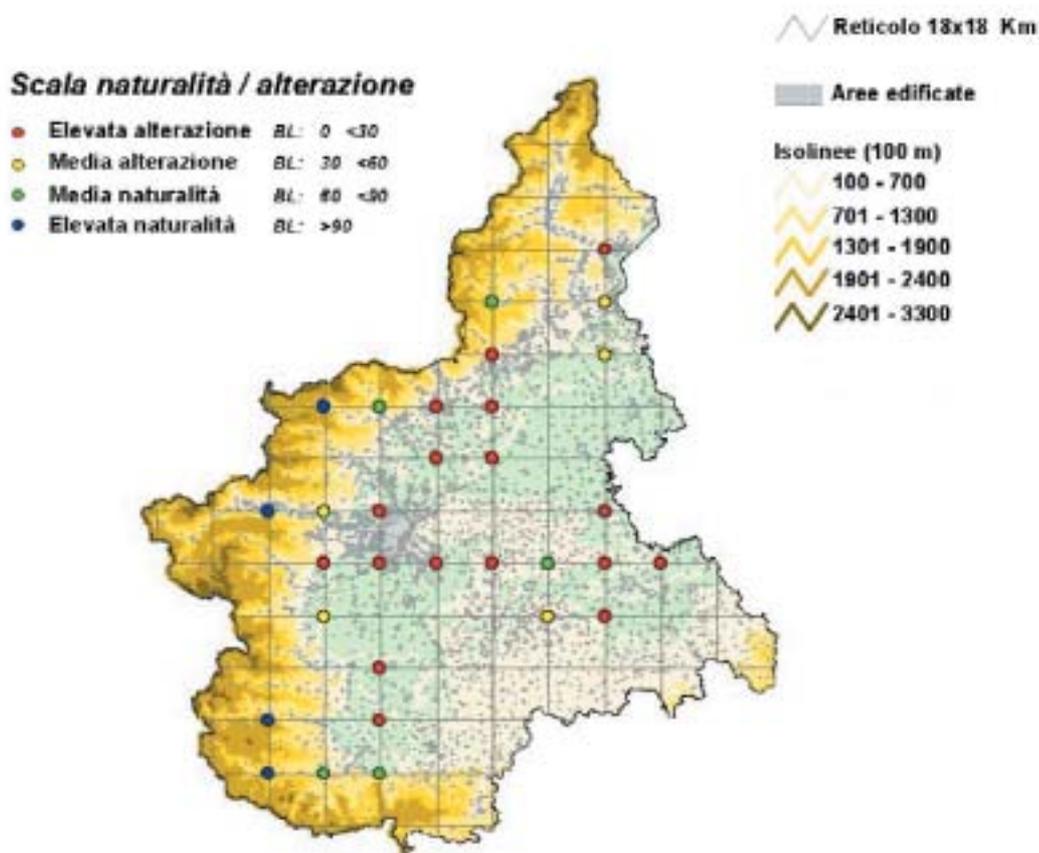
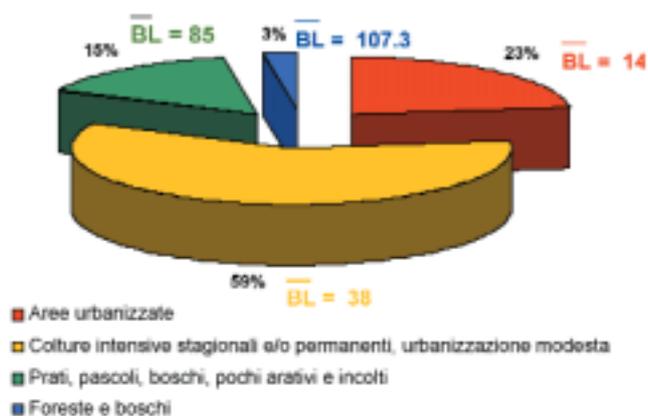




Figura 3.15 - Ripartizione delle stazioni monitorate in funzione delle caratteristiche del territorio e valori medi di Biodiversità Lichenica

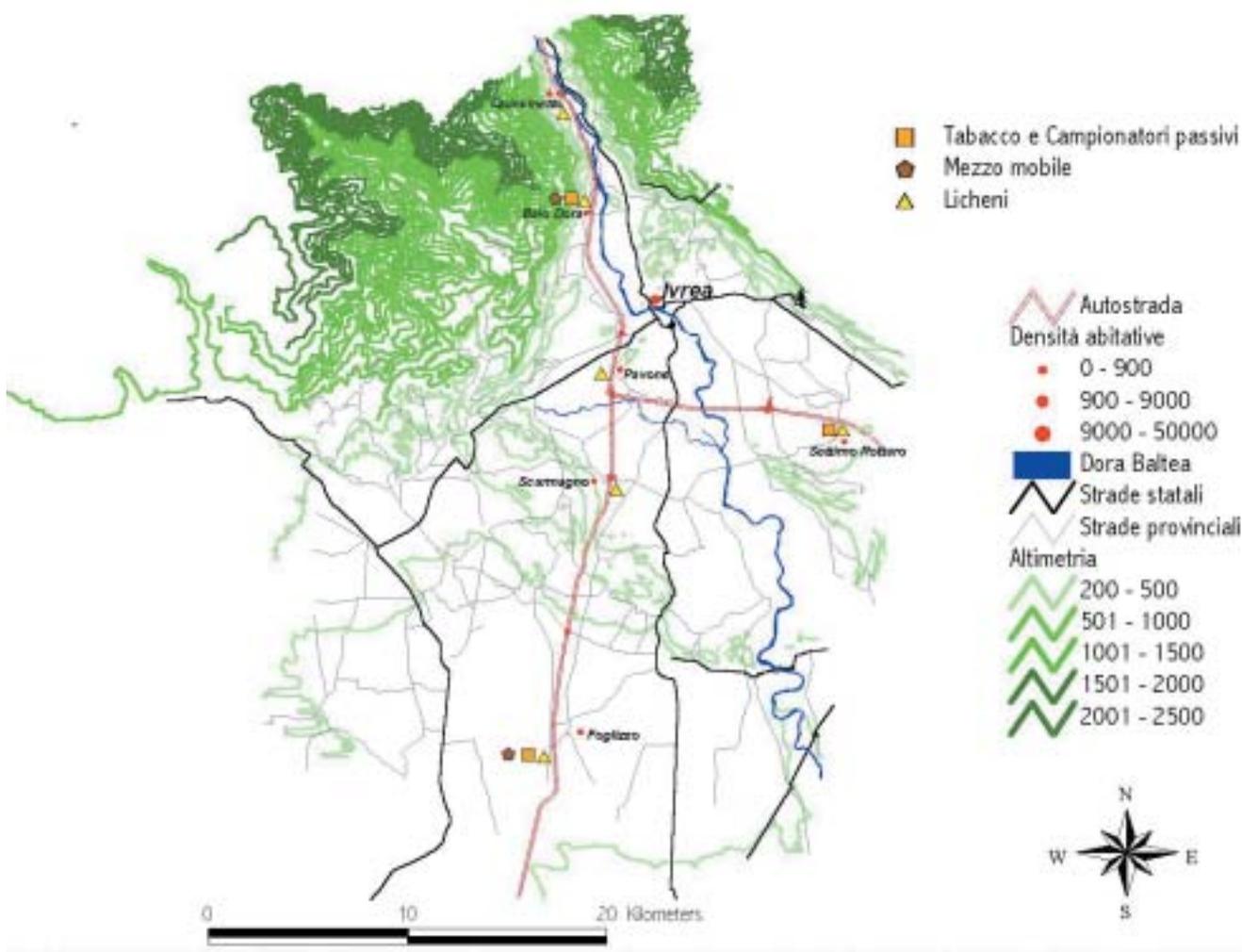


Fonte: ARPA Piemonte

3.2.1 VALUTAZIONE DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO DETERMINATO DAGLI ASSI AUTOSTRADALI

Presso il Dipartimento dell'ARPA di Ivrea è in corso un progetto di biomonitoraggio della qualità dell'aria in prossimità dei principali tratti autostradali che attraversano il territorio canavesano. Questo studio rientra in un'indagine più ampia di monitoraggio integrato acustico/ambientale che prevede l'espletamento di due campagne: la prima condotta nell'anno 2000 in condizioni di traffico veicolare ridotto, per la chiusura del Tunnel del Monte Bianco, la seconda, in via di svolgimento a partire dal maggio 2002, in situazione di ripristino del traffico veicolare pesante per la riapertura del Traforo.

Figura 3.16 Siti di monitoraggio



Fonte: ARPA Piemonte



Tabella 3.2 - Confronto dei valori max di incorporazione, depurati dei livelli di *background*, con le scale di naturalità alterazione elaborate per l'Italia – campagna 2000

Percentile	NATURALITÀ / ALTERAZIONE	Pb µg/kg	Zn µg/kg	Cu µg/kg	As µg/kg	Cd µg/kg
20° perc.	1-Nat. molto alta					
50° perc.	2-Nat. alta					310 Pavone B
75° perc.	3-Nat. media		47.740 Quincinetto A		1.192 Pavone B	
90° perc.	4-Nat./Alter. basse	25.911 Pavone A		18.354 Quincinetto A		
95° perc.	5-Alter. media					
98° perc.	6-Alter. alta					
	7-Alter. molto alta					
Valori Max Italia		494.000	358.000	61.000	5.530	9.040

Fonte: ARPA Piemonte

E' stata adottata una tecnica di biomonitoraggio "attivo" mediante l'esposizione di talli lichenici di *Pseudevernia furfuracea* per la valutazione dei metalli pesanti e piante di *Nicotiana tabacum*, unitamente a campionatori passivi per il monitoraggio dell'ozono; in **figura 3.16** sono presentati i siti di monitoraggio con i sistemi di rilevamento adottati. Per la determinazione dei metalli si sono individuati in tutto 6 siti ciascuno dei quali comprendente: una stazione A, posta ad una distanza di 5-10 m dall'autostrada ed una stazione B dislocata ad una distanza di 150-200 m.

E' stato valutato l'incremento mensile di incorporazione per un totale di 4 mesi di esposizione.

Vengono riassunti i risultati della prima campagna di biomonitoraggio.

Sono stati studiati i seguenti metalli: Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sb, V, Zn e sei di essi (Pb, Zn, Cu, Sb, As, Cd) in seguito all'adozione di 3 metodologie (analisi di rango, calcolo del Fattore di Arricchimento e valutazione delle concentrazioni "corrette" dei metalli nei licheni) sono risultati indicativi di derivazione antropica. Le stazioni di Pavone A, Pavone B e Quincinetto A hanno presentato le maggiori ricadute di metalli, pur trattandosi di livelli relativamente contenuti.

In generale le incorporazioni di metalli osservate erano superiori nelle stazioni A, posizionate in prossimità dell'autostrada, ad eccezione del sito di Pavone; tuttavia questo comportamento differente è giustificato dal fatto che la stazione di Pavone B, pur essendo distante dall'autostrada era

in prossimità di una via di percorrenza provinciale e quindi risentiva anche del traffico ad essa associato.

E' difficile stabilire ad eccezione del Pb, elemento chiaramente legato al traffico veicolare e che in questa prima campagna di rilevamento presentava i maggiori incrementi nelle stazioni di Pavone A e B seguiti da quella di Quincinetto A, se gli altri elementi di derivazione antropica siano connessi al trasporto su gomma.

I valori massimi di incorporazione lichenica relativi a Pb, Zn, Cu, As e Cd sono stati confrontati con scale di riferimento che esprimono il grado di naturalità/alterazione del territorio.

In tal modo è stato possibile constatare che le concentrazioni più alte di metalli, riscontrate nei siti di Pavone e Quincinetto, rientrano in una situazione di naturalità medio-bassa e di alterazione bassa (**tabella 3.2**).

Anche se dalle concentrazioni dei metalli nei licheni non è possibile estrapolare le concentrazioni dei metalli presenti nell'aria, la tecnica utilizzata ha consentito l'acquisizione di utili informazioni per una miglior comprensione della qualità dell'aria nel territorio indagato e per effettuare dei confronti con la situazione di ripristino del traffico pesante.

L'ozono troposferico è stato monitorato in tre stazioni utilizzando piante di *Nicotiana tabacum* e campionatori passivi per un periodo rispettivamente di 2 e 4 mesi al fine di mettere a confronto le due campagne.



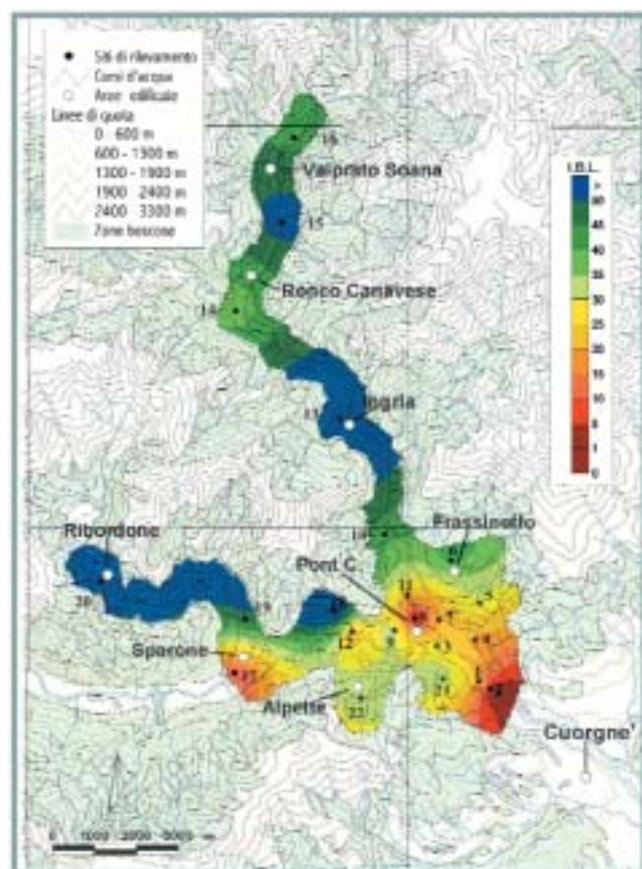
3.2.2 BIOMONITORAGGIO DELLA QUALITÀ AMBIENTALE MEDIANTE L'IMPIEGO DI LICHENI E MUSCHI

Nell'anno 2000 è stato avviato un progetto di biomonitoraggio per la Comunità Montana Valli Orco e Soana, al fine di integrare un precedente studio effettuato nel 1998, con l'estensione dell'area d'indagine a comuni che non erano stati ancora monitorati.

E' stata valutata la biodiversità lichenica (BL) in 22 stazioni site nei comuni di Alpette, Cuorgnè, Frassinetto, Ingria, Pont Canavese, Ribordone, Ronco, Sparone e Valprato. Sono stati inoltre prelevati nell'area d'indagine muschi per il dosaggio di metalli pesanti e radioisotopi.

La biodiversità lichenica è stata rilevata su *Juglans regia* L. I valori riscontrati di BL sono risultati compresi in un range fra 1 e 74; essi sono stati raggruppati in 5 fasce corrispondenti a differenti livelli di naturalità/alterazione.

Figura 3.17 - Mappa della Biodiversità lichenica e stazioni di biomonitoraggio



Fonte: ARPA Piemonte

In **figura 3.17** è rappresentata la mappa che visualizza la Biodiversità Lichenica nell'area d'indagine. In bassa Valle Orco, a conferma di quanto era già emerso nella precedente indagine, si sono riscontrati, in stazioni site nei comuni di Pont Canavese, Cuorgnè e Sparone, i valori più bassi di BL corrispondenti ad una situazione di media/alta alterazione. Situazione opposta si è evidenziata in 5 stazioni caratterizzate da valori di BL indicativi di naturalità molto alta. Sono state redatte mappe relative agli indici ecologici della zona, ma non si sono osservate correlazioni significative tra indici ecologici e valori di BL. Dalla *cluster analysis*, eseguita sulla matrice "stazioni-frequenza specie licheniche", si sono evidenziati due *cluster* stazionali che differiscono significativamente (ANOVA) per quanto riguarda i valori di BL e la quota in cui le stazioni sono localizzate.

Nell'area d'indagine sono stati effettuati 5 campionamenti di muschio: 2 in bassa Valle Orco a Pont Canavese e Sparone e 3 più in quota nei comuni di Alpette, Scandosio e Ribordone.

Mediante analizzatore ICP-MS, si sono dosati i seguenti metalli pesanti: Al, As, Ba, Cd, Cr, Fe, Mn, Ni, Pd, Pb, Pt, Cu, Rh, V e Zn.

Mentre per quanto riguarda la BL sono emerse notevoli differenze nell'area d'indagine, dalle valutazioni di bioaccumulo la situazione risulta più omogenea nel senso che la presenza di questi metalli, è stata riscontrata indifferentemente in quota e in bassa valle.

Tra gli elementi considerati, in seguito alla valutazione dei Fattori di Arricchimento (EF), Cd, Cu e Mn risulterebbero di derivazione antropica e quindi non attribuibili a semplice contaminazione del terreno. I livelli di Cd e Cu riscontrati rientrano comunque in quelli rilevati in altre zone remote dell'Italia (Bargagli, 1998), mentre relativamente al Mn ad Alette, i livelli riscontrati sono circa il doppio dei valori di fondo.

Dalle misure di spettrometria gamma su campioni di muschio e suolo sono state rilevate concentrazioni di Cs-137 che rispecchiano la distribuzione di questo radioisotopo sul territorio piemontese, conseguenza soprattutto dell'incidente di Chernobyl del 1986. Il Cs-137 ha infatti un tempo di dimezzamento fisico di circa 30 anni, quindi le deposizioni al suolo del 1986 sono tuttora rivelabili. I campioni provengono tutti da zone in cui la piovosità ed il conseguente fallout al suolo dei radionuclidi è stato il più elevato di tutto il Piemonte; i valori misurati sono infatti superiori alla media regionale pur non destando preoccupazione dal punto di vista sanitario.



3.2.3 BIODIVERSITÀ LICHENICA E QUALITÀ AMBIENTALE IN MEDIA E BASSA VAL CHISONE (TO)

La ricerca deriva da una collaborazione fra in Centro ricerche ENEA di Saluggia, il Dipartimento di Torino dell'ARPA ed il Dipartimento di Biologia vegetale dell'Università di Torino. Lo studio è stato condotto nel periodo 7/1999-3/2001 e l'area d'indagine riguarda la media e bassa Val Chisone. Unitamente alla mappatura della qualità ambientale nella zona considerata, è stato possibile verificare sia l'affidabilità delle recenti procedure operative redatte in materia di biomonitoraggio lichenico, sia la sperimentazione di un protocollo metodologico per l'elaborazione dei dati (realizzazioni cartografiche, analisi statistiche).

Sono state svolte due indagini a differente scala territoriale, monitorando la media e bassa Val Chisone e l'abitato di Pinerolo. I risultati ottenuti, relativamente all'elaborazione cartografica, hanno evidenziato un territorio fortemente compromesso, soprattutto lungo la direzione principale dei venti (WNW) e nell'abitato di Pinerolo, ma in misura minore in corrispondenza della media Valle. L'analisi

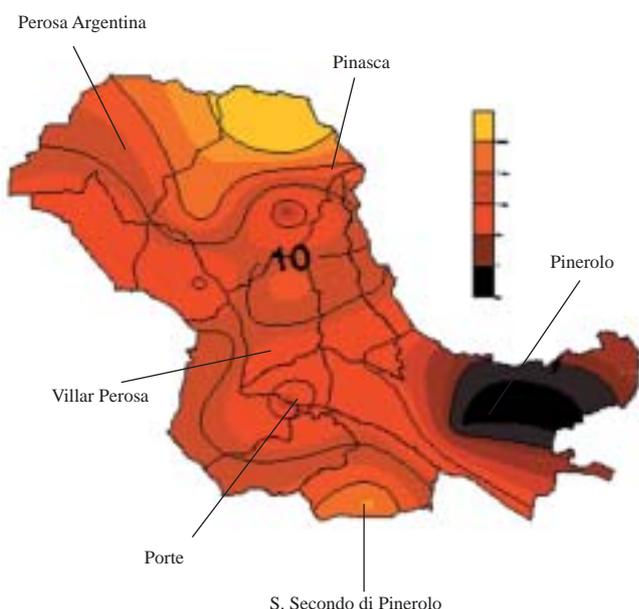
statistica ha agevolato la comprensione delle informazioni ottenute sulla base dei valori di Biodiversità Lichenica e l'individuazione di specie indicatrici, che potrebbero essere utilizzate vantaggiosamente per rapidi e successivi controlli di biomonitoraggio nell'area esaminata.

Per entrambe le aree è stato possibile definire una specie lichenica indicatrice caratterizzata da un elevato fattore di correlazione con i valori di BL: *Parmelia glabratula* per la media e bassa Val Chisone e *Physcia adscendens* per l'abitato di Pinerolo.

Le informazioni ottenute sono state integrate dalle carte di aridità ed eutrofizzazione, calcolando i corrispondenti indici ecologici, e dalle carte di variabilità del dato basate sui valori relativi alla differenza tra BL massimo e minimo dei rilievi in ogni stazione. Le aree caratterizzate da un elevato grado di alterazione corrispondono quasi sempre a valori di elevata eutrofizzazione ed alta variabilità del dato, possibile indice di fenomeni di alterazione molto localizzati.

Nel complesso le indagini condotte hanno permesso di ottenere un quadro d'insieme sulla qualità ambientale della media e bassa Val Chisone utile per la programmazione di progetti di tutela e conservazione del territorio e di eventuali successive indagini di monitoraggio.

Figura 3.18 - Mappa della Biodiversità Lichenica delle stazioni



In legenda sono riportate le fasce di naturalità-alterazione: BL= 0 (cremisi)= deserto lichenico, alterazione molto alta; 1-5 (rosso scuro)= alterazione alta; 5-10 (rosso)=alterazione alta; 11-15 (arancione scuro)= alterazione media; 16-20 (arancione)= alterazione media; 21-25 (giallo)= naturalità/alterazione bassa.

3.2.4 MONITORAGGIO DELL'OZONO TROPOSFERICO IN PROVINCIA DI TORINO

Questo progetto è stato condotto dai 3 Dipartimenti dell'ARPA di Grugliasco, Ivrea e Torino, nel corso dell'anno 2000. Gli obiettivi dello studio sono stati: 1) l'estensione dell'area d'indagine dell'ozono troposferico nella Provincia di Torino, mediante l'impiego di un bioindicatore vegetale rappresentato da *Nicotiana tabacum* e mediante l'uso di campionatori passivi, 2) il confronto dei dati ottenuti con quelli derivanti dai sistemi tradizionali chimico-fisici di rilevamento.

Sono state allestite 12 stazioni di monitoraggio collocate ad un'altitudine compresa tra 224 e 600 m e 4 di esse erano in prossimità di centraline fisse di rilevamento della qualità dell'aria. Tre stazioni erano localizzate in Canavese, zona non molto antropizzata (Settimo Rottaro, Foglizzo, Baio Dora), tre in Torino (Torino-vivai, Torino-Lingotto, Torino-Villa Genero a localizzazione precollinare) e sei nella cintura metropolitana (Pino Torinese, Vinovo, Alpignano, Buttigliera, Druento, Orbassano).

Le piante sono state esposte dal 5/24/00 al



07/18/00 per un periodo di 8 settimane; in ogni stazione si sono rinvenuti sintomi attribuibili all'inquinante. In Buttigliera si sono osservati i valori più elevati dell'Indice di Danno Fogliare (IDF) pari a 3,2. In questa stazione unitamente ad altre 3 della cintura N-O di Torino (Alpignano, Druento, Orbassano) i valori medi di IDF, relativi al periodo d'indagine, sono risultati i più elevati.

Dalla *cluster analysis* condotta sulla matrice stazioni-IDF si sono individuati 3 gruppi omogenei di stazioni localizzate in aree distinte **figura 3.19**.

Un gruppo (B), corrispondente alle stazioni localizzate nell'area denominata Canavese, presentava i valori medi di IDF più bassi, tale zona da un punto di vista anemologico è fortemente influenzata dalla vicinanza con l'imbocco della Valle d'Aosta. Un secondo gruppo (A), localizzato nella cintura N-O di Torino, esibiva invece i valori medi di IDF più elevati. Il terzo gruppo includeva le tre stazioni di Torino e quelle rimanenti della cintura.

Campionatori passivi a simmetria radiale sono stati esposti dal 31/05/00 al 26/09/00 per 17 settimane. Le determinazioni analitiche sono state eseguite settimanalmente per la valutazione del para-

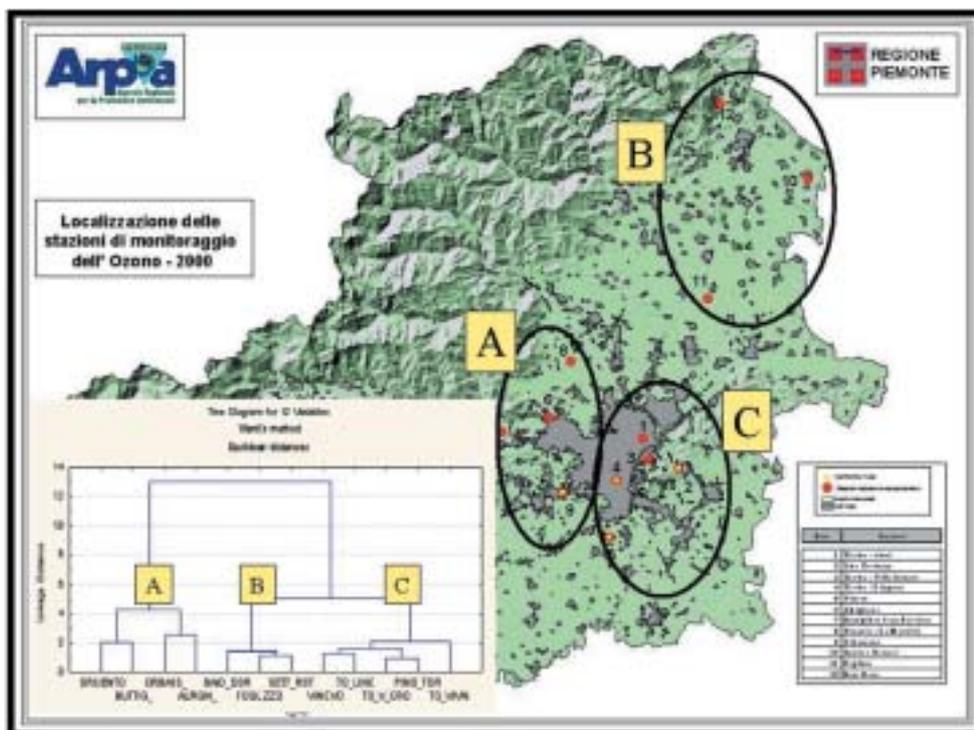
metro M168 (Media oraria settimanale). Pino Torinese è risultata la stazione caratterizzata dai valori più elevati.

Al fine di confrontare le differenti metodologie in uso sono stati raccolti ed elaborati i dati relativi a quattro stazioni in cui erano presenti centraline chimico-fisiche di rilevamento. Per ogni stazione sono stati considerati i valori: M168 medie orarie settimanali (descrittore di esposizione cronica), M1 medie settimanali dei massimi giornalieri (esposizione acuta), AOT40 dosi cumulate settimanali (esposizione cumulata). Dall'esame dei valori degli IDF e dei descrittori chimici si è osservata una correlazione solo confrontando le medie settimanali degli IDF delle stazioni di Torino e della cintura ed i corrispondenti valori medi delle centraline. Tale correlazione si è osservata sfasando i dati chimici di 48 h, poiché il bioindicatore presenta una latenza nella manifestazione dei sintomi.

I valori M168 dei campionatori e delle centraline hanno presentato una buona correlazione anche a livello delle singole stazioni.

Considerazioni sintetiche sulle metodologie adottate sono riportate in **tabella 3.3**.

Figura 3. 19 - Localizzazione e raggruppamento (A, B, C) in funzione dei valori degli IDF delle stazioni



Fonte: ARPA Piemonte

con il contributo di: Giorgio Amprimo, Maurizio Bartegazzore, Stefano Bertino, Claudio Bonadio, Federica Bussi, Paola Buzio, Simona Caddeo, Lara Castino, Chiara Cisarò, Patrizia Cometto, Franca Coppo, Alberto Di Paolo, Sergio Ferrari, Pier Luigi Fogliati, Renato Gallo, Luisa Gatto, Maura Ghione, Mauro Grosa, Tiziano Guarnori, Lilliana Lo Baido, Maria Clivia Losana, Mauro Magnoni, Matteo Massara, Angelo Morisi, Alessandra Penna, Nicoletta Pepe, Gian Franco Piancone, Pier Luigi Rampa, Carlo Reale, Luciana Ropolo, Mariella Scorfani, Carla Stivaletti, Aldo Tocchio, Enrico Verzotti, Anna Vignola - ARPA Piemonte; Antonella Bari, Ricchiardone Katia - ENEA di Saluggia; Deborah Isocrono, Rosanna Pierivittori - Università di Torino.



Tabella 3.3 - Considerazioni sintetiche sulle metodologie adottate

PIANTE DI TABACCO	CAMPIONATORI PASSIVI
<i>Indicatore di IMPATTO</i>	<i>Indicatore di STATO</i>
Il microclima influenza la suscettibilità all'inquinante	Il microclima non dovrebbe influenzare l'assorbimento dell'ozono. Escursioni termiche richiedono però l'effettuazione di correzioni nel calcolo dei valori di ozono
Costi: modesto per le piante e l'installazione centraline elevati come impegno orario di personale formato	Costi: medi per il kit modesti per l'espletamento analisi laboratorio modesti per installazione campionatori
Non necessita di erogazione di E elettrica	Non necessita di erogazione di E elettrica
Soggettività interpretazione danno fogliari (Intercalibrage, standardizzazione)	Bassa soggettività nella fornitura del dato
Non utilizzabile a quote elevate	Utilizzabile in un intervallo maggiore di quote
Fornisce informazioni sulle conseguenze biologiche a carico della vegetazione in determinate condizioni meteo-climatiche	Non fornisce informazioni sul danno vegetazionale
Non utilizzabili per il controllo dei limiti legislativi	Non utilizzabili per il controllo dei limiti legislativi

3.3 FATTORI DI PRESSIONE - LE SORGENTI EMISSIVE

(A cura di Francesco Lollobrigida, Monica Clemente, Roberta De Maria - ARPA Piemonte, Dipartimento di Grugliasco, Area Modellistica ed Emissioni, e Angelo Benedetti, Franca Sordi, Gianluigi Truffo - Regione Piemonte, Settore Risanamento Acustico e Atmosferico)

La conoscenza delle fonti di inquinamento e della loro distribuzione sul territorio risulta indispensabile ai fini della predisposizione, ai vari livelli di governo, di piani di azione e di programmi di miglioramento o conservazione dell'aria ambiente.

Gli Inventari Regionali delle Emissioni – come specificato nel D.M. del 20.05.1991 "Criteri per l'elaborazione dei piani regionali per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria" e dalla L.R. n. 43 del 7.04.2000 "Disposizioni per la tutela dell'ambiente in materia di inquinamento atmosferico" – offrono una serie organizzata e coerente di dati relativi alla quantità di inquinanti introdotti in atmosfera da sorgenti naturali e/o attività antropiche.

L'Inventario delle Emissioni realizzato dalla Direzione Ambiente della Regione Piemonte risulta quindi, ai fini degli interventi regionali di pianificazione territoriale, lo strumento principale nel percorso conoscitivo che, a partire da fattori di emissione e opportuni indicatori, arriva alla definizione dei contributi emissivi delle varie sorgenti. L'ottimizzazione dell'intero processo avviene attraverso

borazione dei piani regionali per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria" e dalla L.R. n. 43 del 7.04.2000 "Disposizioni per la tutela dell'ambiente in materia di inquinamento atmosferico" – offrono una serie organizzata e coerente di dati relativi alla quantità di inquinanti introdotti in atmosfera da sorgenti naturali e/o attività antropiche.

Tabella 3.4 – Macrosettori previsti dalla classificazione SNAP

1	Combustione - Energia e industria di trasformazione
2	Combustione non industriale
3	Combustione nell'industria
4	Processi produttivi
5	Estrazione e distribuzione di combustibili fossili, geotermia
6	Uso di solventi e altri prodotti
7	Trasporto su strada
8	Altre sorgenti mobili e macchinari
9	Trattamento e smaltimento rifiuti
10	Agricoltura
11	Altre sorgenti di emissione ed assorbimenti



Tabella 3.5 – Principali comparti emissivi

Comparto	Denominazione	Macrosettori SNAP
A	Produzione di energia	1) Combustione - Energia e industria di trasformazione 2) Combustione non industriale
B	Attività industriali	3) Combustione nell'industria 4) Processi produttivi 5) Estrazione e distribuzione di combustibili fossili, geotermia 6) Uso di solventi ed altri prodotti
C	Trasporto su strada	7) Trasporto su strada
D	Altre fonti emissive	8) Altre sorgenti mobili e macchinari 9) Trattamento e smaltimento rifiuti 10) Agricoltura 11) Altre sorgenti di emissione ed assorbimenti

processi di validazione che vanno dal controllo sperimentale delle emissioni in alcuni impianti produttivi, alle tecniche di simulazione modellistica di dispersione degli inquinanti in atmosfera, all'individuazione di correlazioni tra quantità emesse e quantità rilevate dai sistemi di monitoraggio.

L'Inventario della Regione Piemonte – realizzato secondo la metodologia CORINAIR, messa a punto dalla European Environment Agency (EEA) – fornisce la stima delle emissioni totali annue di macro e microinquinanti, disaggregate per attività emissiva ai vari livelli di classificazione SNAP (Selected Nomenclature for Air Pollution) e ripartite spazialmente su scala comunale.

In base alla classificazione SNAP tutte le attività antropiche e naturali che possono dare origini a emissioni in atmosfera sono ripartite in undici macrosettori (vedi **tabella 3.4**)

Ogni macrosettore è suddiviso in ulteriori due livelli, in modo tale che ad ogni singola attività risulta assegnato un codice che la identifica in modo univoco: ad esempio all'*Utilizzo di caldaie destinate alla produzione di energia elettrica con potenza termica di almeno 300 MW* (compresa nel macrosettore 1 = *Combustione, Energia e Industria di trasformazione*) corrisponde il codice 01.01.01, all'*Emissione da parte di veicoli leggeri circolanti su strade extraurbane* il codice 07.02.02, ai *Processi di incenerimento di rifiuti solidi urbani* il codice 09.02.01.

Per il dettaglio completo delle attività comprese negli 11 macrosettori si rimanda alla bibliografia. Per visualizzare la distribuzione spaziale dei fattori di pressione che incidono sull'inquinamento atmo-

sferico del territorio regionale, sono state realizzate alcune carte tematiche – per gli inquinanti biossido di zolfo (SO₂), monossido di carbonio (CO), ossidi di azoto (NO_x) e polveri inalabili (PM10) – che rappresentano dal punto di vista grafico il contributo delle principali fonti emissive (**figure 3.20, 3.21, 3.22, 3.23**). Per chiarezza di esposizione i macrosettori SNAP sono stati raggruppati in quattro comparti emissivi, come visualizzato in **tabella 3.5**.

Va evidenziato il macrosettore 3 (*Combustione nell'industria*) fa riferimento a processi di combustione analoghi, dal punto di vista tecnologico, a quelli dei macrosettori 1 e 2, ma strettamente correlati all'industria: processi legati all'utilizzo in loco di caldaie, combustioni connesse a veri e propri processi produttivi (forni), ecc...

Per una corretta interpretazione delle cartografie tematiche è opportuno sottolineare che l'indicatore utilizzato non è la quantità assoluta di inquinante emessa nel territorio comunale, ma la massa emessa per unità di superficie (t/km²). Ciò permette di fornire da un lato un'informazione direttamente collegata alla pressione esercitata sul territorio, dall'altro un immediato confronto tra comuni con diversa estensione territoriale.

Ognuno dei paragrafi seguenti è dedicato ad uno specifico inquinante, allo scopo di evidenziare i contributi relativi dei diversi comparti emissivi sia a scala locale che regionale.

La tabella seguente riassume sinteticamente i risultati dell'analisi.



Indicatore / Indice	DPSIR	Unità di misura	Livello territoriale	Anno di riferimento	Disponibilità dei dati	Andamento numerico	Stato Ambientale
Quantità di SO ₂ emessa per unità di superficie	P	t/km ²	comunale	1997	☺	↘	☺
Quantità di CO emessa per unità di superficie	P	t/km ²	comunale	1997	☺	↘	☺
Quantità di NO _x emessa per unità di superficie	P	t/km ²	comunale	1997	☺	↘	☹
Quantità di PM10 primario emessa per unità di superficie	P	t/km ²	comunale	1997	☺	↘	☹

3.3.1 BLOSSIDO DI ZOLFO (SO₂)

Il contributo del comparto D risulta nettamente il meno rilevante. Tra i rimanenti comparti si ha una leggera predominanza del comparto B.

A livello di distribuzione spaziale locale delle emissioni per unità di superficie, i comparti A e C mostrano tipicamente valori più elevati a livello della conurbazione torinese, legati alla concentrazione nel primo caso di impianti di riscaldamento domestico, nel secondo caso di fonti mobili legate al traffico autoveicolare; il comparto B evidenzia invece criticità localizzate sia in corrispondenza delle principali conurbazioni piemontesi sia in aree extraurbane sedi di specifici insediamenti industriali.

Va comunque sottolineato che il quadro emissivo descritto comporta per questo inquinante uno stato della qualità dell'aria ambiente del tutto soddisfacente, come già sintetizzato nella tabella del paragrafo 3.1.

3.3.2 MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)

Anche in questo caso il contributo del comparto D risulta minoritario, con l'eccezione di alcuni comuni nel nord del Piemonte, per i quali gli incendi forestali – seppur legati a fenomeni episodici, ma documentati – sono considerati una fonte non trascurabile, a livello locale, di questo inquinante.

A livello generale, i fattori di pressione ricadono per la quasi totalità nel comparto C; l'esame della distribuzione spaziale evidenzia due aree di massima criticità, in corrispondenza delle due maggiori conurbazioni piemontesi, Torino e Novara, con una netta prevalenza della prima. Tale distribuzione è legata alle caratteristiche stesse di questo inquinante, la cui emissione da parte degli autoveicoli è più elevata quando il motore funziona prevalentemente ad un basso numero di giri; le condizioni di guida del tipo "stop and go", tipiche della mobilità urbana, corrispondono quindi a livelli di emissione per autoveicolo più elevati. Nelle grandi conurbazioni, inoltre, il fenomeno risulta ulteriormente accentuato dall'elevata densità degli autoveicoli stessi.

Un livello di criticità intermedio tra quello delle due conurbazioni citate e quello di fondo si evidenzia per i comuni nei quali ricadono i principali assi viari extraurbani (superstrade, tangenziali e autostrade).

Per quanto riguarda il comparto B, si evidenziano alcune situazioni critiche puntuali, esterne alle conurbazioni e legate alla presenza di specifici insediamenti industriali.

I fattori di pressione che ricadono nel comparto A interessano invece principalmente la città di Torino - con la sua periferia urbana - in relazione alla elevata concentrazione spaziale di impianti di combustione appartenenti al macrosettore 2.



3.3.3 OSSIDI di azoto TOTALI (NO_x)

Per la produzione di ossidi di azoto viene confermata la prevalenza del comparto C rispetto ai comparti B ed A, anche se meno marcata rispetto alle emissioni di monossido di carbonio.

I fattori di pressione legati al comparto C sono concentrati in corrispondenza delle conurbazioni di Torino, Novara, Asti e Alessandria, nonché lungo i principali assi viari extraurbani.

Tale fenomeno consegue dal fatto che l'emissione di ossidi di azoto da parte degli autoveicoli - a differenza di quanto accade per il monossido di carbonio - aumenta in corrispondenza di velocità medio-alte. Lungo le principali arterie extraurbane, quindi, la minore densità di autoveicoli rispetto al traffico urbano risulta del tutto o in parte compensata da velocità medie di percorrenza più elevate. Il comparto emissivo B risulta il secondo in ordine di importanza, con una distribuzione dei fattori di pressione sul territorio regionale maggiormente legata alle realtà locali (tra cui alcune conurbazioni) nelle quali si concentrano le attività industriali.

Per quanto riguarda il comparto A, le zone con fattori di pressione superiori al fondo coincidono con le principali conurbazioni piemontesi: l'analisi di dettaglio dell'Inventario delle emissioni mostra che il contributo prevalente risulta legato agli impianti inferiori ai 50 MW, utilizzati per il riscaldamento domestico.

3.3.4 POLVERI INALABILI (PM10)

Va innanzitutto sottolineato che le cartografie tematiche di figura 3.23, per la natura stessa dell'Inventario delle emissioni, forniscono informazioni riferite esclusivamente al particolato primario, vale a dire quello originato per emissione diretta da una o più fonti.

Per tale componente del particolato totale i comparti B e C risultano quelli prevalenti, con una distribuzione spaziale delle aree critiche a macchia di leopardo sul territorio regionale. Il comparto C mostra una leggera prevalenza nella conurbazione torinese, mentre il comparto B risulta in generale prevalente nelle altre conurbazioni piemontesi. Il contributo del comparto A raggiunge la massima criticità nel capoluogo piemontese, mentre per il comparto D si evidenzia una generale omogeneità sui livelli di fondo.

Per quanto riguarda il particolato di origine secondaria, non esiste ancora nel nostro paese una letteratura scientifica sistematica che permetta di svolgere una trattazione completa del fenomeno; in termini del tutto generali, una frazione non trascurabile di tale inquinante deriva certamente dagli ossidi di azoto, per cui la distribuzione delle pressioni per quest'ultimo inquinante può fornire, in prima approssimazione, un'informazione qualitativa sulla probabilità di formazione del particolato secondario.

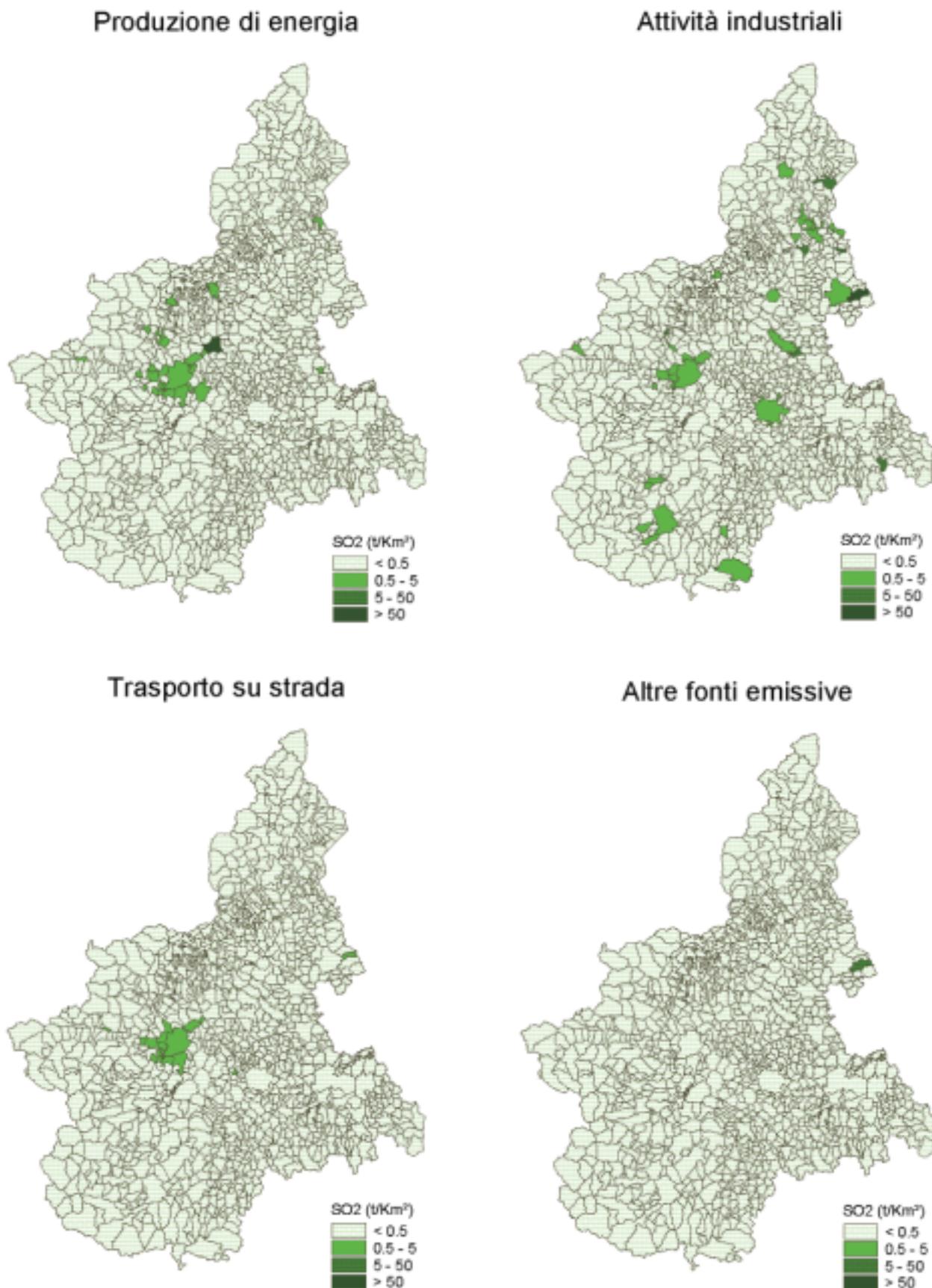
3.3.5 BENZENE

La versione attuale dell'Inventario delle emissioni regionale fornisce, per la maggior parte delle categorie SNAP, la quantità di composti organici totali, dalla quale risulta possibile ricavare le emissioni di benzene solo attraverso specifici profili di speciazione, caratteristici di ogni comparto emissivo e non sempre disponibili con il necessario grado di accuratezza. Non sono state quindi riportate cartografie tematiche per questo inquinante.

Poiché però esiste una stretta relazione tra emissioni di benzene e di monossido di carbonio - in quanto si tratta, in entrambi i casi, di inquinanti emessi per la quasi totalità dagli autoveicoli con motore alimentato a benzina - valgono per questo inquinante le stesse considerazioni del paragrafo 3.3.2.: l'unica eccezione è costituita da quelle zone in cui sono presenti particolari processi produttivi (quali la raffinazione del petrolio o la produzione di sostanze organiche), che possono fornire un contributo aggiuntivo locale.



Figura 3.20 - Biossido di zolfo – Emissioni per unità di superficie suddivise nei quattro comparti emissivi – anno 1997

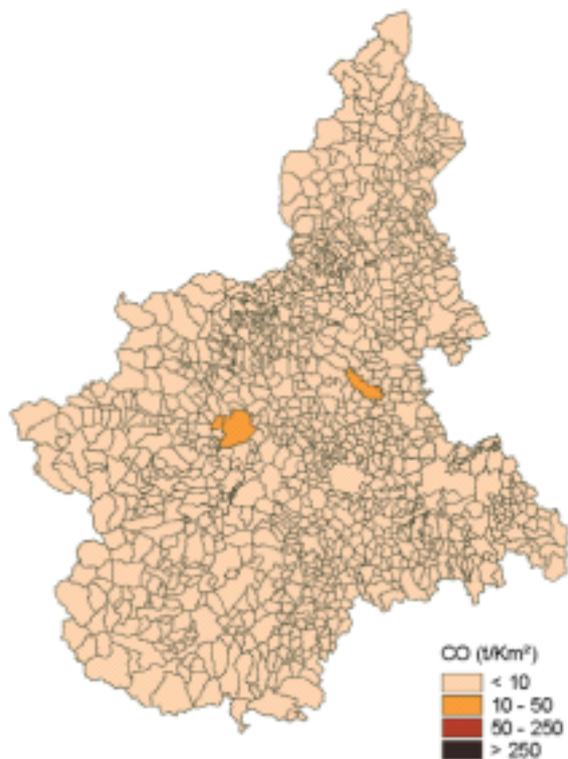


Fonte: Regione Piemonte - Elaborazioni ARPA

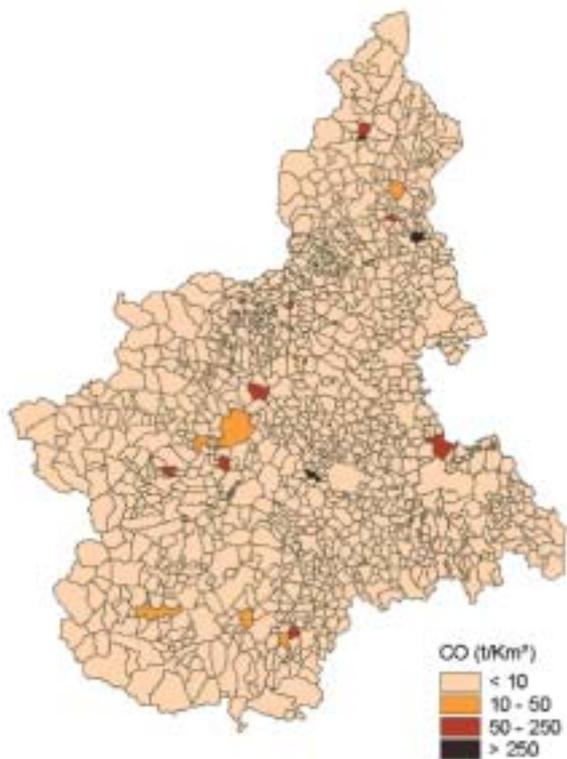


Figura 3.21 – Monossido di carbonio – Emissioni per unità di superficie suddivise nei quattro comparti emissivi – anno 1997

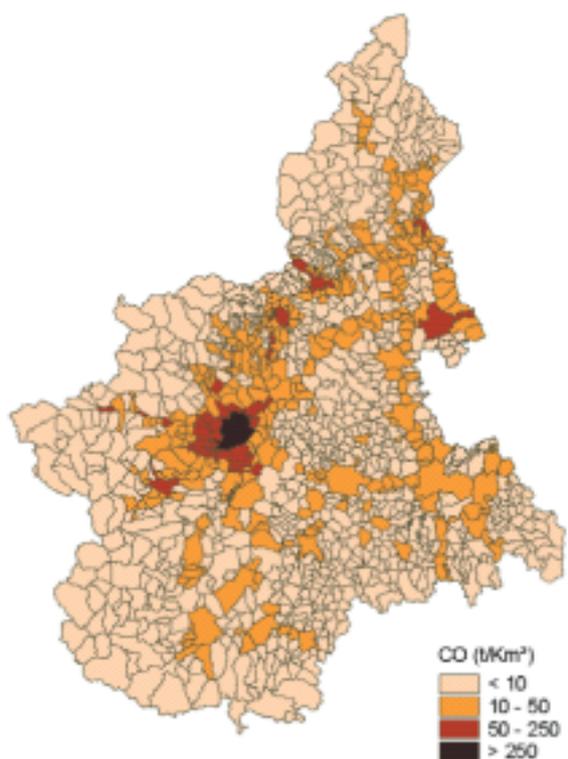
Produzione di energia



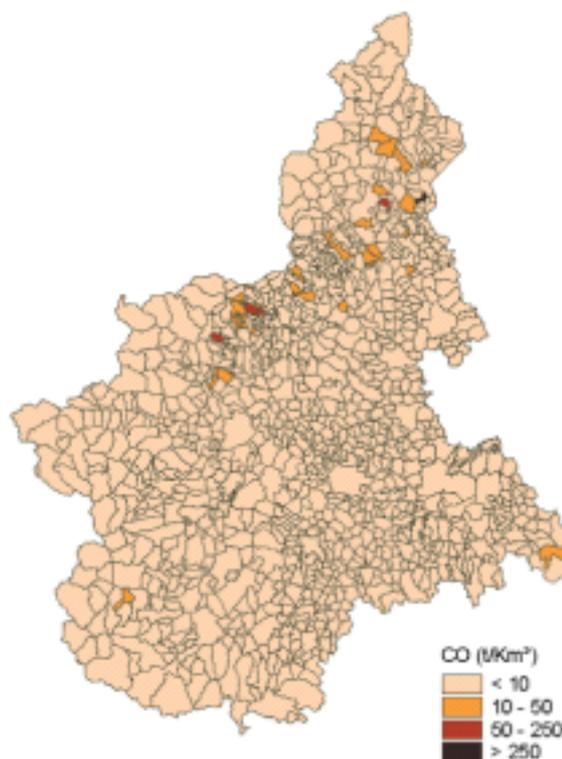
Attività industriali



Trasporto su strada



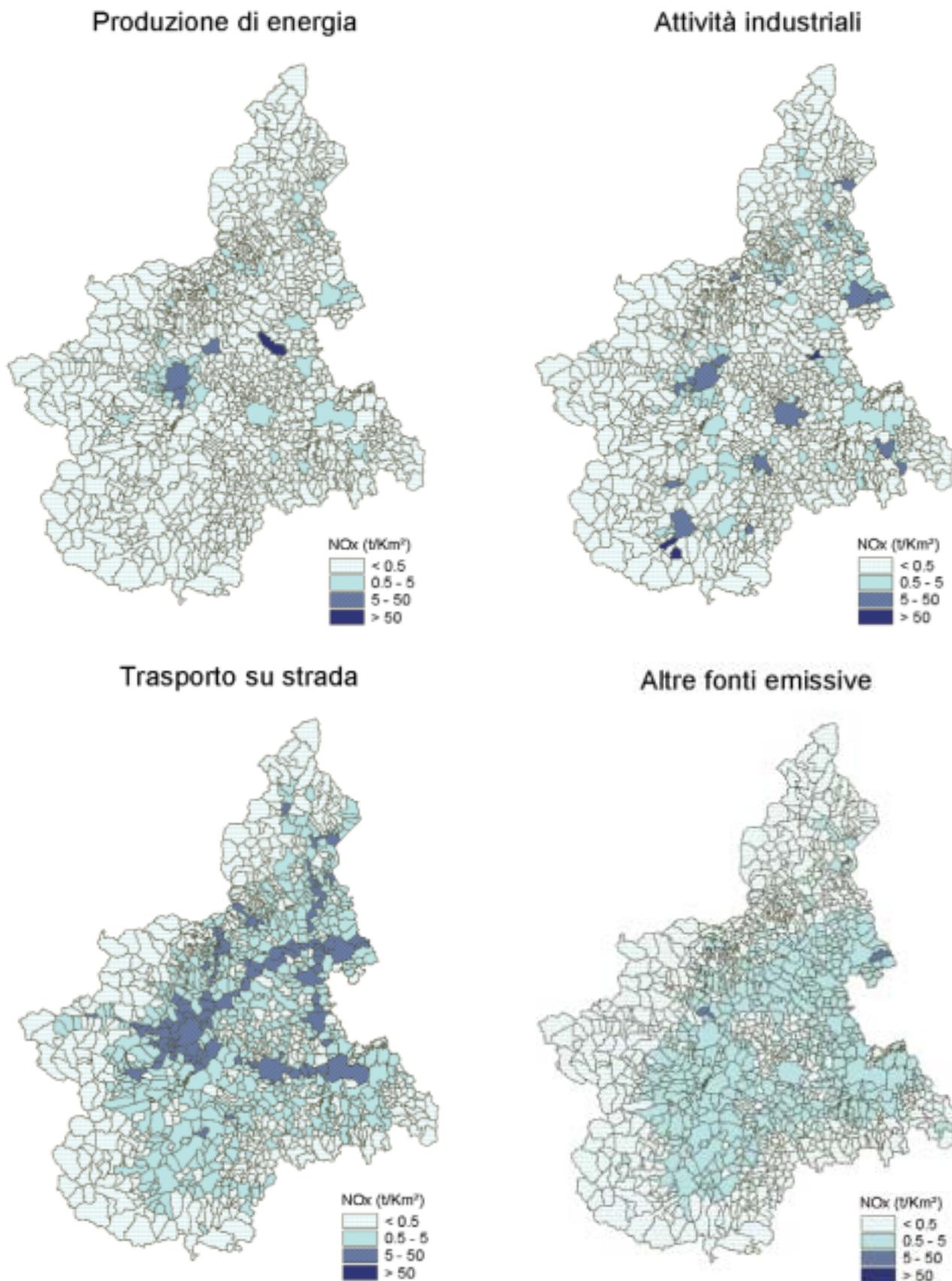
Altre fonti emissive



Fonte: Regione Piemonte -Elaborazioni ARPA



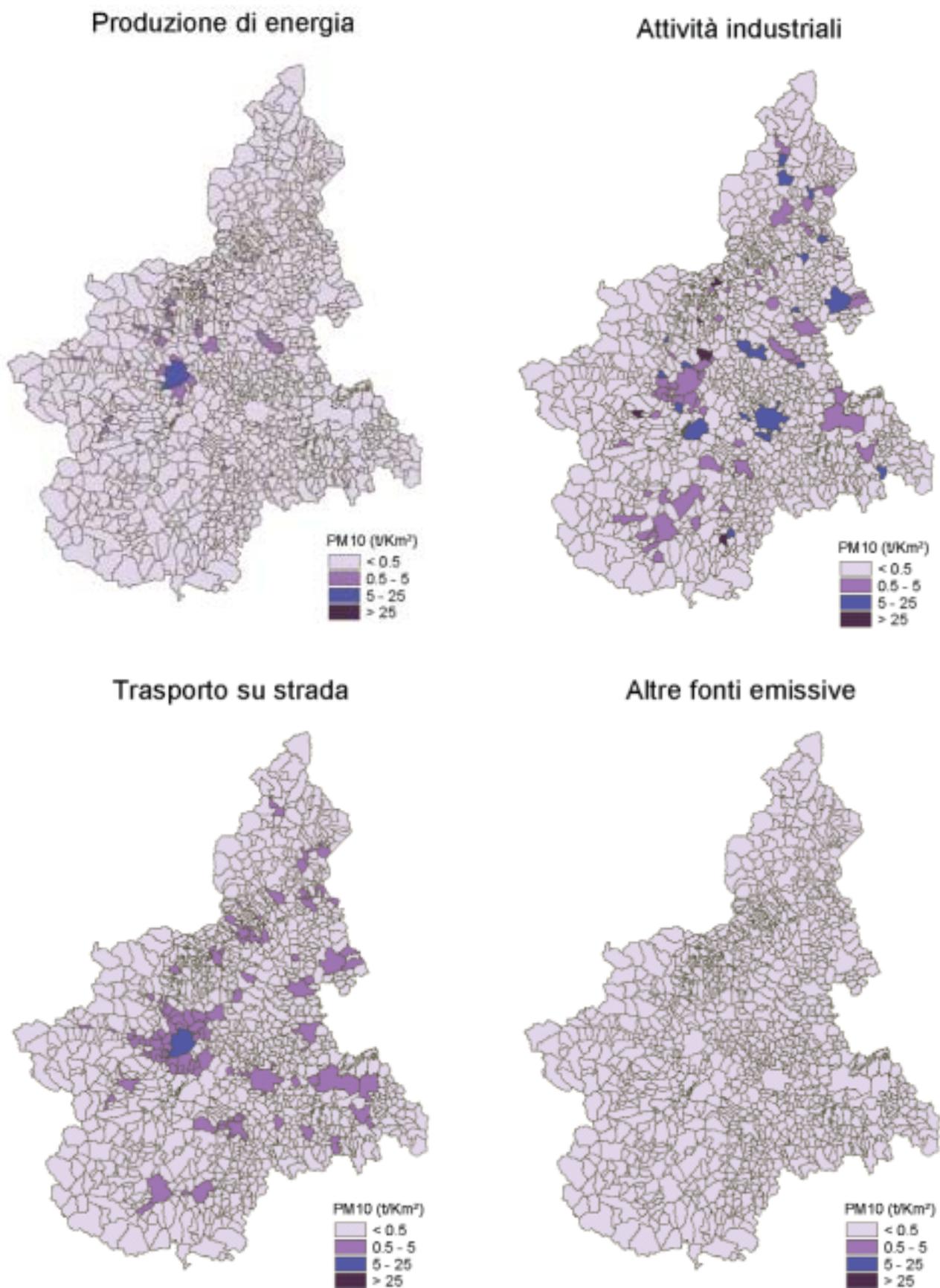
Figura 3.22 – Ossidi di azoto totali (espressi come NO_x) – Emissioni per unità di superficie suddivise nei quattro comparti emissivi – anno 1997



Fonte: Regione Piemonte - Elaborazioni ARPA



Figura 3.23 – PM10 – Emissioni per unità di superficie suddivise nei quattro comparti emissivi – anno 1997



Fonte: Regione Piemonte - Elaborazioni ARPA



commercialmente diffuse, l'assenza di vincoli tecnico-commerciali sui sistemi hardware/software utilizzati dall'Azienda e dall'Organo di Controllo e la semplicità e possibilità di crescita in funzione del numero di impianti sottoposti a controllo in continuo.

E' stata altresì formalizzata la struttura logica (vedi figura seguente) da utilizzarsi per la presentazione e la visualizzazione dei dati. Tale struttura è basata su un insieme di pagine HTML collegate in modo da permettere una comoda esplorazione e consultazione di tutti i dati disponibili nell'archivio residente sul Web based server dell'Azienda. Oltre alle

elaborazioni previste dalla legislazione vigente (medie orarie/semiorarie, medie giornaliere, medie mensili, medie orarie, ecc.), la procedura prevede anche l'elaborazione di alcuni dati di sintesi su base giornaliera, il cui scopo è quello di garantire una informazione, di basso livello ma di immediata lettura, sulle condizioni emissive dell'impianto controllato in continuo.

Nelle pagine contenenti i dati di sintesi, al fine di facilitare l'operatore nelle operazioni di valutazione, è stata prevista l'adozione di specifici codici colore che descrivono lo stato dell'impianto.

BIBLIOGRAFIA

ANPA, 2001. *IBL Indice di Biodiversità Lichenica*. Manuali e Linee Guida 2/2000 ANPA Dipartimento Stato dell'Ambiente, controlli e sistemi informativi.

BINI G., MAGISTRO S., ANGELINO E., FOSSATI G., PERONI E., DE LAURETIS R., LIBURDI R., DEL CIELLO R., NEGRENTI E., 2001. *Linee Guida agli inventari locali di emissione in atmosfera*. ANPA RTI CTN_ACE 3/2001.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 1999. *Atmospheric Emission Inventory Guidebook EMEP/CORINAIR, 2nd edition*.

NIMIS P. L., SCHEIDEGGER C., WOLSELEY P.A., 2000. *Monitoring with Lichens. IV. Earth and Environmental Sciences, vol 7, Kluwer Academic Publishers pp. 408*.

PROVINCIA DI TORINO, 2001. *Uno sguardo all'aria* (in stampa).

REGIONE PIEMONTE, 2000. *Criteri per la classificazione del territorio regionale in Allegato A alla L.R.7 aprile 2000, n. 43 "Disposizioni per la tutela dell'ambiente in materia di inquinamento atmosferico - Prima attuazione del Piano regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria"*.