

Rapporto sullo Stato dell'Ambiente in Piemonte 2011

Componenti ambientali

ARIA



QUALITÀ DELL'ARIA

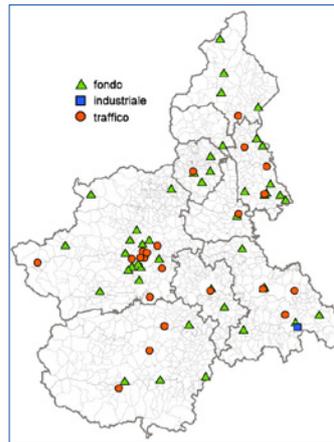
In Piemonte la qualità dell'aria è misurata mediante il Sistema Regionale di Rilevamento della qualità dell'aria, che nel 2010 risulta costituito da:

- 68 stazioni fisse per il monitoraggio in continuo di parametri chimici, di cui 2 di proprietà privata
- 6 laboratori mobili attrezzati, per realizzare campagne brevi di monitoraggio
- 7 Centri Operativi Provinciali (COP), presso i quali sono effettuate le operazioni di validazione dei dati rilevati

I dati puntuali prodotti dalla rete di rilevamento sono disponibili sulle pagine del sito WEB www.sistemapiemonte.it

Figura 3.1

Stazioni di qualità dell'aria
anno 2010



Le stazioni sono dislocate sul territorio in modo da rappresentare in maniera significativa le diverse caratteristiche ambientali inerenti la qualità dell'aria. Più in dettaglio le stazioni di traffico sono collocate in posizione tale da misurare prevalentemente gli inquinanti provenienti da emissioni veicolari; le stazioni di fondo rilevano livelli di inquinamento non direttamente influenzati da singole sorgenti ma riferibili al loro contributo integrato, mentre quelle industriali rilevano il contributo connesso alle limitrofe attività produttive.

Per quanto riguarda i laboratori mobili per la rilevazione della qualità dell'aria, nel 2010 si è proceduto all'acquisto di 5 nuovi mezzi mobili con motorizzazioni a basso impatto ambientale (ossia con doppia alimentazione a metano/

benzina) che hanno sostituito quelli con motorizzazioni più inquinanti.

I dati relativi all'anno 2010 confermano la tendenza degli ultimi anni: una situazione stabile per monossido di carbonio, biossido di zolfo, metalli e benzene i cui livelli di concentrazione si mantengono inferiori ai limiti previsti dalla normativa vigente; resta critica la situazione per il biossido di azoto, ozono e particolato PM_{10} seppur in presenza di una tendenza al decremento dei livelli di concentrazione anche per questi tre inquinanti, comunque non sufficiente per il pieno rispetto degli obiettivi previsti dalla normativa vigente.

Indicatore indice	Unità di misura	DPSIR	Fonte dei dati	Copertura geografica	Copertura temporale	Stato attuale	Trend
NO ₂ - sup. limite orario	numero	S	Arpa Piemonte	Provincia	2010		↓
NO ₂ - media annua	µg/m ³	S	Arpa Piemonte	Provincia	2010		↔
O ₃ - sup. valore bersaglio protezione salute umana	numero	S	Arpa Piemonte	Provincia	2010		↔
O ₃ - sup. valore bersaglio protezione vegetazione (AOT40)	µg/m ³ *h	S	Arpa Piemonte	Provincia	2010		↔
PM ₁₀ - media annua	µg/m ³	S	Arpa Piemonte	Provincia	2010		↓
PM ₁₀ - sup. limite giornaliero	numero	S	Arpa Piemonte	Provincia	2010		↓
PM _{2,5} - media annua	µg/m ³	S	Arpa Piemonte	Provincia	2010		↔
Benzene - media annua	µg/m ³	S	Arpa Piemonte	Provincia	2010		↔
Piombo - media annua	µg/m ³	S	Arpa Piemonte	Provincia	2010		↔
Arsenico, Cadmio, Nichel media annua	ng/m ³	S	Arpa Piemonte	Provincia	2010		↔
Benzo(a)pirene media annuale	ng/m ³	S	Arpa Piemonte	Provincia	2010		↔

Nota: nel rapporto sono state utilizzate generalmente le stazioni la cui copertura temporale di dati è stata superiore al 85%.

Per visualizzare le serie storiche degli indicatori di aria: <http://rsaonline.arpa.piemonte.it/indicatori/aria.htm>

BIOSSIDO DI AZOTO (NO₂)

Il Decreto Legislativo n° 155 del 13/08/2010 prevede per il biossido di azoto i seguenti valori limite:

Biossido di azoto	
NO ₂ - Limite orario per la protezione della salute umana (293 °K e 101.3 kPa)	
Periodo di mediazione: 1 ora	200 µg/m ³ da non superare più di 18 volte per anno civile
NO ₂ - Limite annuale per la protezione della salute umana (293 °K e 101.3 kPa)	
Periodo di mediazione: anno civile	40 µg/m ³
NO ₂ - Soglia di allarme per il biossido di azoto (293 °K e 101.3 kPa)	
400 µg/m ³ misurati su tre ore consecutive (in località rappresentative della qualità dell'aria su almeno 100 km ² oppure una zona o un agglomerato completi, se tale zona o agglomerati sono meno estesi).	

Nel presente rapporto sono stati scelti, come indicatori statistici, i due limiti di protezione della salute poiché ben evidenziano la criticità di questo inquinante.

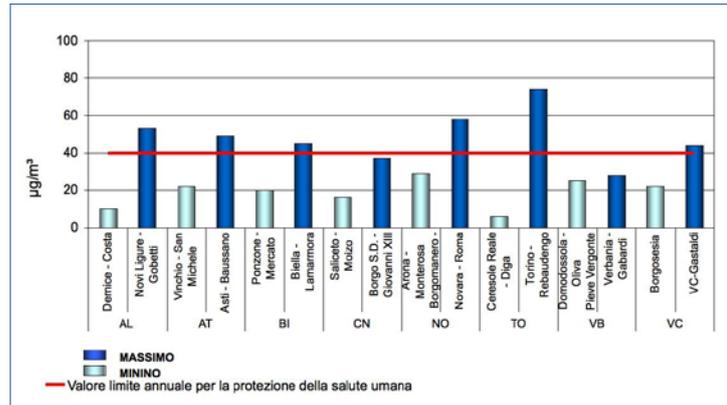
Il valore limite di protezione della salute umana di 40 µg/m³ su base annuale (indicato con la linea rossa nella figura 3.2) è stato superato in tutte le province del Piemonte ad eccezione di Cuneo e VCO. I superamenti si sono verificati presso le

stazioni di traffico con eccezione della città di Torino, dove i superamenti si sono riscontrati anche per le due stazioni di fondo di Torino-Lingotto e Torino-Rubino. Complessivamente nel 2010 su tutto il territorio regionale la percentuale di stazioni per le quali si è avuto il superamento del valore limite annuale è stata inferiore rispetto all'anno precedente, scendendo dal 31% al 24%.

Figura 3.2

NO₂, minima e massima media annuale per provincia anno 2010

Fonte: Arpa Piemonte



Per quanto riguarda il numero di superamenti del valore orario di 200 µg/m³ la legge prescrive un numero massimo pari a 18 superamenti nell'anno civile (indicato con la linea rossa nella figura 3.3).

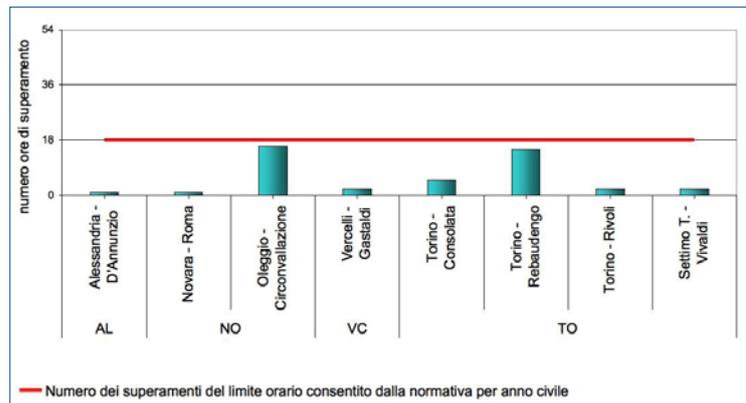
Dal grafico si può osservare come nel 2010 i superamenti del valore limite orario sono rientrati nel numero consentito dalla normativa e come in nessuna stazione si sono veri-

ficati superamenti in eccedenza. Anche questo indicatore mostra un miglioramento nella qualità dell'aria rispetto al 2009, anno nel quale invece si erano riscontrati superamenti del limite in 6 stazioni collocate nella provincia di Torino.

Figura 3.3

NO₂, stazioni con almeno un superamento del limite orario di 200 µg/m³ anno 2010

Fonte: Arpa Piemonte



Ozono (O₃)

Il Decreto Legislativo 155/10, che ha abrogato il DLgs 183/04 stabilisce per l'ozono:

Ozono	
O ₃ - Valore bersaglio per la protezione della salute umana (293 °K e 101.3 kPa)	
Media mobile su 8 ore massima giornaliera	120 µg/m ³ da non superare più di 25 giorni/anno come media su 3 anni
O ₃ - Valore bersaglio per la protezione della vegetazione (293 °K e 101.3 kPa)	
AOT40, media oraria da maggio a luglio	18.000 µg/m ³ *h come media su 5 anni
O ₃ - Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (293 °K e 101.3 kPa)	
Media mobile su 8 ore massima giornaliera	120 µg/m ³
O ₃ - Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione (293 °K e 101.3 kPa)	
AOT40, media oraria da maggio a luglio	6.000 µg/m ³ *h come media su 5 anni
O ₃ - Soglia di informazione (293 °K e 101.3 kPa)	
Media oraria	180 µg/m ³
O ₃ - Soglia di allarme (293 °K e 101.3 kPa)	
Media oraria	240 µg/m ³ per 3 ore consecutive

Nel presente rapporto sono stati scelti, come indicatori statistici, il valore obiettivo per la protezione della salute umana e il valore obiettivo per la protezione della vegetazione. Tutte le province sono state interessate nel 2010 da un numero elevato dei giorni di superamento del valore obietti-

vo, pari a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, riscontrati in modo particolare nel periodo estivo dell'anno sia in realtà urbane che rurali pur evidenziando una lieve diminuzione rispetto all'anno precedente (figura 3.4).

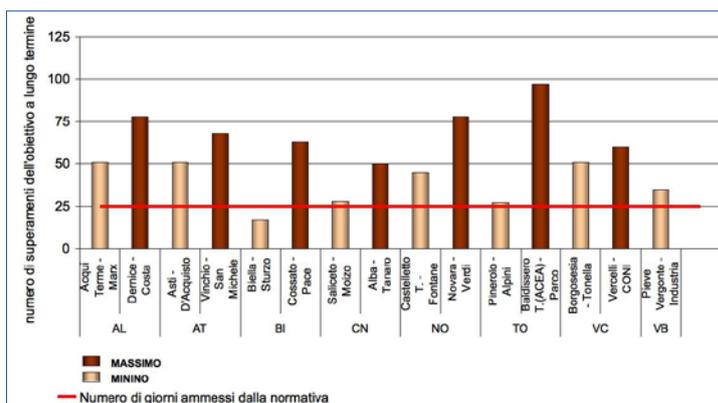


Figura 3.4
O₃, numero minimo e massimo di giorni di superamento del valore obiettivo per la protezione della salute umana per provincia anno 2010
Fonte: Arpa Piemonte

Per quanto riguarda l'AOT40 per la protezione della vegetazione, le stazioni sono state scelte individuando le più significative per provincia, ossia di fondo rurale con almeno il 90% dei dati validi disponibili per il calcolo dell'AOT40, ad eccezione delle stazioni di Verrone, Pieve Vergonte e Vercelli-Coni che sono di fondo suburbano.

Il valore di AOT40 è stato calcolato sui dati del 2010, a differenza di quanto prescritto dalla normativa che prevede una media sugli ultimi 5 anni consecutivi, per avere una maggiore descrizione dell'andamento specifico dell'indica-

tore nell'anno sul territorio. Per la sola stazione di Castelletto Ticino, come previsto dalla normativa, è stato utilizzato il valore stimato di AOT40, in quanto la percentuale di dati disponibili era inferiore al 90%.

Dalla figura 3.5, che riporta in rosso l'eccedenza rispetto al valore obiettivo, si osserva che il valore misurato supera ampiamente il valore di riferimento ($18.000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$) in tutte le stazioni di fondo collocate sul territorio regionale sia in contesto rurale o sia in contesto suburbano.

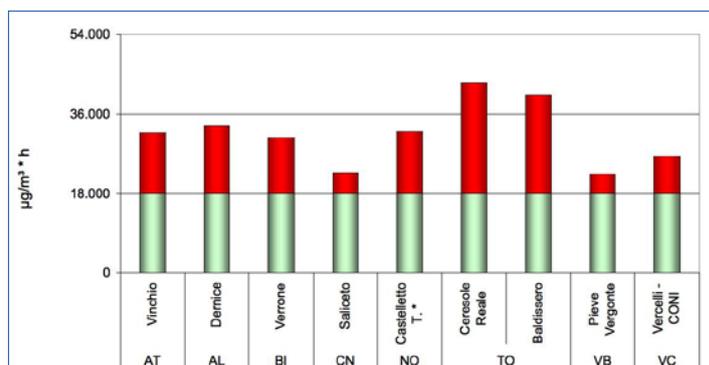


Figura 3.5
O₃, AOT40 per la protezione della vegetazione per provincia anno 2010
Fonte: Arpa Piemonte

PM₁₀ (POLVERI INALABILI)

Il Decreto Legislativo 155/10, che ha abrogato il DLgs 183/04 stabilisce per l'ozono:

PM ₁₀	
PM ₁₀ - valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	
Media giornaliera	50 µg/m ³ da non superare più di 35 volte per anno civile
PM ₁₀ - valore limite annuale per la protezione della salute umana	
Media annuale	40 µg/m ³

Nel presente rapporto sono stati scelti, come indicatori statistici, i due limiti di protezione della salute che evidenziano la criticità di questo inquinante.

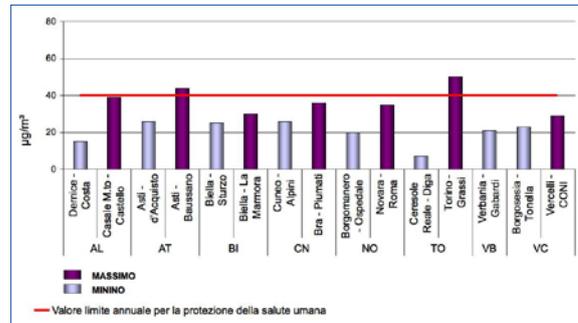
L'indicatore sintetico rappresentato dalla media annuale, per l'anno 2010, ha evidenziato superamenti del valore limite per la protezione della salute umana (40 µg/m³) solo

presso le stazioni di traffico delle province di Torino e Asti (figura 3.6). E' da tener presente che nelle province di Vercelli e Verbania non sono attualmente disponibili dati misurati presso siti di traffico. La situazione generale denota un continuo miglioramento su tutto il territorio regionale comprese le province maggiormente urbanizzate come quella torinese.

Figura 3.6

PM₁₀, minima e massima media annuale per provincia anno 2010

Fonte: Arpa Piemonte



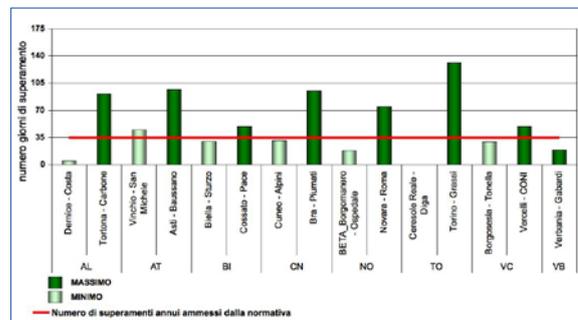
Nella figura 3.7 si riportano le stazioni, su base provinciale, in cui è stato rilevato il numero minimo e massimo dei giorni di superamento della media giornaliera di 50 µg/m³. Si nota come il limite dei 35 superamenti/anno è stato superato in tutte le province ad eccezione di quella di Verbania in cui la stazione di rilevamento è collocata in un

contesto residenziale di fondo. In Piemonte nel 2010 il limite non è stato superato in alcune stazioni di traffico e in gran parte delle stazioni di fondo non collocate nelle aree più densamente urbanizzate, denotando quindi un miglioramento rispetto agli anni precedenti.

Figura 3.7

PM₁₀, numero minimo e massimo dei superamenti del limite giornaliero per provincia anno 2010

Fonte: Arpa Piemonte



PM_{2,5} (POLVERI RESPIRABILI)

La norma nazionale vigente (DLgs 155/10) prevede un valore obiettivo per la protezione della salute umana:

PM _{2,5}	
PM _{2,5} - valore obiettivo annuale per la protezione della salute umana	
Media annuale	25 µg/m ³

Nel presente rapporto si riporta, come indicatore statistico, il limite di protezione della salute umana che evidenzia la criticità di questo inquinante.

Nei mesi di aprile - giugno 2010 sono stati attivati 14 campionatori di PM_{2,5} destinati ad integrare la dotazione strumentale delle stazioni fisse esistenti, in adeguamento alle disposizioni contenute nel DLgs 155/10.

Il numero di dati validi maggiore al 90%, come richiesto dalla normativa, è rispettato solo presso le due stazioni di

fondo già presenti dagli anni precedenti, la rurale di Vinchio (AT) e l'urbana di Torino - Lingotto.

Confrontando i valori delle medie annuali di PM₁₀ e PM_{2,5} delle due stazioni si conferma quanto già noto e cioè che la parte più consistente del PM₁₀ è costituita da particelle con diametro aerodinamico uguale o inferiore a 2,5 µm. I livelli di concentrazione del PM_{2,5} misurati nella stazione di fondo urbano sono superiori al valore obiettivo previsto dalla Direttiva europea (figura 3.8).

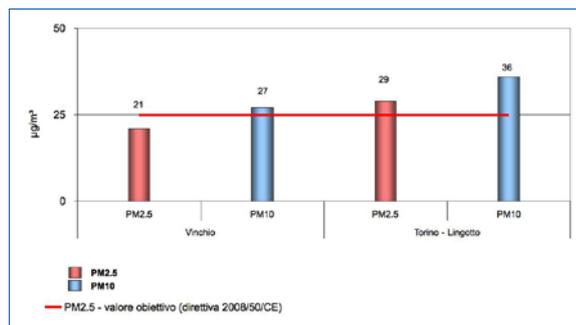


Figura 3.8

PM_{2,5} e PM₁₀, medie annuali anno 2010

Fonte: Arpa Piemonte

Poiché nel corso del 2010 vi è stato un significativo incremento del numero di campionatori di PM_{2,5}, installati presso le stazioni di fondo, si riporta nella figura 3.9, a titolo puramente indicativo e comparativo, il valore medio dell'ultimo trimestre (ottobre-dicembre), anche se non confrontabile con l'indicatore di legge in quanto non relativo all'intero anno di misura.

Dal grafico si rileva che i valori minori sono stati misurati presso le stazioni di Baceno (NO), Ceresole (TO) e Dernice (AL), in pratica nelle stazioni di fondo ubicate in zone alpine e collinari caratterizzate da condizioni climatiche più favorevoli alla dispersione degli inquinanti, mentre quelli più elevati risultano misurati in contesti urbani di pianura.

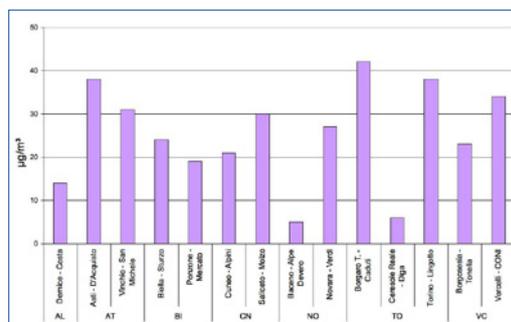


Figura 3.9

PM_{2,5}, media ottobre/dicembre relativa ai campionatori attivati nel corso del 2010

Fonte: Arpa Piemonte

BENZENE

Il Decreto Legislativo n° 155 del 13/08/2010 stabilisce per il benzene un valore limite annuale che è utilizzato nel presente rapporto come indicatore statistico.

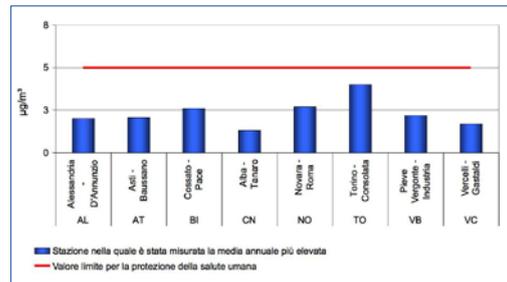
BENZENE	
Benzene - valore limite annuale per la protezione della salute umana (293 °K e 101.3 kPa)	
Media annuale	5 µg/m ³

Nella figura 3.10 è riportato il valore massimo di media annuale su base provinciale; si può in questo modo osservare che il valore limite annuale (5 µg/m³) è ampiamente rispettato in tutto il territorio regionale, comprese le attuali stazioni di traffico.

Figura 3.10

Benzene, massima media annuale per provincia anno 2010

Fonte: Arpa Piemonte



METALLI E BENZO(A)PIRENE

Nell'anno 2010 sono state effettuate misurazioni delle concentrazioni di metalli e benzo(a)pirene (utilizzato per rappresentare l'intero gruppo degli IPA) in tutti i siti della rete ove è presente un campionatore di PM₁₀, in quanto questi inquinanti sono presenti nel particolato atmosferico.

Il Decreto Legislativo n° 155 del 13/08/2010 prevede per il piombo un valore limite a lungo termine che nel presente rapporto viene utilizzato come indicatore statistico e per arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene un valore obiettivo.

PIOMBO	
Piombo - valore limite annuale per la protezione della salute umana	
Media annuale	0,5 µg/m ³
ARSENICO	
Arsenico - valore obiettivo	
Media annuale	6,0 ng/m ³
CADMIO	
Cadmio - valore obiettivo	
Media annuale	5,0 µg/m ³
NICHEL	
Nichel - valore obiettivo	
Media annuale	20,0 ng/m ³
BENZO(A)PIRENE	
Benzo(a)pirene - valore obiettivo	
Media annuale	1,0 ng/m ³

I risultati analitici di concentrazione di piombo nel PM₁₀, espressi come media annuale, sono stati confrontati con il valore limite di 0.5 µg/m³, prendendo in considerazione il valore massimo rilevato su base provinciale, ed evidenziano la persistenza di valori molto bassi, ormai da almeno un decennio (figura 3.11).

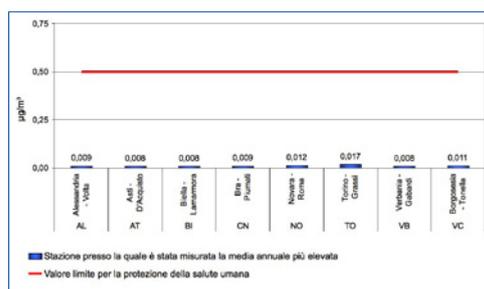


Figura 3.11
Piombo, massima media annuale per provincia anno 2010
Fonte: Arpa Piemonte

Nell'anno 2010 per i tre metalli tossici nel PM10 i valori di concentrazione media annuale misurati nelle diverse provincie sono abbondantemente inferiori al valore obiettivo della normativa vigente, evidenziato dalla linea rossa, e leggermente inferiori rispetto all'anno precedente (figure 3.12-3.14).

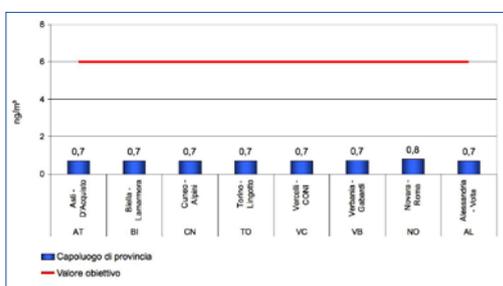


Figura 3.12
Arsenico, massima media annuale per provincia anno 2010
Fonte: Arpa Piemonte

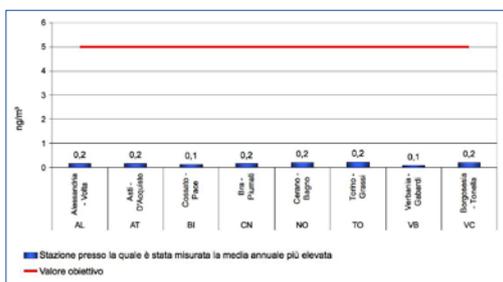


Figura 3.13
Cadmio, massima media annuale per provincia anno 2010
Fonte: Arpa Piemonte

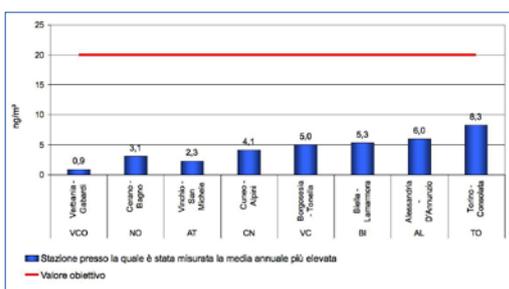


Figura 3.14
Nichel, massima media annuale per provincia anno 2010
Fonte: Arpa Piemonte

Nel 2010 i valori medi annuali di Benzo(a)pirene, rappresentati su base provinciale, sono quasi sempre inferiori al limite normativo con l'unica eccezione di una stazione di fondo collocata in area rurale (figura 3.15).

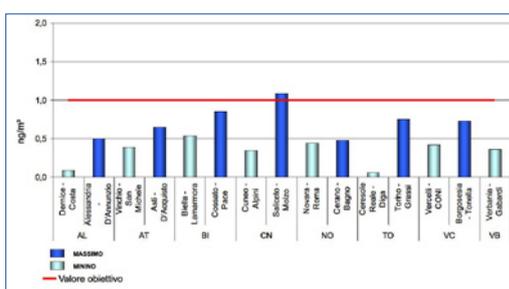


Figura 3.15
Benzo(a)pirene, minima e massima media annuale per provincia anno 2010
Fonte: Arpa Piemonte

Box 1 - STUDIO DELLA CONCENTRAZIONE NUMERICA DI PARTICELLE ULTRAFINI NELL'AREA METROPOLITANA TORINESE

Le motivazioni che hanno spinto Arpa Piemonte ad approfondire le conoscenze in materia di concentrazione numerica e di distribuzione dimensionale delle polveri ultrafini derivano dalla crescente attenzione alle stesse da parte degli studi tossicologici, che hanno osservato effetti attribuibili soprattutto a tali frazioni granulometriche in relazione all'elevata superficie specifica e alla capacità di penetrare in profondità negli alveoli polmonari e di raggiungere il circolo ematico. Nel nostro paese, ma anche in ambito europeo, sono ancora relativamente pochi gli studi sulla concentrazione numerica di particelle ultrafini in aria ambiente, in particolare se si fa riferimento a campagne di lungo periodo che tengano conto della variabilità stagionale delle condizioni di formazione/rimozione del particolato e della conseguente variabilità delle condizioni di esposizione della popolazione. La tematica è inoltre di particolare rilevanza in un'area come la conurbazione torinese che è notoriamente una delle più critiche d'Europa in relazione al particolato atmosferico.

Sulla base di tale presupposto Arpa e Provincia di Torino hanno promosso uno specifico progetto di indagine basato su misure di lungo periodo che si propone le seguenti finalità:

1. costruire una prima base dati dei valori di concentrazione numerica di particelle ultrafini nell'area urbana di Torino, sulla base di misure di lungo periodo rappresentative delle diverse condizioni meteorologiche. Il progetto prevede di effettuare le misure sia in prossimità del suolo che in quota, in relazione ai fenomeni di confinamento degli inquinanti atmosferici negli strati più bassi della troposfera che sono caratteristici della pianura padana;
2. confrontare la base dati con analoghe misure effettuate in altre aree urbane italiane e europee;
3. analizzare la correlazione dei dati di concentrazione numerica rilevati con gli inquinanti atmosferici tradizionali e con i principali parametri meteorologici.

Una sintesi preliminare dei primi dati raccolti è stata oggetto di uno specifico capitolo all'interno dell'edizione 2009 della relazione "Uno sguardo all'aria" curata da Provincia di Torino e da Arpa Piemonte.

Esame dei dati relativi al 2010

Lo strumento utilizzato è un *Ultrafine Particle Monitor* modello 3031 della TSI Incorporated ed è in grado di misurare la concentrazione numerica di particelle da un diametro di 20 nm fino a 1 micron su 6 classi dimensionali (20-30 nm, 30-50 nm, 50-70 nm, 70-100 nm, 100-200 nm, 200-1000 nm).

Lo strumento è stato posizionato all'ultimo piano del grattacielo sede della Provincia di Torino, in Corso Inghilterra 7/9, ad un'altezza di 50 m.

In tabella a sono riportati i valori medi del periodo 13 gennaio - 31 dicembre 2010, calcolati come media delle medie orarie.

Il valore medio del periodo è 7156 particelle/cm³ con massimi di 40.056 particelle/cm³. Come si può osservare in le classi 20-30 nm e 30-50 nm rappresentano il 73% delle particelle totali misurate (escludendo le particelle superiori ai 200 nm).

Tabella a - Medie dell'anno 2010

	20 - 30 nm	30 - 50 nm	50 - 70 nm	70 - 100 nm	100 - 200 nm	TOTALE
media 2010	3.089	2.176	877	553	461	7.156
MAX	15.783	14.599	5.191	2.804	2.143	40.056
MIN	129	98	37	23	20	309
Distribuzione percentuale rispetto al totale	43%	30%	12%	8%	6%	

Analizzando la variabilità del numero di particelle nel corso della giornata (figura a) si evidenzia un andamento con un massimo assoluto tra le 9 e le 10 del mattino e un picco serale meno pronunciato che parte dalle 20 e permane fino alle prime ore notturne. La variabilità nel corso della giornata è più ampia per le classi 20-30 nm e 30-50 nm rispetto alle classi con dimensioni maggiori, che presentano un andamento più costante, in accordo con altri dati in letteratura¹.

L'andamento è confrontabile con quello degli inquinanti tipici delle emissioni da traffico veicolare come il monossido di azoto, che presentano picchi nelle stesse ore, facendo ipotizzare che le emissioni veicolari rappresentino la sorgente principale. I picchi dell'NO però sono molto più pronunciati rispetto a quelli del numero di particelle, le quali quindi sembrano avere una superiore permanenza in atmosfera e una origine anche secondaria; ciò è confermato dal fatto che la concentrazione di particelle rimane relativamente alta anche in ore notturne (24, 1 e 2 di notte), durante le quali è molto minore l'emissione primaria sia da traffico veicolare che da altre fonti. Per quanto riguarda gli andamenti di lungo periodo, in figura b è rappresentato l'andamento delle concentrazioni medie mensili totali di particelle relative all'anno 2010 in confronto con gli andamenti mensili del PM₁₀ misurato in via Consolata, sito tipico di traffico, e del PM_{2,5} nella stazione di fondo urbano di via Aurelio Monti (Torino-Lingotto).

Si osserva che i massimi assoluti si collocano per tutti e tre i parametri nel periodo invernale, mentre l'andamento temporale nel periodo estivo della concentrazione numerica differisce da quello delle concentrazioni in massa. Per PM₁₀ e PM_{2,5} i massimi relativi nel mese di luglio, che è invece di norma il mese in cui si riscontrano i valori più bassi dell'anno, sono poco accentuati e quindi attribuibili in prima istanza all'andamento dei parametri meteorologici evidenziato in figura b. Nel 2010 infatti il mese di luglio è stato quello che ha presentato i valori massimi di temperatura e radiazione e minimi di precipitazione atmosferica, mentre i mesi di giugno e agosto sono stati i più piovosi. Il minimo di agosto può inoltre essere attribuito alla decrescita di traffico veicolare rispetto a giugno, durante il quale questo tipo di emissione è ancora relativamente elevata.

Il massimo relativo estivo della concentrazione numerica di particelle ultrafini è invece molto accentuato, tanto che il valore medio del mese di luglio è di poco inferiore a quello di marzo, ed è quindi difficilmente spiegabile in base a sole considerazioni di carattere meteorologico.

Come ipotesi di lavoro tale fenomeno, poiché si è verificato nel mese in cui si sono raggiunti i valori massimi di irraggiamento solare, potrebbe essere attribuito a fenomeni di nucleazione dovuti alla presenza di composti organici volatili, ossidi di azoto e alta radiazione solare².

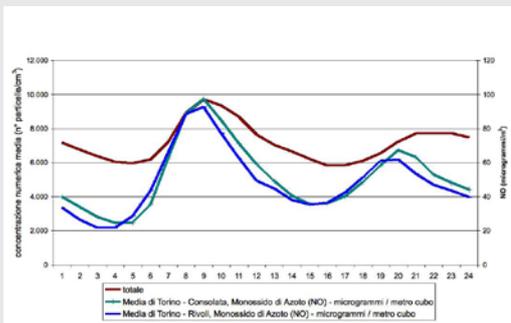


Figura a

Andamento orario del giorno medio per la concentrazione numerica di particelle - anno 2010, confronto con andamento Monossido di Azoto Torino Consolata e Torino piazza Rivoli - Fonte: Arpa Piemonte

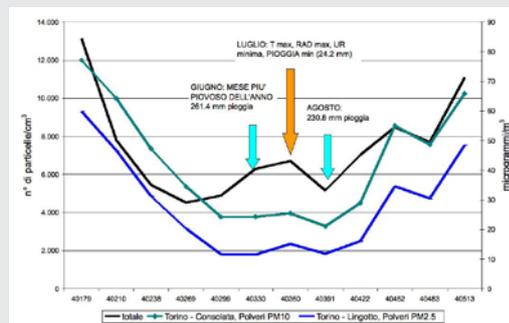


Figura b

Numero di particelle e concentrazione massica di PM₁₀ e PM_{2,5} mensile - Fonte: Arpa Piemonte

¹ Aalto, Hameri et al. Aerosol particle number concentration measurements in five European cities using TSI-3022 condensation particle counter over a three-year period during health effects of air pollution on susceptible subpopulations”, J Air Waste Manag Assoc. 2005 Aug; 55(8):1064-76.

² Seinfeld J.H., Pandis S.N. 1998. Atmospheric chemistry and physics, New York, John Wiley, pagg 724-751.

L'elaborazione statistica dei dati a livello di medie giornaliere ha evidenziato coefficienti di correlazione relativamente elevati con tutti gli inquinanti misurati presso le stazioni al suolo, di origine sia primaria come il monossido di azoto che mista come il PM_{10} e il $PM_{2,5}$. I coefficienti di correlazione più bassi si riscontrano per biossido di azoto e benzene (tabella b). E' quindi presumibile, sulla base di questa prima analisi, un'origine sia primaria che secondaria delle particelle ultrafini rilevate.

Tabella b - Correlazioni con i principali parametri chimici

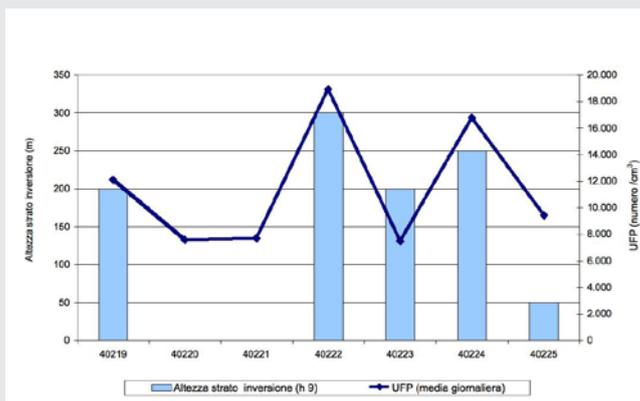
R di Pearson	20 - 30 nm	30 - 50 nm	50 - 70 nm	70 - 100 nm	100 - 200 nm	TOTALE
Torino - Consolata, Polveri PM_{10}	0.73	0.73	0.75	0.75	0.77	0.74
Torino - Lingotto, Polveri $PM_{2,5}$	0.71	0.73	0.74	0.74	0.76	0.73
Torino - Consolata, Monossido di Carbonio (CO) milligrammi / metro cubo	0.68	0.70	0.70	0.69	0.70	0.69
Torino - Consolata, Monossido di Azoto (NO) microgrammi / metro cubo	0.65	0.64	0.64	0.64	0.63	0.65
Torino - Consolata, Biossido di Azoto (NO_2) microgrammi / metro cubo	0.52	0.50	0.50	0.50	0.50	0.51
Torino - Consolata, Benzene microgrammi / metro cubo	0.62	0.64	0.64	0.64	0.64	0.63

Per quanto riguarda la correlazione con le condizioni meteorologiche, l'attenzione è stata focalizzata sulla valutazione dell'influenza dell'altezza dello strato di inversione.

A titolo di esempio si analizzerà ora l'episodio dal 10 al 16 febbraio 2010. Questo periodo ha presentato sia condizioni di instabilità (e quindi di relativamente elevato rimescolamento verticale delle masse d'aria) nelle giornate dell'11-12 febbraio, sia di inversione termica in prossimità del suolo (e quindi di elevato confinamento degli inquinanti in prossimità del suolo stesso) nelle rimanenti giornate. Come indicatore del grado di stabilità atmosferica è stata utilizzata l'altezza sino alla quale si estende l'inversione termica nell'area urbana, riferita alle ore 9, in quanto l'intervallo orario 9-10 presenta il massimo assoluto di concentrazione di UFP nel giorno tipo. La figura c riporta l'andamento della concentrazione numerica di particelle ultrafini e dell'altezza dello strato di inversione. Si osserva che in termini qualitativi la modulazione temporale della concentrazione di particelle ultrafini è ben correlata alle variazioni delle condizioni di stabilità atmosferica.

Figura c

Episodio 10-16 febbraio 2010. Correlazione tra concentrazione del numero di particelle (UFP) e altezza dello strato di inversione
Fonte: Arpa Piemonte



Conclusioni

L'analisi dei dati raccolti nel sito ubicato all'ultimo piano della sede della Provincia di Torino mostra che la concentrazione numerica di particelle ultrafini è confrontabile come ordine di grandezza con quella rilevata in altre aree italiane.

Il confronto più corretto in termini di estensione temporale del monitoraggio è quello con il sito dell'Istituto Superiore di Sanità che dispone della serie storica più completa a livello nazionale. La media annuale rilevata in tale sito, situato al suolo nelle immediate vicinanze di un asse viario urbano a elevato traffico auto veicolare, è risultata nell'anno 2006 circa quattro volte più elevata di quella rilevata nel 2010 nel sito oggetto della presente relazione.

Per quanto riguarda la distribuzione dimensionale le particelle di dimensioni inferiori ai 50 nm rappresentano in media più del 70% di quelle misurate nell'intervallo 20-200 nm. L'andamento del giorno tipo è bimodale, con un massimo assoluto attorno alle ore 9 del mattino, in corrispondenza del massimo traffico veicolare su C.so Inghilterra. La correlazione con i flussi veicolari necessita di un ulteriore approfondimento mediante la misura del traffico su Corso Vittorio Emanuele II, l'altro grande asse viario situato nelle immediate vicinanze del sito di misura.

L'andamento delle medie mensili mostra i valori più elevati nel trimestre invernale e un massimo relativo nel mese di luglio che non appare interpretabile sulla base della sola variazione delle precipitazioni. La correlazione con gli inquinanti atmosferici misurati al suolo non evidenzia per le particelle ultrafini una particolare prevalenza della componente primaria su quella secondaria. Nel corso di episodi critici nel semestre freddo dell'anno l'altezza dello strato di inversione è in prima approssimazione correlata con l'andamento nel tempo della concentrazione numerica di particelle ultrafini nel sito considerato.

TENDENZE STORICHE DI ALCUNI INQUINANTI

Sono riportati i trend storici degli inquinanti NO₂, O₃ e PM₁₀, per i quali i valori di concentrazione risultano generalmente i più critici. Si tratta di inquinanti, di natura interamente o in parte come per il PM₁₀ secondaria, che si formano in atmosfera a seguito di cicli di reazioni foto-chimiche più o meno complessi. Questa caratteristica rende piuttosto difficoltosa l'adozione di misure efficaci volte a ridurre ulteriormente i livelli di concentrazione.

Per gli inquinanti primari, quali SO₂, CO, benzene e piombo, il progressivo miglioramento della qualità dei combustibili e della tecnologia motoristica ha determinato invece una netta diminuzione delle concentrazioni misurate che ormai da anni sono palesemente inferiori ai limiti di legge.

BIOSSIDO DI AZOTO (NO₂)

Per il biossido di azoto, nel 2010, si è evidenziata la conferma della situazione dell'anno precedente con superamenti del valore limite della media annuale nelle stazioni di traffico e anche nelle stazioni di fondo delle aree più densamente urbanizzate.

I valori medi annui risultano molto differenti tra i due siti in esame; i livelli di Torino sono gran lunga superiori a quelli di Biella a causa sia di una maggiore presenza di

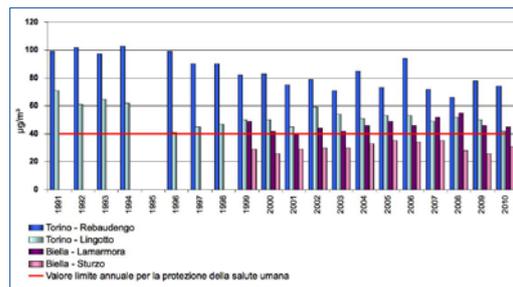
sorgenti diffuse e puntuali sia delle caratteristiche climatiche locali che rendono a Torino più difficile la dispersione degli inquinanti.

Nel corso degli ultimi anni si conferma un quadro di sostanziale stabilità o leggero miglioramento verosimilmente dovuto alle misure di risanamento adottate nonché alle condizioni meteorologiche più favorevoli (figura 3.16).

Figura 3.16

NO₂, confronto dell'andamento delle medie annuali di Torino e Biella anni 1991-2010

Fonte: Arpa Piemonte



OZONO (O₃)

Dai valori rilevati negli ultimi anni, l'ozono evidenzia una sostanziale stabilità degli elevati livelli misurati, tra i quali spicca il 2003 caratterizzato da una peculiare situazione meteorologica particolarmente favorevole alla formazione dell'inquinante.

Le stazioni di fondo considerate Torino Lingotto e Pino Torinese, nel 2008 ricollocata presso il comune di Baldis-

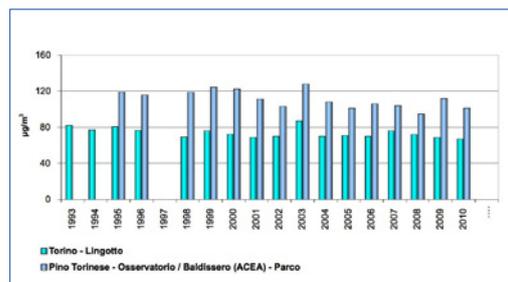
sero T.se, sono rispettivamente in zona urbana in pianura e in zona rurale in quota. Come prevedibile la stazione in quota risente sia dei fenomeni di trasporto sia della specifica situazione emissiva notturna che incrementano le concentrazioni medie.

La figura 3.17 evidenzia gli elevati livelli del parametro ozono nel periodo estivo.

Figura 3.17

O₃, medie relative al periodo maggio-settembre - anni 1993-2010

Fonte: Arpa Piemonte



PM₁₀

Le concentrazioni medie annuali del PM₁₀, calcolate sull'intero numero di stazioni presenti sul territorio regionale, denotano una tendenza alla diminuzione dei valori come evidenziato nella figura 3.18.

La situazione di questo inquinante, rappresentato come media per tipo di zona, conferma negli anni una generale

diminuzione dei valori misurati.

Ciò comunque non riduce la preoccupazione per la criticità che resta significativa nelle zone maggiormente urbanizzate dove si verificano numerosi superamenti soprattutto del limite giornaliero di 50 µg/m³.

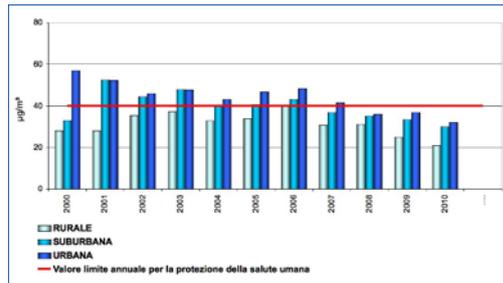


Figura 3.18

PM₁₀, media delle medie annuali per tipologia di zona anni 2000-2010

Fonte: Arpa Piemonte

FATTORI DI PRESSIONE: LE SORGENTI EMISSIVE

L'attuazione dei Piani di azione e dei Piani o Programmi per il miglioramento della qualità dell'aria prevede necessariamente l'individuazione dei settori maggiormente sensibili su cui indirizzare le misure e gli interventi per la riduzione delle emissioni inquinanti.

Il Settore Risanamento Acustico, Elettromagnetico e Atmosferico della Regione Piemonte realizza - sulla base della metodologia CORINAIR - l'Inventario Regionale delle Emissioni (IREA) piemontese, effettuando l'analisi dei requisiti e delle informazioni necessarie per la stima delle emissioni totali annuali di macro e microinquinanti, disaggregate per attività emissiva ai vari livelli di classificazione SNAP (*Selected Nomenclature for Air Pollution*).

L'IREA risulta quindi uno strumento conoscitivo di fondamentale importanza per la gestione della qualità dell'aria, in quanto fornisce, ad un livello di dettaglio comunale, la stima delle quantità di inquinanti introdotte in atmosfera

da sorgenti naturali e/o attività antropiche.

Per ciascuna delle sorgenti emissive - suddivise in **sorgenti puntuali** (singoli impianti industriali), **sorgenti lineari** (strade e autostrade) e **sorgenti areali** (fonti di emissione diffuse sul territorio) - vengono riportate le quantità di inquinanti relative alle diverse attività, classificate secondo la nomenclatura SNAP; gli inquinanti considerati sono metano (CH_4), monossido di carbonio (CO), anidride carbonica (CO_2), protossido di azoto (N_2O), ammoniaca (NH_3), composti organici volatili non metanici (NMVOC), ossidi di azoto (NO_x), anidride solforosa (SO_2) e polveri inalabili (PM_{10}).

La prima versione dell'Inventario Regionale è riferita all'anno 1997; sono disponibili gli aggiornamenti per gli anni 2001, 2005 e 2007, mentre è attualmente in corso l'aggiornamento per il 2008.

CARATTERIZZAZIONE DELLE EMISSIONI

Le emissioni di inquinanti in Piemonte secondo l'IREA 2007 ammontano a 14.980 tonnellate (t) di SO_2 , 81.657 t di NO_x (espressi come NO_2), 103.269 t di NMVOC, 16.612 t di PM_{10} , 191.697 t di CO, 40.870 t di NH_3 , 178.311 t di CH_4 , 34.542.088 t di CO_2 , 8.212 t di N_2O .

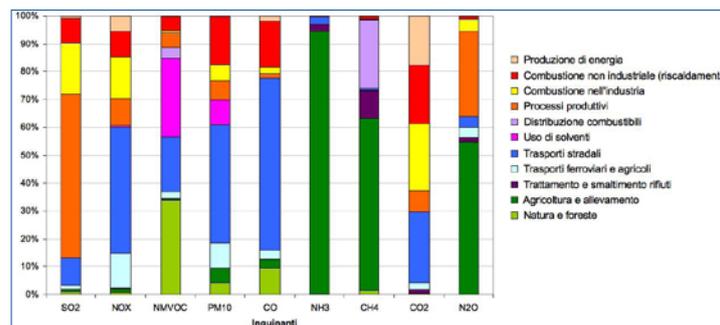
Nella figura 3.19 è stato rappresentato, per ogni inquinante, il contributo percentuale alle emissioni totali piemontesi da parte dei diversi comparti emissivi, classificati a livello di Macrosettore SNAP.

Figura 3.19

Emissioni IREA. Contributo percentuale per comparto emissivo anno 2007

Fonte: Regione Piemonte.

Elaborazione Arpa Piemonte



Analizzando il grafico, si può osservare che, per alcuni inquinanti, il contributo di uno specifico Macrosettore risulta predominante. Ad esempio i *processi produttivi* apportano il 59% del biossido di zolfo (industria petrolifera e industria chimica inorganica) emesso in atmosfera. Allo stesso modo per il monossido di carbonio risulta predominante il Macrosettore dei *trasporti stradali* (62%), a causa delle emissioni generate in particolare dagli autoveicoli a benzina non catalizzati, mentre il Macrosettore 10 (*Agricoltura e allevamento*), con gli insediamenti zootecnici concentrati soprattutto nell'area sud-orientale del Piemonte, contribuisce per il 94% alle emissioni totali di ammoniaca e per il

62% a quelle di metano.

Per gli altri inquinanti, invece, si può evidenziare che diversi comparti concorrono all'emissione complessiva. I Macrosettori che contribuiscono alle emissioni degli *ossidi di azoto* e delle *polveri inalabili* sono il trasporto sia stradale che agricolo, i processi produttivi, la combustione industriale e non industriale. In particolare il trasporto su strada contribuisce per il 45% alle emissioni di NO_x e per il 42% a quelle di PM_{10} ; i principali apporti derivano dal traffico dei veicoli diesel in ambito urbano e, nel secondo caso, il contributo più elevato è dato dalla risospensione delle polveri, dall'usura dei pneumatici e dall'uso dei freni.

I composti organici non metanici (NMVOC) derivano per il 34% dal comparto Natura (emissioni biogeniche delle foreste) e, in misura inferiore (28%), dall'uso sia industriale che domestico di solventi (Macrosettore 6) e dal traffico su strada, soprattutto degli autoveicoli e dei motocicli a benzina (20%).

Le fonti principali di metano sono la zootecnia (62%), in particolare l'allevamento di bovini, la distribuzione di combustibili (25%) e il trattamento e smaltimento rifiuti (10%), con specifico riferimento all'interramento di rifiuti solidi urbani in discarica controllata.

DISAGGREGAZIONE SPAZIALE, MODULAZIONE TEMPORALE E SPECIAZIONE DELLE EMISSIONI

L'Inventario Regionale raccoglie su scala comunale le quantità di inquinanti emessi in atmosfera da parte di 204 attività antropiche e biogeniche presenti sul territorio piemontese. Ai fini della quantificazione dei fattori di pressione che agiscono su una determinata area, l'attribuzione del dato di emissione al territorio sulla base della collocazione amministrativa della sorgente, secondo quanto previsto dalla metodologia per la realizzazione degli Inventari di Emissione, costituisce in alcuni casi una approssimazione non trascurabile. La rappresentazione cartografica stessa dei dati emissivi, infatti, generalmente viene realizzata per mezzo di carte tematiche nelle quali il totale emesso dal comune risulta "mediato" sull'intero territorio comunale, determinando da un lato la sottostima delle emissioni nelle aree ad elevata concentrazione di sorgenti emissive, dall'altro la sovrastima nelle porzioni territoriali prive di sorgenti. A livello di analisi dei fattori di pressione relativi all'inquinamento atmosferico, va inoltre tenuto presente che le ricadute degli inquinanti emessi interessano aree non neces-

Le emissioni di anidride carbonica provengono invece per il 25% dal trasporto stradale, per il 24% dai processi di combustione di tipo industriale e per il 21% dal riscaldamento domestico (di cui il 60% dovuto all'utilizzo di caldaie a metano, il combustibile più diffuso sul territorio piemontese).

Infine le principali fonti emissive del protossido di azoto (N_2O) sono imputabili per il 55% alla gestione dei reflui e alle coltivazioni con fertilizzanti (Macrosettore 10) e per il 30% alla produzione di acido adipico (Macrosettore 4).

sariamente coincidenti con il territorio comunale nel quale sono presenti le sorgenti di emissione.

Nell'ambito delle catene modellistiche in uso presso il Dipartimento Sistemi Previsionali di Arpa Piemonte, i dati contenuti negli Inventari Regionali - utilizzati al massimo livello di dettaglio possibile, ossia livello di attività per quanto riguarda la classificazione SNAP delle sorgenti emissive, livello di singolo camino per le sorgenti puntuali (impianti produttivi), livello di singolo arco stradale per le sorgenti lineari (strade e autostrade), livello comunale per le sorgenti areali (fonti di emissione diffuse sul territorio) - vengono trattati da una sottocategoria specifica per la modellizzazione delle emissioni (Emission Manager, Arianet), che prevede tre livelli principali di processamento (figura 3.20):

- la disaggregazione spaziale
- la modulazione temporale
- la speciazione chimica

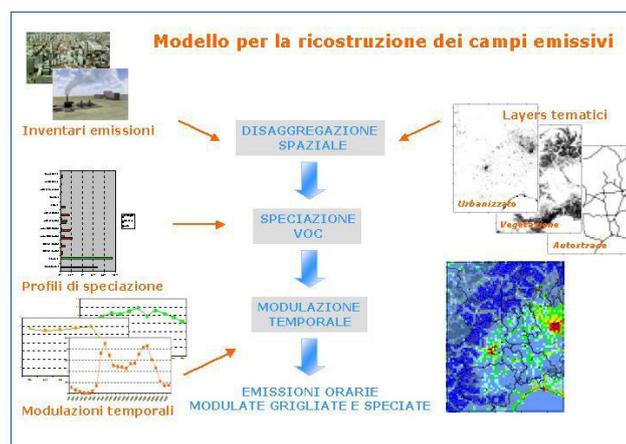


Figura 3.20

Schema della sottocategoria specifica per la modellizzazione delle emissioni

La **disaggregazione spaziale** prevede la distribuzione dei quantitativi emessi annualmente dai comuni su un grigliato bidimensionale (campo emissivo) composto da maglie quadrate dell'ordine di alcuni chilometri: il processo consiste nell'attribuire in modo differenziato alle singole celle - ottenute dall'intersezione tra la geometria della griglia e l'area del poligono comunale - le emissioni prodotte dalle diverse sorgenti presenti nel comune, sulla base di specifici tematismi (cartografie relative all'uso del suolo, all'edificato residenziale, alle aree industriali, alla vegetazione, alle colture agricole, ecc.). In questo modo le emissioni dovute ad una particolare attività antropica o biogenica, invece di essere uniformemente distribuite su tutto il territorio comunale, vengono ripartite esclusivamente sulle celle del comune interessate dal tematismo correlato all'attività in questione. Le emissioni prodotte dalle diverse sorgenti, associate alle singole celle comunali, possono poi essere sovrapposte e quindi sommate per ogni maglia del grigliato.

Il **modulo temporale** della catena modellistica per il trattamento delle emissioni distribuisce la sommatoria emissiva (fornita dagli Inventari delle Emissioni in tonnellate/anno) frazionandola su base oraria, tenendo conto di profili di modulazione specifici per ogni singola categoria emissiva associata alle diverse tipologie di sorgente. La modulazione nel tempo delle emissioni si basa quindi sull'incrocio tra profili di modulazione giornalieri (distribuzione nell'arco delle 24 ore), settimanali (distribuzione nell'arco della settimana) e annuali (distribuzione nell'arco dell'anno). Inoltre sono previsti, per alcune particolari attività, profili giornalieri differenziati per giorno feriale, prefestivo e festivo. Nelle figure successive sono riportati alcuni esempi di profili di modulazione temporale: nella prima (figura 3.21) sono rappresentati, diversificati per quota altimetrica, i profili annuali del comparto riscaldamento; nella seconda (figura 3.22) i profili settimanali, specifici per le strade extraurbane del comparto trasporti, sono differenziati sia per tipologia di veicolo che per area provinciale; infine la figura 3.23 esemplifica profili di modulazione giornaliera distinti per tipologia di giorno settimanale.

Figura 3.21

Modulazione temporale annuale delle emissioni relative al comparto riscaldamento. Diversificazione per quota altimetrica

Fonte: Arpa Piemonte

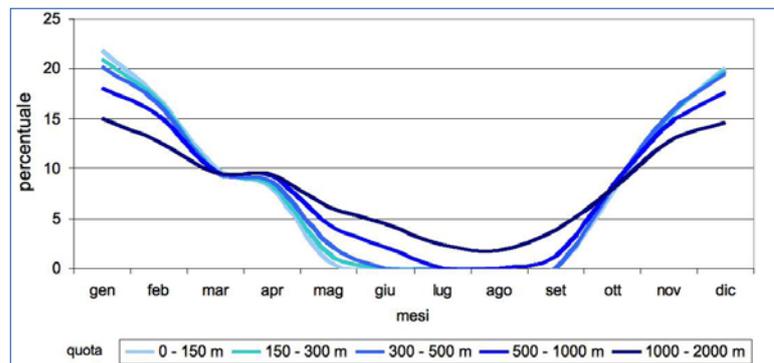
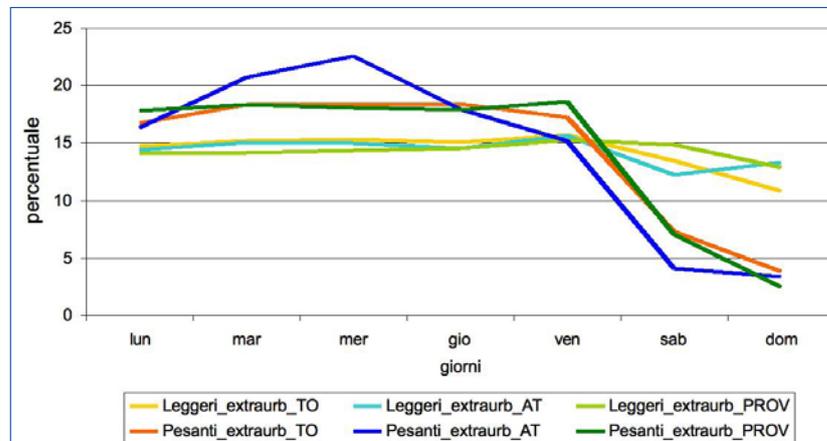


Figura 3.22

Modulazione temporale settimanale delle emissioni relative al comparto trasporti - strade extraurbane. Diversificazione per tipologia di veicolo e per area provinciale

Fonte: Arpa Piemonte



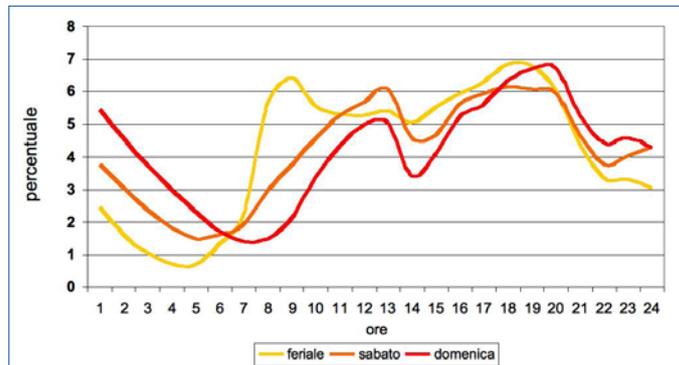


Figura 3.23

Modulazione temporale giornaliera delle emissioni relative al comparto trasporti. Diversificazione per tipologia di giorno settimanale

Fonte: Arpa Piemonte

Sempre nell'ambito del modello per la ricostruzione dei campi emissivi, il modulo responsabile della **speciazione delle emissioni** riproduce la speciazione chimica dei composti organici volatili non metanici (NMVOC) e del particolato (PM); inoltre ripartisce gli ossidi di azoto in monossido e biossido. Come risultato si ottiene - per ogni attività antropica e naturale - una ripartizione della sommatoria emissiva dei NMVOC e del PM nelle varie specie secondo il criterio di aggregazione previsto dal meccanismo chimico adottato (ad esempio alcani, aldeidi, chetoni, aromatici, olefine, terpeni, ecc...), sulla base di *profili di speciazione e dimensionali* specifici per ogni categoria emissiva.

A titolo di esempio sono state elaborate delle cartografie tematiche che rappresentano alcuni dei possibili risultati dei processi di disaggregazione - spaziale e temporale - e di speciazione delle emissioni fornite dall'IREA.

La prima carta tematica (figura 3.24) raffigura le emissioni di particolato primario legate al comparto stradale (Macrosettore 7 dell'IREA): i dati emissivi sono rappresentati al massimo livello di dettaglio (quantità di PM₁₀ emesso dai veicoli differenziati per sistema di alimentazione), consentendo un raffronto immediato tra i distinti contributi al PM₁₀ legati ai combustibili benzina e diesel.

Le emissioni sono state disaggregate spazialmente solo sulle celle del grigliato occupate da infrastrutture viarie (strade urbane, strade extraurbane e autostrade), mentre la modulazione nel tempo delle emissioni - ottenuta combinando i profili temporali specifici per tipologia di veicolo e per tipologia di strada - permette di apprezzare la diversificazione della pressione emissiva nelle prime ore del mattino (ore 6) e nelle ore di punta (ore 18) di un giorno feriale.

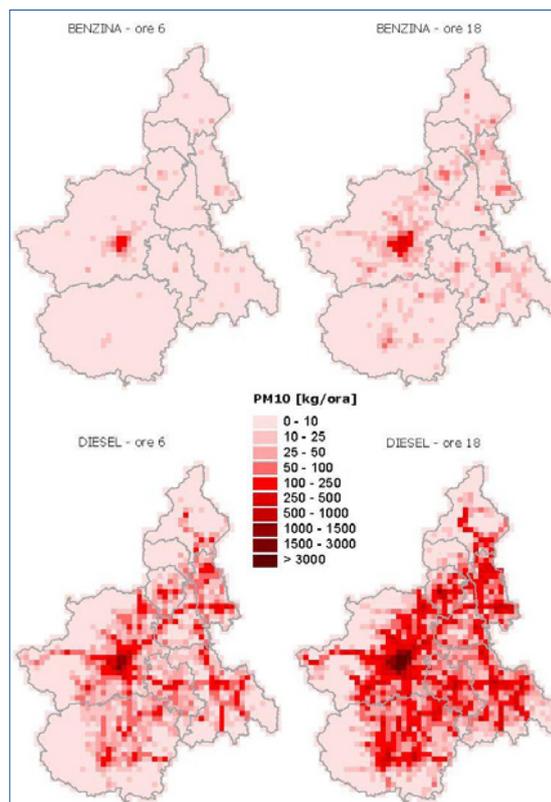


Figura 3.24

Disaggregazione spaziale e modulazione temporale delle emissioni di particolato primario relative al comparto trasporti, diversificate per tipologia di combustibile (benzina e diesel)

Fonte: Regione Piemonte.

Elaborazione Arpa Piemonte

Analogamente le successive due carte tematiche (figure 3.25 e 3.26) rappresentano le emissioni di particolato primario prodotte dal riscaldamento (Macrosettore 2), diversificate per combustibile (rispettivamente metano e legna). La spazializzazione dei contributi emissivi è limitata alle porzioni territoriali dedicate all'edificato residenziale e industriale; l'ulteriore livello di informazione legato alla quota dei territori comunali sedi delle sorgenti di energia termica (caldaie, stufe, camini) consente di differenziare i profili annuali di modulazione temporale delle emissioni a seconda dell'altitudine degli edificati comunali (figura 3.21).

Interessante appare la diversa ripartizione territoriale dei contributi emissivi: nel caso del metano le emissioni di PM₁₀ rispettano la distribuzione della popolazione nei centri abitati piemontesi, con punte nelle aree ad elevata densità; nel caso della legna la pressione emissiva si con-

centra invece nell'arco alpino e collinare, dove maggiore è la disponibilità di biomassa legnosa.

Per quanto riguarda la modulazione temporale, come ci si può aspettare, è apprezzabile - per entrambi i combustibili - la variazione sia stagionale (periodo estivo e periodo invernale) che giornaliera (prime ore del mattino e ore centrali della giornata); in particolare, nel caso dell'utilizzo della legna come combustibile, si osservi la presenza di emissioni di un certo rilievo anche nel periodo estivo (effetto della specifica modulazione temporale associata sia al combustibile che alla quota). Si noti infine la differenza in termini quantitativi dei contributi di PM₁₀ legati ai due diversi combustibili: mentre per il metano i valori massimi emessi nel periodo invernale si aggirano intorno a 160 kg/ora, per la legna si hanno punte che arrivano sino a 2.600 kg/ora.

Figura 3.25

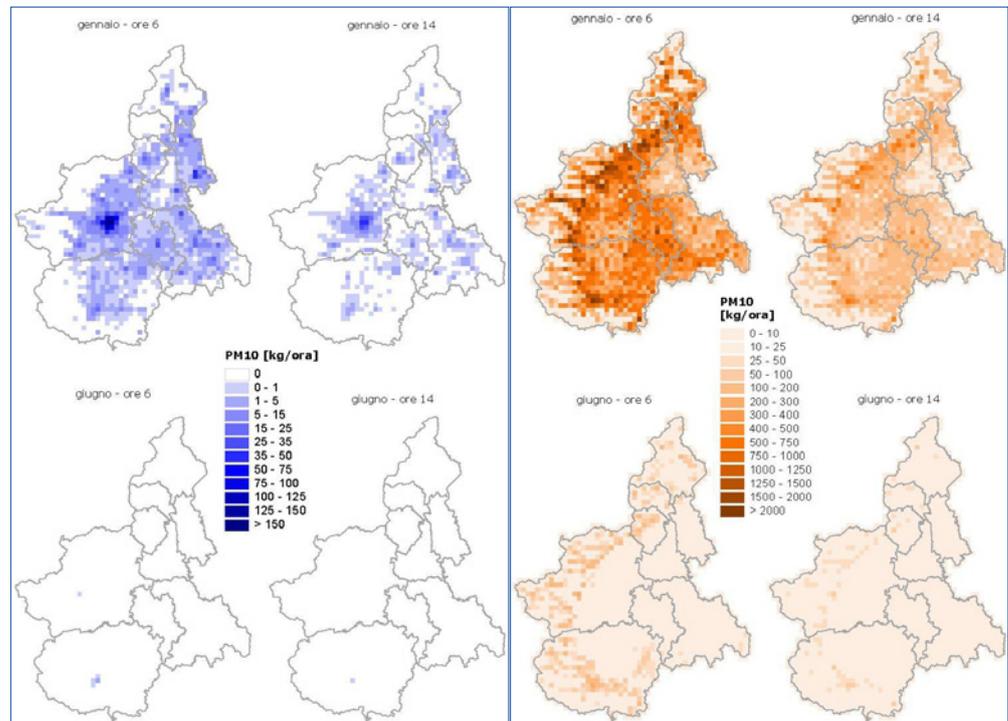
Disaggregazione spaziale e modulazione temporale delle emissioni di particolato primario relative all'utilizzo di metano per il riscaldamento

Figura 3.26

Disaggregazione spaziale e modulazione temporale delle emissioni di particolato primario relative all'utilizzo della legna per il riscaldamento

Fonte: Regione Piemonte.

Elaborazione Arpa Piemonte



Nelle ultime tre carte tematiche sono rappresentate le distribuzioni spaziali delle emissioni biogeniche di isoprene e terpeni - output del modulo di speciazione chimica degli NMVOC (vedi figura 3.20) - prodotte dalle foreste di conifere e decidue del comparto natura (Macrosettore 11). I contributi emissivi sono stati disaggregati sulle celle corrispondenti spazialmente ai layers tematici specifici per le due tipologie di vegetazione e la loro distribuzione coincide pertanto con la copertura forestale dell'intero arco alpino e delle aree collinari.

Nella prima mappa (figura 3.27) sono mostrati i diversi contributi emissivi apportati dalle due tipologie di foreste alle specie chimiche prese in esame, in corrispondenza di

una delle ore centrali della giornata all'apice della stagione vegetativa (vedi di seguito). Dal confronto risulta evidente che l'isoprene è una sostanza fortemente caratteristica delle latifoglie (decidue), mentre i terpeni sono maggiormente emessi dalle piante conifere (sempreverdi).

Le successive mappe (figure 3.28 e 3.29) mettono in evidenza sia la distribuzione spaziale delle emissioni di isoprene e terpeni, prodotte rispettivamente da conifere e decidue, sia la variazione stagionale e giornaliera delle due specie chimiche (effetto dei differenti profili di modulazione temporale, rappresentati in figura 3.30). Infatti, in generale, i composti organici volatili non metanici (NMVOC) di origine biogenica non sono emessi uniformemente nell'arco

dell'anno e della giornata, ma si concentrano nella stagione della stagione vegetativa - e nelle ore più calde del giorno. ne estiva - con un picco emissivo coincidente con l'apice

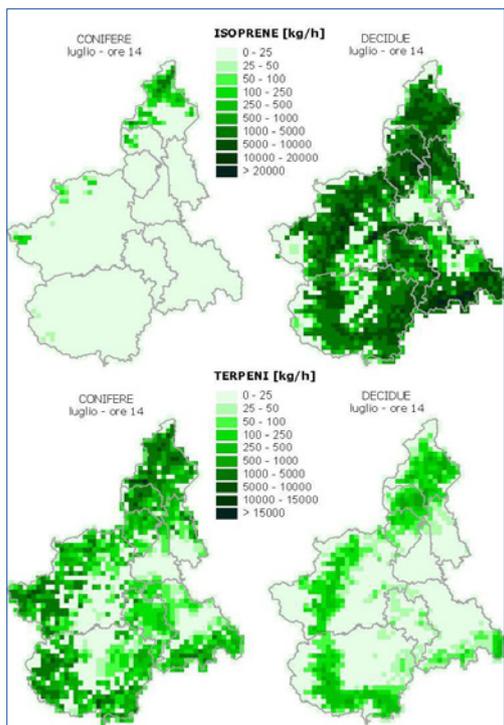


Figura 3.27
Confronto fra conifere e decidue (comparto natura): disaggregazione spaziale e modulazione temporale delle emissioni di isoprene e terpeni nella stagione vegetativa.
Fonte: Arpa Piemonte, Regione Piemonte

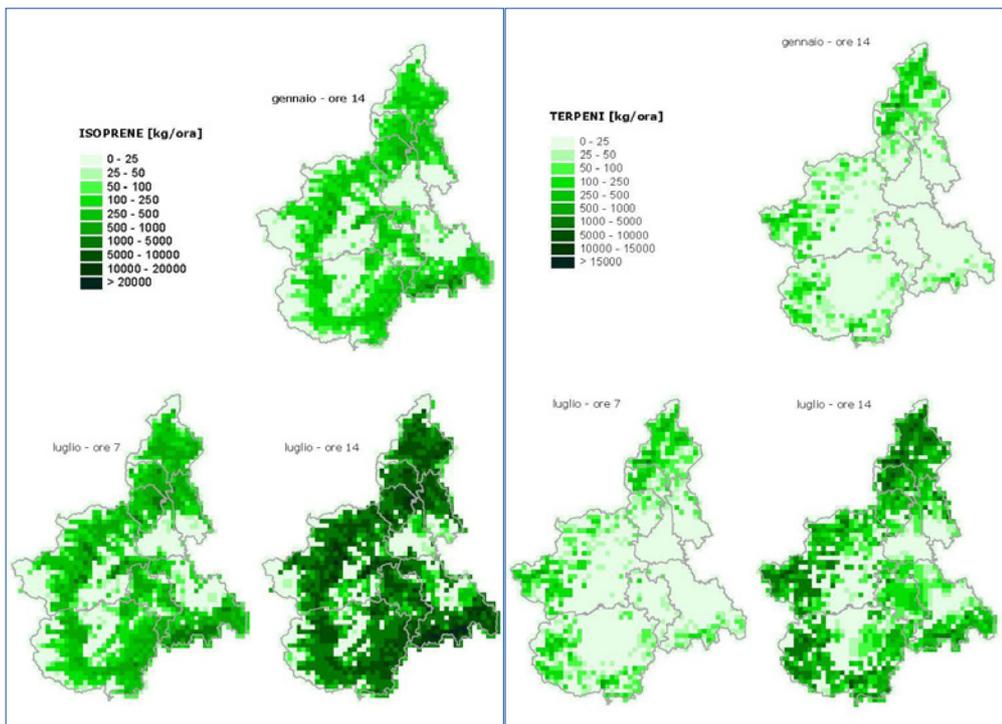


Figura 3.28
Disaggregazione spaziale e modulazione temporale delle emissioni di isoprene prodotto dalle foreste decidue (comparto natura).
Fonte: Arpa Piemonte, Regione Piemonte

Figura 3.29
Disaggregazione spaziale e modulazione temporale delle emissioni di terpeni prodotti dalle foreste di conifere (comparto natura).
Fonte: Arpa Piemonte, Regione Piemonte

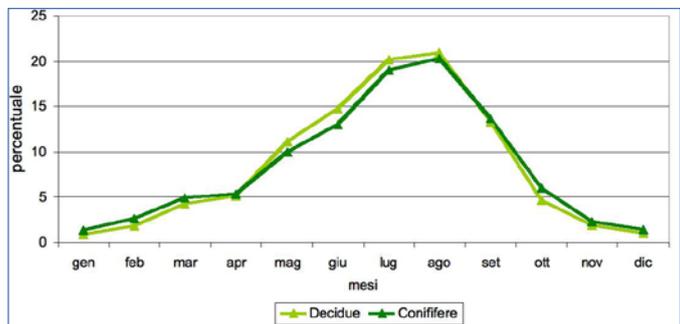


Figura 3.30
Modulazione temporale annuale delle emissioni di NMVOC relative al comparto natura. Diversificazione per tipologia di copertura forestale.
Fonte: Arpa Piemonte

