

Uno sguardo all'aria



2012



Relazione annuale sui dati rilevati dalla rete provinciale di monitoraggio della qualità dell'aria

Anno 2012

Testi ed elaborazioni a cura di

Provincia di Torino – Area Risorse Idriche e Qualità dell’Aria - Servizio Qualità dell’Aria e Risorse Energetiche:

F. Pavone, A. Bertello, D. Maria.

ARPA Dipartimento di Torino:

C. Bussi, F. Lollobrigida, A. Bruno, G. Castrogiovanni, M. Maringo, F. Pittarello, F. Romeo, M. Sacco

ARPA Dipartimento Sistemi Previsionali:

M. Nicolella, G. Paesano.

Hanno collaborato alla gestione della rete di monitoraggio, all'acquisizione dei dati ed alle attività analitiche:

ARPA Dipartimento di Torino:

D. Budano, C. Bugnone, M. Cadeddu, M. Carrera, L. Corino, A. D'Agostino, S. Dignani, M. Di Martino
C. Duretti, P. Giansanti, V. Guelpa, D. Marangon, G. Mele, C. Montalcino, M.T. Nurra, F. Pitasi, G.
Prano, P. Rosina, V. Sciortino, R. Sergi, D. Simondi, E. Vincenzino, V. Zulian.

CSI Piemonte

Il personale tecnico della Sala Ambiente della Regione Piemonte presso il CSI Piemonte.

Si ringrazia la Regione Piemonte per i dati di composizione del parco veicolare

O. Munafò.

Copertina: Caterina Gentile, "Cielo su collina", acquerello, 2013.

PRESENTAZIONE

L'analisi dei dati del 2012 raccolti in questa relazione, pur confermando il costante miglioramento della qualità dell'aria, continua ad evidenziare su gran parte del nostro territorio il superamento dei valori limite definiti per il particolato atmosferico, il biossido di azoto e l'ozono; nonostante da tempo si cerchi, attraverso l'implementazione di politiche territoriali attente a questo aspetto, di raggiungere gli standard per la tutela della salute umana.

La particolare configurazione geomorfologica e il clima tipico della pianura padana, uniti alla forte antropizzazione del territorio, certamente non aiutano in tal senso, ma, e in questo concordo con la filosofia delle Direttive Comunitarie, i limiti per la tutela della salute umana devono essere conseguiti ovunque a garanzia di tutti i cittadini. I territori "svantaggiati" come il nostro devono quindi impegnarsi di più e magari essere aiutati in tal senso.

In tale contesto, nel corso del 2013 (proclamato anno europeo dell'aria), la Commissione Europea porrà in essere una revisione globale della strategia tematica sull'inquinamento atmosferico, cercando di creare, oltre alla revisione delle norme di settore, un programma di supporto all'innovazione tecnologica per l'industria, le attività energetiche e i trasporti.

Ed è proprio su quest'ultimo settore che dovranno essere compiuti gli sforzi principali, sia in quanto rappresenta la fonte principale di PM10 e ossidi di azoto, sia perché le innovazioni tecnologiche introdotte per la riduzione delle emissioni inquinanti, in particolare sui veicoli diesel, non hanno portato ai risultati previsti.

Innovazione tecnologica e promozione della stessa, anche attraverso la definizione di misure di limitazione mirate a colpire le tecnologie più inquinanti, da affiancare alla promozione di uno stile di vita più sostenibile e attento in termini di mobilità, consumi energetici e uso delle risorse. E' questa la ricetta che ritengo utile seguire e promuovere soprattutto in tempi come questi segnati da una profonda crisi economica.

Con lo sguardo quindi rivolto alle sfide che attendono le istituzioni, le imprese e la società civile tutta, ognuno secondo le proprie sensibilità e competenze, è con grande piacere che rinnoviamo l'invito alla lettura della presente Relazione, frutto della collaudata collaborazione fra la Provincia di Torino e Arpa Piemonte.

**L'Assessore all'Ambiente
della Provincia di Torino**

Roberto Ronco

PREFAZIONE

Il miglioramento della qualità dell'aria si conferma come uno dei principali settori di attività in cui la Provincia di Torino e ARPA Piemonte, nell'esercizio delle proprie competenze di regolazione e pianificazione la prima e di monitoraggio e controllo la seconda, sono impegnate con particolare cura ed impegno di risorse.

Riteniamo importante sottolineare che la gestione di un tema complesso come la qualità dell'aria, che presenta criticità diffuse su gran parte del territorio, prevede la regolazione e il controllo di una pluralità di fonti emissive e il monitoraggio di numerosi inquinanti, debba essere affrontato in modo coordinato e sinergico da tutti i soggetti istituzionali in relazione alle proprie responsabilità e livello di competenze.

La presente relazione, che con l'edizione 2012 giunge al 15° anno consecutivo di pubblicazione, è un esempio importante dell'efficacia della collaborazione fra Provincia di Torino e ARPA Piemonte su questo tema. In essa, come nelle edizioni precedenti, sono riportati tutti i dati derivanti dalle attività di monitoraggio e alcune sezioni tematiche che descrivono attività specifiche sviluppate nell'anno in oggetto.

I dati rilevati evidenziano una complessiva e significativa tendenza al miglioramento della qualità dell'aria ma contestualmente confermano la nota criticità del territorio in relazione al rispetto dei limiti stabiliti per il particolato atmosferico, il biossido di azoto e l'ozono. Come negli anni precedenti i valori più elevati si riscontrano per particolato e biossido di azoto nell'area urbana torinese durante i mesi invernali e nelle aree suburbane e di quota durante l'estate per l'ozono.

Gli altri otto inquinanti atmosferici presi in considerazione dalla normativa (biossido di zolfo, monossido di carbonio, benzene, benzo(a)pirene, arsenico, cadmio, nichel e piombo) rispettano ampiamente i limiti in tutto il territorio provinciale.

Sotto il profilo della dotazione strumentale, nel 2012 è proseguito il processo di adeguamento della rete di stazioni fisse alle nuove normative europee. In particolare è entrata in funzione nel mese di febbraio la nuova stazione di Collegno lungo Corso Francia e sono stati installati due nuovi analizzatori di benzene nelle stazioni di Borgaro T.se e Settimo T.se. Inoltre dal mese di ottobre 2012, a seguito delle prescrizioni emanate dalla Provincia di Torino in relazione all'inceneritore del Gerbido, Arpa Piemonte ha assunto la gestione della nuova stazione di monitoraggio del giardino Aldo Mei nel Comune di Beinasco.

Un capitolo della presente relazione è dedicato alla presentazione dei risultati del progetto di studio delle sorgenti di inquinamento atmosferico nel territorio circostante la nuova centrale termoelettrica "Torino Nord". Questa indagine riveste una certa rilevanza come supporto alle politiche di risanamento in quanto, per la prima volta nell'area urbana torinese, attraverso la quantificazione delle componenti primarie e secondarie del particolato PM_{2,5} è stato possibile stimare la porzione di particolato "aggregabile" con misure di risanamento di carattere locale da quella che necessita invece di interventi ad ampia scala spaziale. Il progetto ha inoltre permesso di definire il contributo alle concentrazioni in aria ambiente di particolato e ossidi di azoto per le diverse tipologie di sorgenti presenti nell'area.

Rilevanza è stata inoltre data alla diffusione di alcuni dei risultati ottenuti dello sviluppo del progetto europeo "ALCOTRA-AERA" finalizzato a perseguire una gestione transfrontaliera della qualità dell'aria attraverso la condivisione di dati e di esperienze, che ha visto collaborare in partenariato le Regioni Liguria, Piemonte, Valle d'Aosta, Rhône-Alpes, le Province di Cuneo e Torino, DREAL PACA, Air PACA e ARPA Piemonte che nel ruolo di soggetto attuatore ha garantito il necessario supporto tecnico alle attività assegnate ai partner piemontesi.

In conclusione riteniamo che il presente volume rappresenti una raccolta esaustiva di quanto sviluppato nel corso dell'ultimo anno in termini di monitoraggio, studi, ricerche, approfondimenti e attuazione di politiche di risanamento. Non ci resta che ringraziarvi per l'attenzione e augurarvi una buona lettura.

**Il Direttore dell'Area Risorse Idriche e Qualità
dell'Aria della Provincia di Torino**

Dott. Francesco Pavone

**Il Direttore del Dipartimento di Torino
di ARPA Piemonte**

D.ssa Antonella Pannocchia

INDICE

SOMMARIO	8
LA RETE DI MONITORAGGIO OPERANTE SUL TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI TORINO	9
MONOSSIDO DI CARBONIO.....	12
DESCRIZIONE.....	12
ESAME DEI DATI.....	12
BIOSSIDO D'AZOTO.....	15
DESCRIZIONE.....	15
ESAME DEI DATI.....	15
BIOSSIDO DI ZOLFO	22
DESCRIZIONE.....	22
ESAME DEI DATI.....	22
OZONO	25
DESCRIZIONE.....	25
ESAME DEI DATI.....	26
BENZENE.....	31
DESCRIZIONE.....	31
ESAME DEI DATI.....	31
PARTICOLATO SOSPESO.....	33
DESCRIZIONE.....	33
ESAME DEI DATI.....	33
METALLI	41
DESCRIZIONE.....	41
ESAME DEI DATI.....	42
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI.....	47
DESCRIZIONE.....	47
ESAME DEI DATI.....	47
LA STAZIONE MOBILE DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	51
CONSIDERAZIONI SULLE CARATTERISTICHE METEOROLOGICHE DELL'ANNO 2012.....	53
IL CLIMA DEL 2012.....	53
I DATI METEO MISURATI NEL 2012.....	63
LA SITUAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA IN EUROPA	68
IL PARTICOLATO.....	68
IL BIOSSIDO DI AZOTO.....	73
IL PROGETTO DI STUDIO DELLE SORGENTI DI INQUINAMENTO ATMOSFERICO NEL TERRITORIO CIRCOSTANTE LA CENTRALE TERMOELETTRICA "TORINO NORD"	77
INTRODUZIONE.....	77
CONFRONTO DELLO STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA PRIMA E DOPO L'ENTRATA IN ESERCIZIO DELL'IMPIANTO	77
ANALISI DELLE COMPONENTI PRIMARIA E SECONDARIA DEL PM2,5	79
VALUTAZIONE DELL'IMPATTO DELLE PRINCIPALI SORGENTI EMISSIVE PRESENTI NELL'AREA DI COLLEGNO E VENARIA	82
CONCLUSIONI	87
ATTIVITÀ DI RICERCA E SVILUPPO NELL'AMBITO DELLA MODELLISTICA INTEGRATA PER LA VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA (AERA/ALCOTRA)	88
APPROFONDIMENTO DELL'INVENTARIO DELLE EMISSIONI (A1)	88
SIMULAZIONI CON DISCESA DI SCALA CON CATENA DIAGNOSTICA (A2)	95
IMPLEMENTAZIONI ALLA CATENA OPERATIVA PREVISIONALE (A3).....	99
Conclusioni e prospettive	103
Bibliografia.....	105
EMISSIONI INQUINANTI DEI VEICOLI A MOTORE	106
I LIMITI DI EMISSIONE DEI VEICOLI A MOTORE.....	106
IL PARCO VEICOLARE IN PROVINCIA DI TORINO.....	107
EMISSIONI VEICOLI IN CICLI DI GUIDA REALI	111

SOMMARIO

I dati rilevati nell'ultimo decennio dalle stazioni di rilevamento della qualità dell'aria operanti in provincia di Torino e gestite da ARPA Piemonte evidenziano una complessiva e significativa tendenza al miglioramento e contestualmente confermano la nota criticità del territorio in questione.

Nel corso del 2012 dei dodici inquinanti per i quali la normativa stabilisce dei valori di riferimento, otto - biossido di zolfo (SO₂), monossido di carbonio (CO), benzene (C₆H₆), piombo (Pb), arsenico (As), cadmio (Cd), nichel (Ni) e benzo(a)pirene - rispettano ampiamente i limiti su tutto il territorio provinciale. PM₁₀, PM_{2,5} e biossido di azoto (NO₂), presentano superamenti dei valori limite in numerosi punti di misura. L'ozono (O₃) conferma la propria criticità nei mesi estivi in tutti i punti di misura del territorio provinciale.

Per il PM₁₀ i dati rilevati presentano il superamento del valore limite annuale in cinque stazioni di misura su quindici (i valori peggiori sono misurati da stazioni di traffico), mentre il valore limite giornaliero non viene rispettato in undici stazioni. Solo le stazioni ubicate in quota o nelle vallate alpine rispettano tale valore.

La situazione è analoga per il particolato più fine PM_{2,5}. Tutte le stazioni situate in pianura non rispettano il valore limite annuale.

Il valore limite annuo del biossido d'azoto (40 µg/m³) è stato superato in 7 stazioni su 21; solo la stazione di Torino Rebaudengo presenta un valore sensibilmente elevato. Nessuna stazione presenta superamenti del valore limite orario (200 µg/m³). La serie storica evidenzia nel corso degli ultimi 30 anni un lieve calo delle concentrazioni.

Relativamente all'ozono il valore obiettivo per la protezione della salute umana è superato in tutte le stazioni del territorio provinciale. L'analisi delle serie storiche di ozono rilevate nel corso degli ultimi 10 anni, mostra una sostanziale stabilità dei valori di concentrazione, con una variabilità dovuta soprattutto alla situazione meteorologica del singolo anno.

Dal punto di vista meteorologico l'anno 2012 è stato un anno mediamente caldo con il mese di marzo che rappresenta la principale anomalia positiva. Si è osservato, nella prima quindicina di febbraio, un breve periodo di freddo particolarmente intenso durante il quale a seguito di presenza di neve al suolo e di marcate inversioni termiche si sono concentrati i valori più elevati degli inquinanti. Per quanto riguarda le precipitazioni atmosferiche il 2012 è risultato meno piovoso della media 2002-2011, sia in termini di precipitazioni totali (915 mm contro 939 mm di media), che per il numero di giorni piovosi (71 giorni contro 73 giorni di media).

In relazione alle attività di monitoraggio si evidenzia che, a partire dal mese di ottobre 2012, il Dipartimento di Torino di Arpa Piemonte ha preso in gestione la stazione fissa ubicata nel comune di Beinasco presso il giardino pubblico Aldo Mei, installata da TRM S.p.A. in forza di una delle prescrizioni autorizzative emanate dalla Provincia di Torino in relazione all'inceneritore del Gerbido. In tale stazione verranno misurati oltre ad inquinanti "classici" per la qualità dell'aria anche inquinanti ritenuti specifici dell'emissione degli impianti di incenerimento quali le diossine, alcuni metalli e il mercurio gassoso. La finalità principale delle misure è naturalmente quella di garantire un costante monitoraggio sull'eventuale impatto dell'impianto ma le informazioni ottenute saranno anche preziose per comprendere meglio le cause dei fenomeni di inquinamento tipici del nostro territorio.

LA RETE DI MONITORAGGIO OPERANTE SUL TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI TORINO

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

F. Romeo, F.Lollobrigida (Arpa Piemonte, Dipartimento di Torino)

La rete di monitoraggio, della qualità dell'aria, operante sul territorio della Provincia di Torino e gestita da Arpa Piemonte, è composta da 20 postazioni fisse di proprietà pubblica, da 3 stazioni fisse di proprietà privata e da un mezzo mobile per la realizzazione di campagne di rilevamento dei parametri chimici di qualità dell'aria. Tutte le postazioni fisse sono collegate attraverso linee telefoniche al centro di acquisizione dati e trasmettono con cadenza oraria i risultati delle misure effettuate, permettendo un costante controllo dei principali fattori che influenzano la qualità dell'aria. Solo la stazione di Torino - Grassi in cui viene campionato esclusivamente il particolato atmosferico non è collegata attraverso linee telefoniche, in quanto il tipo di misurazione con sistema gravimetrico dei parametri PM10 non necessita di tale collegamento. L'elenco delle stazioni di misura, la loro ubicazione e i parametri misurati sono riportati in TABELLA 1.

Nella TABELLA 1 dopo PM10/PM2,5 si trova l'indicazione "beta (β)" oppure "gravimetrico", che fa riferimento ai metodi di misura.

Nel primo caso la misura è effettuata tramite un analizzatore automatico, per cui il dato di concentrazione media di PM10 o PM2,5 riferita a un determinato giorno dell'anno è disponibile nella giornata immediatamente successiva; con questo tipo di analizzatori non è però possibile determinare quei componenti del particolato, in particolare idrocarburi policiclici aromatici e metalli, per i quali la normativa, in relazione alla loro rilevanza tossicologica, prevede specifici valori limite.

Nel secondo caso la misura è effettuata mediante il prelievo del particolato su appositi filtri e una successiva determinazione di laboratorio, per cui il dato è disponibile alcuni giorni dopo il termine del prelievo. Le procedure interne di Arpa Piemonte prevedono che il dato di PM10 o PM2,5 sia disponibile entro 12 giorni dal prelievo nel periodo novembre-aprile e entro 18 giorni dal prelievo negli altri mesi. Questo tipo di determinazione, a differenza della prima, permette l'analisi della composizione del particolato.

La collocazione sul territorio delle postazioni di misura è un fattore fondamentale per effettuare un efficace monitoraggio della qualità dell'aria. I luoghi prescelti devono essere rappresentativi della tipologia di sito individuato. Una corretta collocazione dei punti di misura permette così di ottenere indicazioni estremamente rappresentative sulla qualità dell'aria. Un aumento dei punti di monitoraggio porterebbe quasi sicuramente all'effettuazione di misure ridondanti e, visti gli elevatissimi costi di acquisto e di gestione delle reti di monitoraggio, comporterebbe una spesa difficilmente sostenibile dalle amministrazioni pubbliche e sicuramente non giustificata in relazione ai risultati ottenuti.

Nella TABELLA 3 si riporta una breve descrizione dei siti di misura, realizzata secondo le indicazioni contenute nel D.Lgs. 13 agosto 2010, n. 155 e nella normativa che regola lo scambio di informazioni a livello europeo (Guidance on the annexes to decision 97/101/EC on exchange of information as revised by decision 2001/752/EC).

A partire dal mese di ottobre 2012 il Dipartimento di Torino di Arpa Piemonte ha preso in gestione la stazione fissa ubicata nel comune di Beinasco presso il giardino pubblico Aldo Mei, installata da TRM S.p.A. in forza di una delle prescrizioni autorizzative emanate dalla Provincia di Torino in relazione al termovalorizzatore del Gerbido.

La rete di monitoraggio è completata da una stazione mobile di rilevamento, la cui peculiarità risiede nella possibilità di poter essere collocata ovunque si ritenga necessario realizzare brevi campagne di monitoraggio, permettendo di effettuare valutazioni sulla qualità dell'aria in tutte quelle zone non direttamente interessate dalla rete fissa. Il laboratorio mobile fornisce, in questo senso, un valido supporto nella valutazione dello stato ambientale, in previsione della costruzione di nuovi insediamenti produttivi o di modifiche della rete viaria, offrendo significativi elementi per una corretta pianificazione delle opere strutturali o per la definizione di interventi volti alla riduzione dell'intensità dei fenomeni di inquinamento.

NOME	INDIRIZZO	STRUMENTAZIONE
Baldissero – GDF Suez ⁽¹⁾	Str. Pino Torinese, 1 – Baldissero	NO _x , O ₃ , CO, PM10 _B
Beinasco	Via S. Pellico, 5 – Beinasco	NO _x
Beinasco – TRM ^{(1) (2)}	Via San Giacomo c/o giardino pubblico Aldo Mei	NO _x , PM10 gravimetrico, PM10 _B , PM2,5 _B , (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX, Campionatore PCDD/DF, Deposimetro Metalli/IPA, Deposimetro Hg, Deposimetro PCDD/DF, Misuratore mercurio gassoso
Borgaro	Via Italia – Borgaro	NO _x , O ₃ , PM10 gravimetrico, PM2,5 gravimetrico, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX
Carmagnola	P.zza 1° Maggio– Carmagnola	NO _x , CO, PM10 gravimetrico, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P
Ceresole Reale	c/o centrale idroelettrica	NO _x , O ₃ , PM10 gravimetrico, PM2,5 gravimetrico, PM10 _B , PM2,5 _B , (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P
Chieri	Via Bersezio, – Chieri	NO _x , O ₃ , PM2,5 gravimetrico
Collegno ⁽³⁾	Corso Francia 137 , Collegno	NO _x , PM10 gravimetrico
Druento	Cascina Peppinella – Druento	NO _x , O ₃ , PM10 gravimetrico, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P
Grugliasco	viale Radich 8/12	NO _x , SO ₂
Ivrea	Viale della Liberazione, 1 – Ivrea	NO _x , O ₃ , PM10 gravimetrico, PM2,5 gravimetrico, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P
Leinì – GDF Suez ⁽¹⁾	Via vittime di Bologna, 12 - Leinì	NO _x , O ₃ , CO, PM10 _B , PM2,5 _B
Mezzo Mobile		NO _x , O ₃ , CO, SO ₂ , PM10 gravimetrico, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX
Orbassano	Via Gozzano – Orbassano	NO _x , O ₃
Oulx	Via Roma angolo via Des Moines – Oulx	NO _x , CO, PM10 gravimetrico, PM10 _B , (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P
Pinerolo	P.zza III Alpini, 1 – Pinerolo	NO _x , O ₃ , PM10
Settimo T.se	Via Milano, 3 – Settimo	NO _x , CO, PM10 gravimetrico, PM2,5 gravimetrico, BTX,
Susa	P.zza della Repubblica – Susa	NO _x , O ₃ , PM10 gravimetrico, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P
TO-Consolata	Via Consolata, 10 – Torino	NO _x , CO, SO ₂ , PM10 gravimetrico, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX, PTS
TO-Grassi	Via P. Veronese – Torino	PM10 gravimetrico, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P
TO-Lingotto	Via A. Monti, 21 – Torino	NO _x , O ₃ , PM10 gravimetrico, PM10 _B , PM2,5, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX
TO-Rebaudengo	P.zza Rebaudengo, 23 - Torino	NO _x , CO, SO ₂ , PM10 gravimetrico, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX
TO-Rubino	Via Rubino, giardini Rubino - Torino	NO _x , CO, PM10 gravimetrico, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX
Vinovo	Via Garibaldi, 3 – Vinovo	NO _x , O ₃ , BTX
(1)	Stazione di proprietà di ente privato gestita da ARPA Piemonte	
(2)	Stazione attiva da settembre 2012	
(3)	Stazione attiva da febbraio 2012	

TABELLA 1: elenco delle stazioni di monitoraggio, ubicazione e parametri misurati.

CODICE PARAMETRO	DESCRIZIONE
As-Cd-Ni-Pb	Arsenico, Cadmio, Nichel, Piombo
B(a)P	Benzo(a)pirene
BTX	Benzene, toluene, xilene
CO	Monossido di carbonio
NO _x	Ossidi di azoto
O ₃	Ozono
PM10	Particolato sospeso < 10 µm
PM2,5	Particolato sospeso < 2,5 µm
PTS	Polveri totali sospese
SO ₂	Biossido di zolfo

TABELLA 2: descrizione dei codici dei parametri.

STAZIONE	TIPOLOGIA STAZIONE	SITO DI CAMPIONAMENTO	TIPOLOGIA EMISSIONI
Baldissero – GDF Suez	fondo	rurale	agricola
Beinasco	fondo	urbano	industriale/residenziale
Beinasco - TRM	fondo	suburbano	industriale/residenziale
Borgaro	fondo	suburbano	residenziale
Carmagnola	traffico	urbano	residenziale/commerciale
Ceresole Reale	fondo	rurale	naturale
Chieri	fondo	suburbano	residenziale/commerciale
Collegno	traffico	urbano	residenziale/commerciale
Druento	fondo	rurale	naturale
Grugliasco	fondo	urbano	residenziale/industriale/commerciale
Ivrea	fondo	suburbano	residenziale
Leini – GDF Suez	fondo	suburbano	residenziale
Orbassano	fondo	suburbano	residenziale
Oulx	traffico	Suburbano	residenziale
Pinerolo	fondo	urbano	residenziale/commerciale
Settimo T.se	traffico	urbano	residenziale/industriale/commerciale
Susa	fondo	suburbano	commerciale
TO-Consolata	traffico	urbano	residenziale/commerciale
TO-Grassi	traffico	urbano	industriale/residenziale
TO-Lingotto	fondo	urbano	industriale/residenziale
TO-Rebaudengo	traffico	urbano	industriale/residenziale
TO-Rubino	fondo	urbano	residenziale
Vinovo	fondo	suburbano	residenziale

TABELLA 3: descrizione del posizionamento delle stazioni di misura della rete di monitoraggio gestita da ARPA Piemonte.

MONOSSIDO DI CARBONIO

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

D. Maria, Provincia di Torino, F. Lollobrigida, ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.

DESCRIZIONE

Il carbonio si trova in natura sia allo stato elementare sia allo stato combinato negli idrocarburi, nel calcare, nella dolomite e nei carboni fossili ed è in grado di legarsi chimicamente con l'ossigeno formando due composti (ossidi): il monossido di carbonio (CO) ed il biossido di carbonio (CO₂).

Il CO è l'unico inquinante gassoso per il quale l'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni è il milligrammo al metro cubo (mg/m³), gli altri inquinanti si esprimono in µg/m³ in quanto presenti in minore concentrazione in aria ambiente.

Il monossido di carbonio è un gas inodore ed incolore ed è prodotto principalmente dalla combustione incompleta dei combustibili organici (carbone, olio, legno, carburanti).

La principale sorgente di CO è rappresentata dai gas di scarico dei veicoli a benzina funzionanti a regimi di motore al minimo ed in fase di decelerazione, condizioni tipiche di traffico urbano intenso e rallentato.

Il CO ha la proprietà di fissarsi all'emoglobina del sangue impedendo il normale trasporto dell'ossigeno nelle varie parti del corpo ed ha nei confronti dell'emoglobina un'affinità 220 volte maggiore rispetto all'ossigeno. Il composto che si genera (carbossi-emoglobina) è estremamente stabile. Gli organi più colpiti sono il sistema nervoso centrale e il sistema cardiovascolare, soprattutto nelle persone affette da cardiopatie. Concentrazioni elevatissime di CO possono anche condurre alla morte per asfissia.

Alle concentrazioni abitualmente rilevabili nell'atmosfera urbana gli effetti sulla salute umana non costituiscono motivo di preoccupazione.

I valori limite definiti dalla normativa vigente sono riportati nella TABELLA 4.

VALORE LIMITE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA		
Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m ³	1 gennaio 2005

TABELLA 4: D.Lgs. 155/2010, valori limite per il monossido di carbonio.

ESAME DEI DATI

I dati relativi al 2012 evidenziano concentrazioni medie annuali comprese fra 0,2 e 1,6 mg/m³. Si conferma inoltre una mancanza assoluta di superamenti del limite di protezione della salute umana di 10 mg/m³, calcolato come media mobile trascinata su otto ore (D.Lgs. 155/2010).

A partire dai primi anni 80 le misurazioni del CO riportano concentrazioni medie nella stazione di Torino – Rebaudengo in nettissimo calo. Questo è dovuto al costante sviluppo della tecnologia dei motori per autotrazione ad accensione comandata e all'introduzione del trattamento dei gas esausti tramite i convertitori catalitici.

Il lieve incremento verificatosi dal 2010 rispetto ai tre anni precedenti è confermato nel 2012; questo dato non desta peraltro alcun allarme poiché le concentrazioni assolute permangono molto basse e la tendenza non è in crescita.

CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI CO
stazione di Torino-Rebaudengo
1980 - 2012

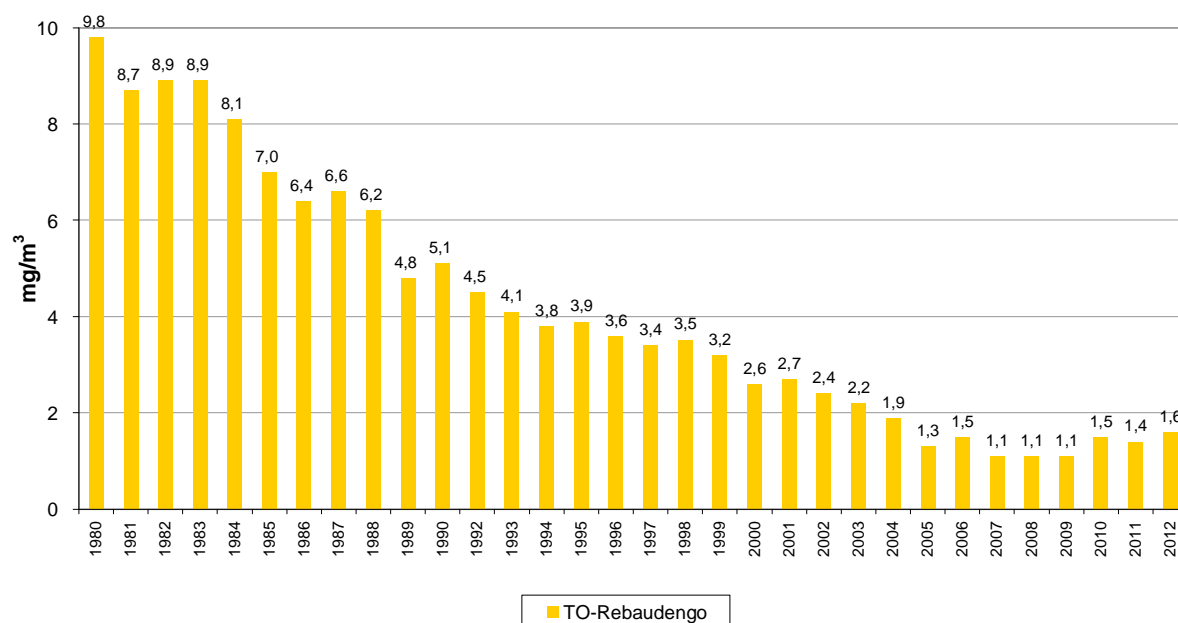


FIGURA 1: parametro CO, concentrazioni medie annuali rilevate presso la stazione di Torino-Rebaudengo dal 1980 al 2012.

STAZIONE	Rendimento strumentale 2012 (% dati validi)	Media Annuale mg/m ³										Valore limite per la protezione della salute umana. Numero di giorni con la media massima calcolata su 8 ore superiore a 10 mg/m ³									
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
BALDISSERO	98%					0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,5					0	0	0	0	0	0
CARMAGNOLA	98%									1,1*	0,7									0*	0*
LEINÌ	99%					0,5*	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7					0*	0	0	0	0	0
OULX	94%		-	-	0,3*	0,4	0,4*	0,4	0,5*	0,5	0,5	0	-	-	0*	0	0*	0	0*	0	0
SETTIMO	98%	1,2	1,1*	1,0	1,1	1,0	0,8	0,9	1	1	1,3	0	0*	0	0	0	0	0	0	0	0
TO-CONSOLATA	96%	1,6	1,5	1,4	1,2	1,2	1,1	1,2	1,3	1,3	1,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TO-REBAUDENGO	99%	2,2*	1,9	1,3	1,5	1,1	1,1	1,1	1,5	1,4	1,6	0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TO-RUBINO	94%					0,6*	0,7	0,7	1	1	1,1	0					0	0	0	0	0

TABELLA 5: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il monossido di carbonio.

* La percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal D.Lgs. 155/2010 (90%)

BIOSSIDO D'AZOTO

**Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:
Fabio Pittarello - ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.**

DESCRIZIONE

Gli ossidi di azoto (N₂O, NO, NO₂ ed altri) sono generati in tutti i processi di combustione (veicoli, centrali termiche, riscaldamento domestico) quando viene utilizzata aria come comburente (in relazione alla reazione tra ossigeno e azoto ad alta temperatura) e quando i combustibili contengono azoto come nel caso delle biomasse.

Il biossido di azoto (NO₂) è da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici maggiormente pericolosi, sia perché è per sua natura irritante, sia perché dà inizio, in presenza di forte irraggiamento solare, ad una serie di reazioni fotochimiche che portano alla formazione di sostanze inquinanti (ad esempio l'ozono), complessivamente indicate con il termine di "smog fotochimico".

Un contributo fondamentale all'inquinamento da biossido di azoto e derivati fotochimici è dovuto, nelle città, ai fumi di scarico degli autoveicoli.

Il biossido di azoto è un gas tossico, irritante per le mucose, ed è responsabile di specifiche patologie a carico dell'apparato respiratorio con diminuzioni delle difese polmonari (bronchiti, allergie, irritazioni). Recenti studi effettuati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità hanno associato eventi quali mortalità, ricoveri ospedalieri e sintomi respiratori, con l'esposizione a breve e lungo termine al biossido di azoto in concentrazioni pari o al di sotto degli attuali valori limite UE.

Gli ossidi di azoto contribuiscono alla formazione delle piogge acide e favoriscono l'accumulo di nitrati nel suolo che possono provocare alterazione di equilibri ecologici ambientali.

I valori limite e la soglia di allarme definiti dalla normativa vigente per NO₂ e NO_x sono riportati nella TABELLA 6.

VALORE LIMITE ORARIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA		
Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
1 ora	200 µg/m ³ NO ₂ da non superare più di 18 volte per anno civile	1 gennaio 2010
VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA		
Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Anno civile	40 µg/m ³ NO ₂	1 gennaio 2010
VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE		
Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Anno civile	30 µg/m ³ NO _x	19 luglio 2001
SOGLIA DI ALLARME PER IL BISSIDO DI AZOTO		
400 µg/m ³ (293°K e 101,3 kPa) 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.		

TABELLA 6: D.Lgs. 13 agosto 2010, n.155, valori limite per gli ossidi di azoto.

ESAME DEI DATI

Da una prima analisi dei dati del 2012, riportati in TABELLA 7, si osserva una confortante riduzione generale dei valori medi annui rispetto all'anno precedente. Per quasi tutte le stazioni, ad eccezione di Oulx, la concentrazione media annua del biossido di azoto, nel confronto 2011-2012, si riduce o nel peggiore dei casi resta invariata.

La stazione di Oulx presenta un peggioramento, seppur contenuto, passando da una media di 20 a 21 µg/m³, confermando quindi un valore medio di biossido di azoto (valutato negli ultimi sette anni) che oscilla tra i 20 ed i 22 µg/m³. Quattro stazioni su 21 presentano una costanza di valor medio rispetto al 2011 (Ceresole, Druento, Pinerolo e Settimo). Tutte le quattro stazioni attive dell'area metropolitana (Consolata, Lingotto, Rebaudengo, Rubino) mostrano una riduzione della media annuale che va dal 2% al 15%.

Complessivamente nel corso del 2012 nel 36% delle stazioni in cui viene misurato il biossido di azoto è stato superato il limite annuale per la protezione della salute umana.

La stazione di TO-Rivoli non è più presente nell'elenco dei siti torinesi in quanto è stata dismessa a fine 2011 in ottemperanza al piano regionale.

A settembre 2012 è entrata in funzione a pieno regime la stazione di qualità dell'aria denominata Beinasco-TRM, installata a seguito della costruzione ed avvio del termovalorizzatore di rifiuti urbani della provincia di Torino (zona Gerbido); tale stazione prevede, tra gli altri parametri, anche la misura del biossido di azoto. I dati finora acquisiti risultano estremamente ridotti in termini numerici (29% di dati nel 2012) per poter effettuare qualsivoglia verifica del rispetto dei limiti normativi, pertanto ci si limita a segnalare che nel periodo monitorato (da metà settembre a fine dicembre 2012) non si sono registrati superamenti del limite orario per la protezione della salute umana. In FIGURA 6 viene riportato il confronto dell'andamento orario tra la stazione Beinasco-TRM e la stazione storica di Beinasco-Aleramo dal quale si evince la buona correlazione esistente tra le due stazioni.

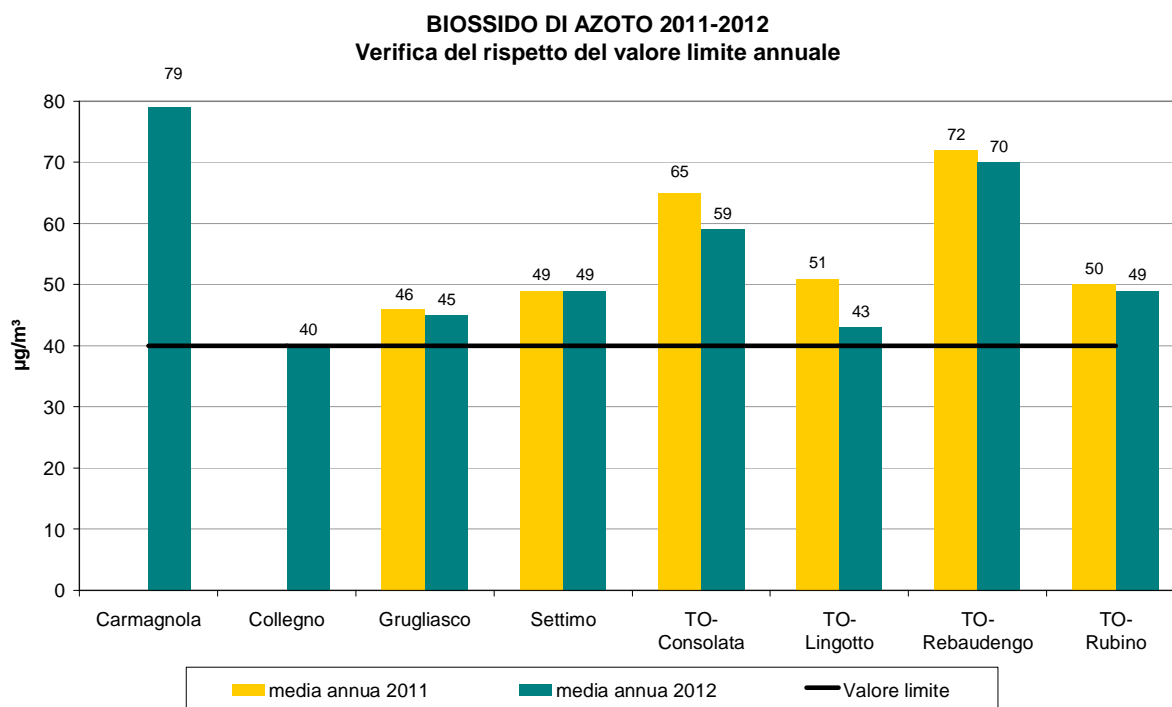


FIGURA 2: parametro NO₂, media annua, confronto fra gli anni 2011-2012.

In FIGURA 2 vengono rappresentate le otto stazioni della provincia di Torino che superano il valore limite annuale di 40 µg/m³.

Le stazioni di Carmagnola e Collegno sono entrate in funzione rispettivamente a fine 2011 e nel primo trimestre del 2012 pertanto per entrambe non è possibile effettuare un confronto con il 2011. Inoltre, per quanto concerne la media di Collegno, va evidenziato che tale valore (40 µg/m³) è stato calcolato senza i dati di gennaio e buona parte di febbraio, mesi questi ultimi generalmente critici per l' NO₂, pertanto è verosimile stimare una media annuale teorica riferita a tutto il 2012 superiore al valore limite di 40 µg/m³.

Per le altre stazioni (Grugliasco, Settimo e le quattro torinesi) la media annuale di NO₂ diminuisce o rimane invariata rispetto al 2011. In particolare la stazione di Torino Lingotto presenta una riduzione consistente della media annuale che va oltre il 15%, portandosi ad un valore confrontabile con quanto misurato nel 2010.

Nel mese di luglio del 2011 la stazione di Grugliasco è stata spostata da via Roma (scuola Di Nanni) a viale Radich, distante poco più di due chilometri in direzione est. Pertanto il 2012 rappresenta per il nuovo sito il primo anno completo di misurazioni (fermo restando che la sovrapposibilità degli andamenti dei due siti Radich e via di Nanni valutata nel 2011, permette comunque un confronto tra il 2012 e gli anni precedenti).

La stazione di Carmagnola (posizionata in piazza I Maggio) presenta la media annuale più elevata tra tutte le stazioni della provincia di Torino. Nel corso del 2012 sono state condotte delle verifiche

strumentali attraverso il posizionamento di un secondo analizzatore in parallelo rispetto a quello già presente in stazione per confermare i valori elevati misurati a Carmagnola. Inoltre nel 2013 è stata condotta una campagna con il laboratorio mobile in Carmagnola - presso un sito diverso da quello dove è presente la stazione fissa - per valutare se tutta l'area cittadina è soggetta ai medesimi livelli di inquinamento. Dal confronto è emerso che i valori misurati con il mezzo mobile presso il Centro Sportivo Comunale di Corso Roma risultano pari a circa la metà di quelli registrati presso piazza I Maggio. In sintesi i valori rilevati presso la stazione fissa di Carmagnola, seppur elevati, devono essere intesi come rappresentativi della sola zona monitorata e non dell'intera area carmagnolese.

CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI NO₂

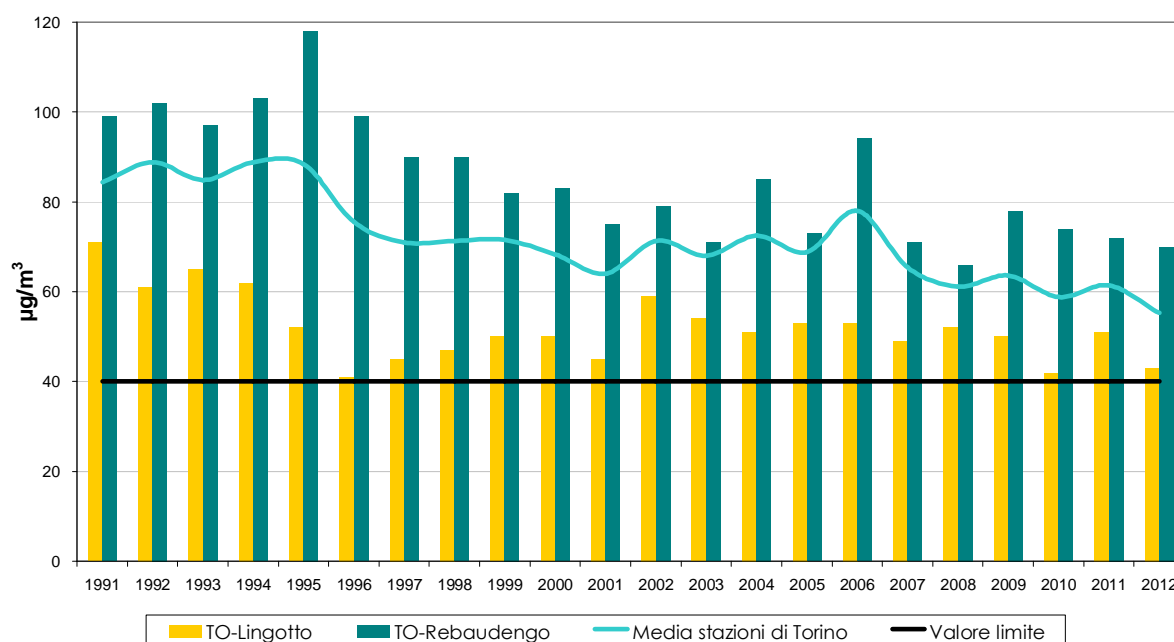


FIGURA 3: parametro NO₂, media delle medie annuali di tutte le stazioni operanti nel comune di Torino e dettaglio relativo alle stazioni di TO-Lingotto e TO-Rebaudengo.

La FIGURA 3 fotografa la situazione dell'area metropolitana di Torino negli ultimi vent'anni, dal 1991 al 2012. Vengono riportate le concentrazioni medie annuali di due stazioni del capoluogo, Torino Lingotto, stazione di fondo con i valori più bassi e Torino Rebaudengo, caratterizzata da intenso traffico veicolare. Dalla curva della media annuale calcolata su tutte le stazioni di Torino si rileva una generale tendenza alla diminuzione della concentrazione di biossido di azoto nel corso degli anni, da più di 80 µg/m³ del 1991 al valore di 55 µg/m³ registrato nel 2012, valore quest'ultimo più basso della serie storica.

A tal proposito va sottolineato che a partire da gennaio 2012 la stazione torinese TO-Rivoli è stata dismessa in ottemperanza al piano regionale, pertanto il valore della media di tutte le stazioni torinesi può risultare sottostimato rispetto a quanto si avrebbe con i dati di TO-Rivoli. In ogni caso la progressiva diminuzione delle concentrazioni di NO₂ nel corso degli ultimi anni è confermata anche nelle due stazioni di riferimento, TO-Rebaudengo (da valori prossimi o superiori a 100 µg/m³ prima del 1996, a valori inferiori a 80 µg/m³ dal 2007 in poi), e TO-Lingotto (da valori sempre superiori a 60 µg/m³ a valori generalmente compresi entro 55 µg/m³ e talvolta inferiori a 50 µg/m³). Si fa notare tuttavia che a partire dal 1996 il decremento è molto evidente per la stazione di traffico urbano, mentre le concentrazioni annuali di NO₂ nella stazione di fondo urbano (Lingotto) sembrano oscillare sempre intorno allo stesso valore.

In generale il decremento del biossido di azoto non è equivalente a quello registrato per altri inquinanti quali SO₂, CO, benzene e piombo, per i quali è stato molto più consistente. Va comunque considerato che un limite di emissione specifico per gli ossidi di azoto è stato introdotto solo con la Direttiva Euro 3 e che il miglioramento tecnologico in termini di minori emissioni è stato in parte controbilanciato dall'aumento sia del numero di veicoli sia dei chilometri percorsi. E' inoltre ormai ampiamente documentato che nel caso dei veicoli diesel - il cui contributo alle emissioni di ossidi di azoto è di gran lunga quello prevalente nelle aree urbane - le emissioni

effettive su strada in condizioni di traffico reale sono decisamente superiori a quelle misurate in laboratorio secondo la procedura di prova prescritta dalla normativa europea¹.

Al di fuori dell'area metropolitana e della cintura torinese (e con l'esclusione della stazione di Carmagnola) il limite annuale è stato ovunque rispettato, con valori minimi registrati nelle stazioni collocate in zone remote o montane (Ceresole, Baldissero, Druento, Oulx). Il valore più basso, misurato a Ceresole Reale, è dovuto prevalentemente al posizionamento della stazione in un'area montana poco antropizzata e quindi non direttamente soggetta a fonti primarie di emissione. Data la sua altitudine, inoltre, la stazione non risente del confinamento al suolo legato alle condizioni di stabilità invernali tipiche della pianura.

BIOSSIDO DI AZOTO 2012
Verifica del rispetto del valore limite orario

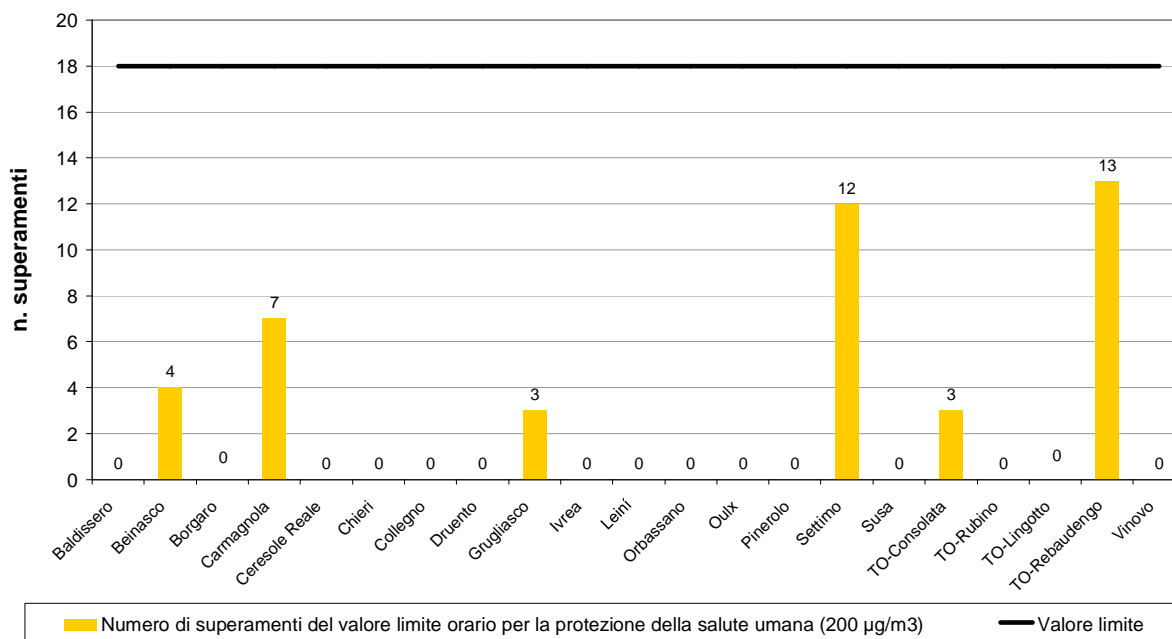


FIGURA 4: parametro NO₂, distribuzione spaziale del numero di superamenti del limite orario di 200 µg/m³, nell'anno 2012.

La FIGURA 4 mostra la presenza e il numero di superamenti del valore limite orario per la protezione della salute umana (200 µg/m³) registrati in ogni stazione della provincia di Torino. Il grafico riflette quanto precedentemente detto sull'andamento del valore limite annuale. Si assiste in generale ad un miglioramento della situazione rispetto al 2011.

Aumentano i superamenti per le stazioni di Beinasco, Settimo e Torino Rebaudengo (rispettivamente da 0 a 4, da 3 a 12 e da 10 a 13), ma nessuna stazione supera la soglia annuale imposta dalla normativa che prevede un numero massimo di superamenti pari a 18.

Per la stazione di Carmagnola si evidenzia che sebbene questa presenti un valore medio annuo pari a 79 µg/m³ (la media più alta di tutte le stazioni della provincia torinese), il numero di superamenti del limite orario per la protezione della salute risulta pari a 7, ben al di sotto del limite normativo.

¹ Si veda in particolare :

European Commission Joint Research Centre - Collaborative Research Project for Air Pollution Reduction in Lombardy Region (2006- 2010)- Executive Summary(Italian) , pag 22 e seg;

European Commission Joint Research Centre - 9th intermediate technical / scientific report Collaborative Research Project for Air Pollution Reduction in Lombardy Region(2006- 2010), pag 103-105

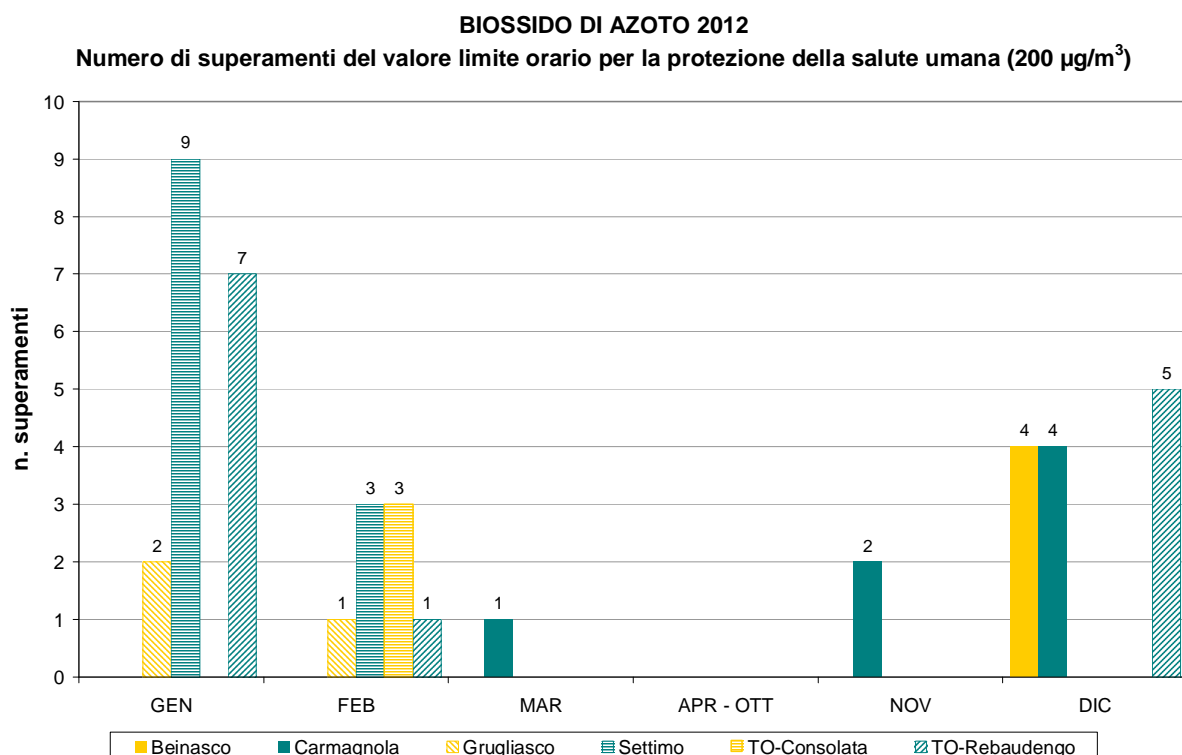


FIGURA 5: parametro NO₂, distribuzione mensile del numero di superamenti del limite orario di 200µg/m³, nell'anno 2012.

La FIGURA 5 evidenzia che la totalità dei superamenti avviene nel periodo invernale, concentrandosi soprattutto nei mesi di gennaio e dicembre, a seguito delle condizioni meteorologiche che caratterizzano la stagione fredda con fenomeni di inversione termica e conseguente stabilità atmosferica che non permette il rimescolamento degli inquinanti.

In generale in condizioni di instabilità atmosferica la temperatura diminuisce al crescere della quota altimetrica, permettendo il rimescolamento delle masse d'aria e favorendo conseguentemente la dispersione degli inquinanti prodotti al suolo. Viceversa in presenza di stabilità si assiste a condizioni di inversione termica al suolo o in quota che favoriscono l'accumulo degli inquinanti negli strati bassi dell'atmosfera peggiorando complessivamente la qualità dell'aria.

Particolarmente critico per la qualità dell'aria è stato il mese di gennaio in cui si concentra oltre il 40% di tutti i superamenti del limite dei 200 µg/m³ registrati nell'anno 2012 in provincia di Torino.

Presso la stazione di Beinasco, pur migliorando la media annuale (da 39 a 33 µg/m³), sono stati registrati quattro superamenti del limite orario, concentrati nel mese di dicembre, in netto peggioramento rispetto ai due anni precedenti 2010-2011 nei quali sono stati rilevati zero superamenti.

Nelle stazioni di Settimo e Torino – Rebaudengo si è verificato il numero maggiore di superamenti del limite orario, rispettivamente pari a 12 e 13 con un sensibile peggioramento rispetto al 2011. In particolare per ognuna delle due stazioni sono stati registrati ben cinque superamenti del limite orario in un'unica giornata (19/01/12), che corrispondono a poco meno della metà del totale dei superamenti annuali. Viceversa si osserva che la media annuale rimane invariata per Settimo mentre diminuisce del 3% per TO-Rebaudengo.

Si può quindi affermare che il numero di superamenti del valore limite orario è, in definitiva, molto più sensibile alle variazioni meteorologiche, anche limitate a pochi episodi critici, rispetto alla media annuale. Questo aspetto assume un significato importante nella pianificazione degli interventi per la riduzione dell'inquinamento atmosferico dal momento che possono essere sufficienti pochi giorni di stabilità meteorologica per limitare la diffusione atmosferica degli inquinanti e conseguentemente provocare un eventuale superamento del valore limite orario.

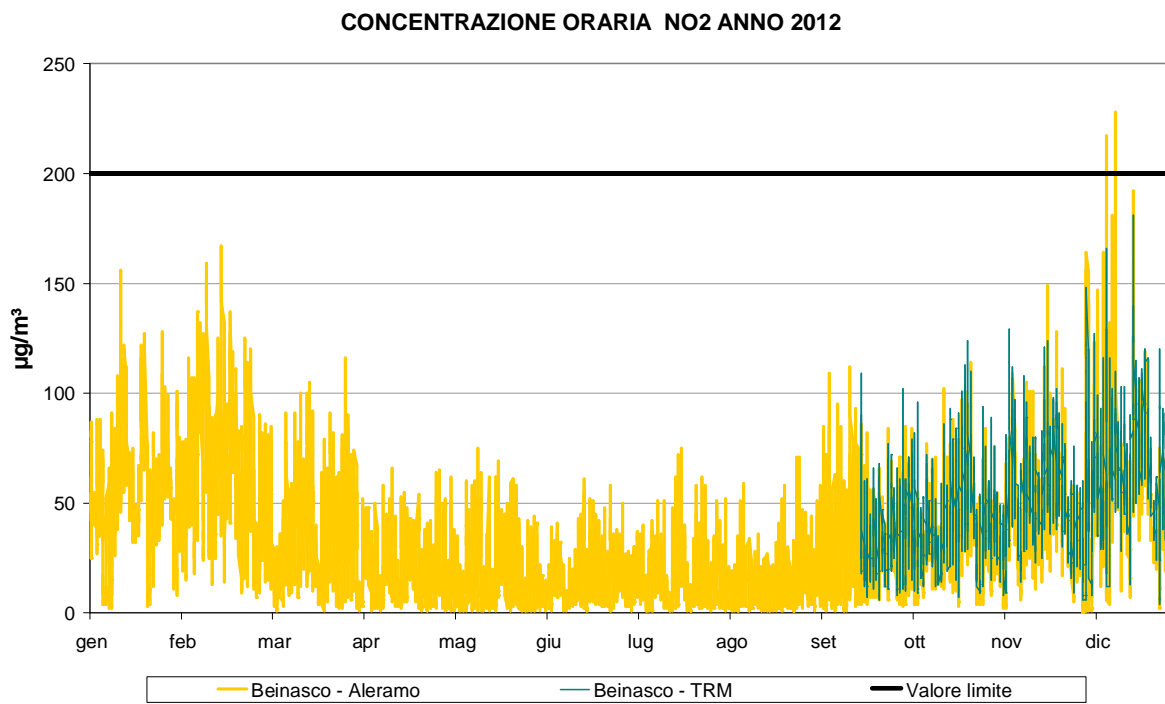


FIGURA 6: concentrazione oraria di biossido di azoto – confronto tra le stazioni Beinasco Aleramo e Beinasco TRM.

Biossido di azoto

STAZIONE	Rendimento strumentale 2012 (% dati validi)	Valore limite annuale per la protezione della salute umana (40 µg/m³) Media Annuale (µg/m³)										Valore limite orario per la protezione della salute Numero di superamenti del valore di 200 µg/m³ come media oraria									
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
		BALDISSERO	98%					22*	19	19	20	20	16					0	0	0	0
BEINASCO	99%	51	55	49	50	47	44	46	37	39	33	0	5	5	9	2	1	12	0	0	4
BORGARO	96%	44*	42	38	42	42	35	36	31	34	32	0	4	0	1	1	0	2	0	0	0
CARMAGNOLA ⁽¹⁾	98%										79										7
CERESOLE REALE ⁽²⁾	98%							8*	6	7	7						0*	0	0*	0	
CHIERI ⁽³⁾	99%	39	44	42	51	42	34	42	39	39	33	0	0	1	0	0	1	7	0	0	0
COLLEGNO ⁽¹⁾	84%										40*										0*
DRUENTO	98%	24*	26*	20	19	19	15	18*	16	18	18	1	0	0	0	0	0	0*	0	0	0
GRUGLIASCO ⁽⁴⁾	99%	52	49	53	54	59	50	51	45	46	45	2	11	9	64	39	28	87	0	15	3
IVREA	97%					32	27	28	26	29	25	5	2	9	23	0	0	0	0	0	0
LEINÍ	96%					38	31	32	32	30	28				0	0	2	0	0	0	
ORBASSANO	98%	40*	44	42	46	43	37	39	37	39	35	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
OULX	98%				22	22	22	20	21	20	21				0	0	0	0	0	0	0
PINEROLO	96%	29*	31	30	35	35	35	34	34	31	31	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0
SETTIMO	88%	65	57	67	65	52	44	59	46	49	49*	14	13	35	68	27	4	125	2	3*	12*
SUSA	98%	22*	34	25	29	24	21	22	24	23	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TO-CONSOLATA	92%	73	72*	67	68		69*	68	65	65	59	6	8	11	38		19	13	5	5	3
TO-LINGOTTO	89%	54*	51	53	53	49	52	50	42	51	43*	3	0	2	39	4	2	18	0	4	0*
TO-REBAUDENGO	98%	71	85	73	94	71	66	78	74	72	70	4	68	60	188	85	16	76	15	10	13
TO-RUBINO ⁽⁵⁾	95%					51*	48	50	44	50	49					10	1	8	0	0	0
VINOVO	100%	41	38	40	47	38	36	36	35	40	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(1) stazioni attive dal 2012

(2) stazione attiva da febbraio 2009

(3) stazione spostata da corso Buozzi a via Bersezio il 21/12/2011

(4) stazione spostata da via Roma a viale Radich a luglio 2011

(5) stazione attiva da aprile 2007

(*) La percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal DLgs 155/2010 (90%)

TABELLA 7: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il biossido di azoto.

BIOSSIDO DI ZOLFO

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

D. Maria, Provincia di Torino, F. Lollobrigida, ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.

DESCRIZIONE

Il biossido di zolfo (SO₂) è il naturale prodotto di ossidazione dello zolfo e dei composti che lo contengono allo stato ridotto. È un gas incolore, di odore pungente ed è molto irritante per gli occhi, la gola e le vie respiratorie; per inalazione può causare edema polmonare ed una prolungata esposizione può portare alla morte.

La principale fonte di inquinamento è costituita dall'utilizzo di combustibili fossili (carbone e derivati del petrolio) in cui lo zolfo è presente come impurezza. Viene inoltre emesso in atmosfera durante le eruzioni vulcaniche e quando raggiunge la stratosfera si trasforma in particelle di acido solforico.

L'acido solforico contribuisce all'acidificazione delle precipitazioni con effetti fitotossici sui vegetali e corrosivi sui materiali da costruzione.

La concentrazione di biossido di zolfo presenta valori massimi nella stagione invernale in concomitanza con le peggiori condizioni dispersive (es.: fenomeni di inversione termica) ed il funzionamento degli impianti di riscaldamento industriali e domestici.

Tuttavia, a partire dal 1980, le emissioni antropiche (riscaldamento e traffico) sono notevolmente diminuite grazie al crescente utilizzo del metano e alla diminuzione del tenore di zolfo contenuto nel gasolio ed in altri combustibili liquidi e solidi. Le emissioni delle centrali termoelettriche che utilizzano combustibili contenenti zolfo sono depurate attraverso processi di lavaggio fumi.

I valori limite e la soglia di allarme definiti dalla normativa vigente sono di seguito riportati.

VALORE LIMITE ORARIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA		
Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
1 ora	350 µg/m ³ da non superare più di 24 volte per anno civile	1 gennaio 2005
VALORE LIMITE DI 24 ORE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA		
Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
24 ore	125 µg/m ³ da non superare più di 3 volte per anno civile	1 gennaio 2005
VALORE LIMITE PER LA PROTEZIONE DEGLI ECOSISTEMI		
Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
anno civile e inverno (1° ottobre – 31 marzo)	20 µg/m ³	19 luglio 2001
SOGLIA DI ALLARME PER IL BIOSSIDO DI ZOLFO		
500 µg/m ³ (293°K e 101,3 kPa) 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		

TABELLA 8: D.Lgs. 155/2010, valori limite per il biossido di zolfo.

ESAME DEI DATI

Come si può osservare in TABELLA 9, nei tre siti oggetto di monitoraggio i valori di riferimento previsti dalla normativa sono ampiamente rispettati. Le differenze rispetto agli ultimi anni sono minime e rientrano nella fluttuazione statistica del dato.

Non si osservano zone con una particolare criticità o una sostanziale diversità delle concentrazioni misurate.

I massimi valori orari sono notevolmente inferiori rispetto ai limiti stabiliti su questa base temporale e un'analoga considerazione è valida anche per il limite su base giornaliera.

Il valore limite per la protezione degli ecosistemi si riporta ai valori del 2010 dopo il lieve incremento del 2011.

Anche se nel corso dei prossimi anni sarà consigliabile mantenere attivo il monitoraggio per controllare il mantenimento dei risultati raggiunti, si può affermare che il parametro SO₂ non rappresenti una criticità per il territorio della provincia di Torino. Va comunque considerato che le emissioni di ossidi di zolfo contribuiscono alla formazione di particolato attraverso il processo

secondario di trasformazione del biossido di zolfo in solfati, i quali sul territorio provinciale costituiscono in media tra il 5 e il 10% della massa totale di PM10².

**MASSIMA MEDIA GIORNALIERA SU BASE ANNUALE DI SO₂
1972 - 2012**

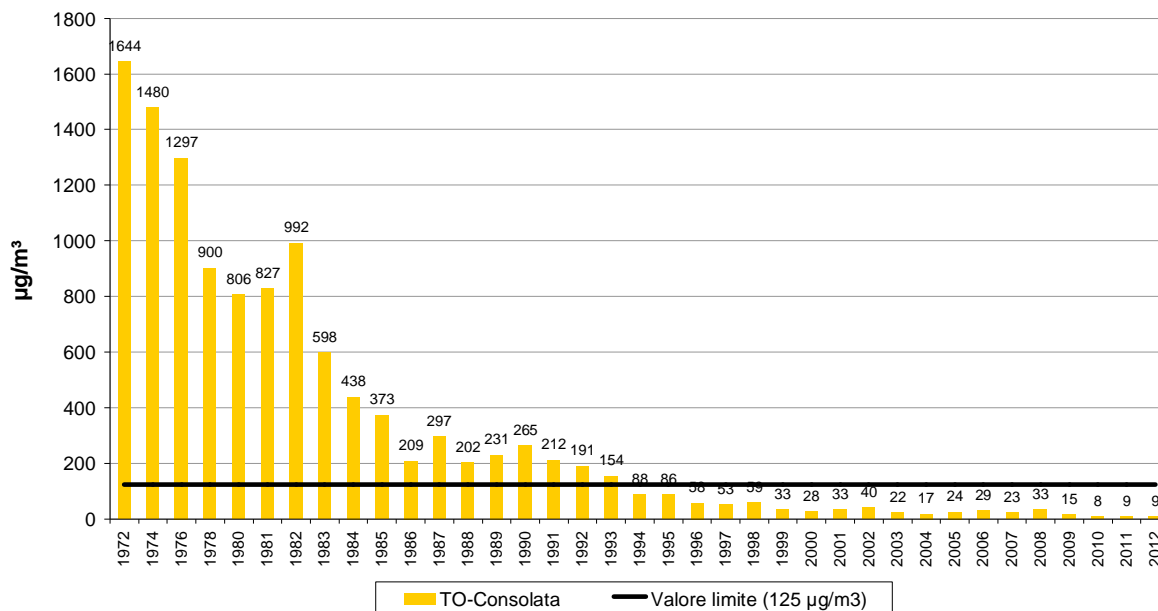


FIGURA 7: parametro SO₂, massima media giornaliera su base annuale rilevata nell'ultimo trentennio nella stazione di Torino – Consolata.

² Si veda a questo proposito il capitolo " Il progetto di studio delle sorgenti di inquinamento atmosferico nel territorio circostante la centrale termoelettrica Torino Nord" nella presente edizione di "Uno sguardo all'aria" e quello relativo ai risultati del progetto iMonitraf! nell'edizione 2011

Biossido di zolfo

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2012 (% dati validi)	Media Annuale $\mu\text{g}/\text{m}^3$										Valore limite orario per la protezione della salute umana 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 24 volte nell'anno civile Numero di superamenti										Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 3 volte nell'anno civile Numero di superamenti									
		'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12
		Grugliasco	87%	5	7*	7	8	5	5	6	5	5*	5*	0	0*	0	0	0	0	0	0	0	0*	0	0*	0	0	0	0	0	0
TO-Consolata	90%	6	5	7	7	6	4*	6*	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0*	0*	0	0	0
TO-Rebaudengo	97%	6	7	8	9	7	5	9	8*	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0*	0	0

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2012 (% dati validi)	Valore limite per la protezione. degli ecosistemi 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Media calcolata sul periodo di riferimento 1 gen - 31 mar e 1 ott - 31dic										Soglia di allarme 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Numero di superamenti										Massimo orario $\mu\text{g}/\text{m}^3$									
		'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12
		Grugliasco	87%	7	9*	10	13	7	6	8	6	10	7*	0	0*	0	0	0	0	0	0	0	0*	60	61*	42	69	37	32	46	31
TO-Consolata	90%	9	7	9	12	9	6*	7	7	10	7	0	0	0	0	0	0*	0	0	0	0	44	38	48	57	49	33*	23*	23	19	23
TO-Rebaudengo	97%	9	9	13	13	11	7	11	10*	14	9	0	0	0	0	0	0	0	0*	0	0	93	53	63	55	66	44	62	48*	34	33

TABELLA 9: dati delle stazioni di monitoraggio che rilevano il biossido di zolfo.

*La percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal D.Lgs. 155/2010 (90%)

OZONO

**Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:
Annalisa Brun. ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.**

DESCRIZIONE

L'ozono è un gas altamente reattivo dotato di un elevato potere ossidante, di odore pungente e ad elevate concentrazioni di colore blu.

L'ozono presente nella troposfera (lo strato atmosferico compreso fra il livello del mare e i 10 km di quota), ed in particolare nelle immediate vicinanze della superficie terrestre, è un componente dello "smog fotochimico" che si origina soprattutto nei mesi estivi in concomitanza di un intenso irraggiamento solare e di un'elevata temperatura.

L'ozono non ha sorgenti dirette, ma si forma all'interno di un ciclo di reazioni fotochimiche che coinvolgono in particolare gli ossidi di azoto e la presenza di composti organici volatili.

L'ozono è un inquinante sostanzialmente ubiquitario e, a differenza di quanto avviene per gli inquinanti di tipo primario, situazioni critiche possono riscontrarsi anche in zone distanti dai grossi centri urbani e in aree ad altitudini elevate.

Concentrazioni relativamente basse di ozono provocano effetti quali irritazioni alla gola, alle vie respiratorie e bruciore agli occhi; concentrazioni superiori possono portare alterazioni delle funzioni respiratorie.

L'ozono è responsabile anche di danni alla vegetazione, con relativa scomparsa di alcune specie arboree dalle aree urbane; motivo per cui, alcune specie vegetali sensibili alle concentrazioni di ozono in atmosfera, vengono oggi utilizzate come bioindicatori della sua presenza.

I valori obiettivo e le soglie di informazione e di allarme sono riportati nella TABELLA 10.

VALORE OBIETTIVO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA		
Periodo di mediazione	Valore obiettivo (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Media massima giornaliera su 8 ore (a)	120 µg/m ³ da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni (b)	Il raggiungimento del valore obiettivo è valutato nel 2013, con riferimento al triennio 2010-2012.
VALORE OBIETTIVO PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE		
Periodo di mediazione	Valore obiettivo (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
AOT 40®, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	18000 µg/m ³ *h come media su 5 anni (b)	Il raggiungimento del valore obiettivo è valutato nel 2015, con riferimento al triennio 2010-2014.
OBIETTIVO A LUNGO TERMINE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA		
Periodo di mediazione	Valore obiettivo (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Media massima giornaliera su 8 ore (a)	120 µg/m ³ per anno civile	Non definita
OBIETTIVO A LUNGO TERMINE PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE		
Periodo di mediazione	Valore obiettivo (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
AOT 40®, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	6000 µg/m ³ *h	Non definita
SOGLIA DI INFORMAZIONE		
Periodo di mediazione	Valore soglia (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore soglia entra in vigore
1 ora	180 µg/m ³	9 marzo 2002
SOGLIA DI ALLARME		
Periodo di mediazione	Valore soglia (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore soglia entra in vigore
1 ora (d)	240 µg/m ³	9 marzo 2002

- 1 La massima concentrazione media giornaliera su 8 ore sarà determinata analizzando le medie consecutive su 8 ore, calcolate in base a dati orari e aggiornate ogni ora. Ogni media su 8 ore così calcolata sarà assegnata al giorno nel quale finisce; in pratica la prima fascia di calcolo per ogni singolo giorno sarà quella compresa fra le ore 17:00 del giorno precedente e le ore 01:00 del giorno stesso; l'ultima fascia di calcolo per ogni giorno sarà quella compresa tra le ore 16:00 e le ore 24:00 del giorno stesso.

© Se non è possibile calcolare la media su 3 o 5 anni in base ad una serie intera e consecutiva di dati annui, la valutazione della conformità ai valori obiettivo si può riferire, come minimo, ai dati relativi a:

per il valore obiettivo per la protezione della salute umana: dati validi relativi ad un anno

per il valore obiettivo per la protezione della vegetazione: dati relativi a tre anni

(d) Per AOT40 (espresso in $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$) s'intende la somma della differenza fra le concentrazioni orarie superiori a $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (= 40 ppb) e $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari medi rilevati ogni giorno tra le 08:00 e 20:00, ora dell'Europa centrale.

Per AOT40 (espresso in $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$) s'intende la somma della differenza fra le concentrazioni orarie superiori a $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (= 40 ppb) e $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari medi rilevati ogni giorno tra le 08:00 e 20:00, ora dell'Europa centrale.

d) Per l'attuazione dei piani di azione a breve termine, previsti all'art.10 comma1 del D.Lgs 155/2010, il superamento della soglia deve essere misurato o previsto per tre ore consecutive.

TABELLA 10: D. Lgs. 13/08/10 n. 155; ozono: valori obiettivo, obiettivo a lungo termine, e soglie.

ESAME DEI DATI

L'ozono, insieme al PM_{10} e al biossido di azoto, è uno degli inquinanti di maggiore rilevanza in Europa³. I suoi livelli sono particolarmente elevati nelle regioni dove è maggiore l'emissione dei suoi precursori, in particolare ossidi di azoto e composti organici volatili e laddove vi sia persistenza di periodi di alta insolazione, alta temperatura ed elevata pressione atmosferica. Le soglie di informazione e di allarme indicano il livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata da parte di gruppi più sensibili della popolazione (informazione) e di tutta la popolazione (allarme). I valori obiettivo, invece, indicano i livelli di concentrazione al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi sulla salute umana e sull'ambiente. Gli obiettivi a lungo termine stabiliscono il livello da raggiungere nel lungo periodo mediante misure proporzionate, al fine di assicurare un'efficace protezione della salute umana e dell'ambiente.

In TABELLA 11 sono riportati i superamenti della soglia di informazione ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) degli ultimi 10 anni nella provincia di Torino. In generale nelle stazioni di fondo rurale si registra un numero maggiore di superamenti rispetto alle altre stazioni di monitoraggio, urbane e suburbane. Inoltre, come si evince dai dati, nel 2012 le stazioni di fondo rurale – Druento, Baldissero e Ceresole - presentano un aumento del numero di superamenti rispetto all'anno precedente. In particolare nella stazione di Druento – La Mandria è più che triplicato il numero di superamenti rispetto all'anno precedente – 19 nel 2011, 63 nel 2012. Il dato appare in controtendenza rispetto alla costante diminuzione registrata a partire dal 2006. Tuttavia anche per le stazioni di Baldissero (rurale) e di Orbassano (suburbana) si assiste ad un aumento consistente del numero di superamenti dal 2011 al 2012 (da 4 a 12 per Baldissero, da 6 a 14 per Orbassano). Per la maggior parte delle altre stazioni di monitoraggio la situazione rimane invece piuttosto costante: per Borgaro e Torino Lingotto i superamenti aumentano di poche unità, per le stazioni di Ivrea, Leinì, Pinerolo, Susa e Vinovo diminuiscono o rimangono invariati. La stazione di Ceresole, la più remota della rete di monitoraggio provinciale, ha fatto registrare 5 superamenti del livello di informazione, a dimostrazione del carattere ubiquitario dell'ozono rilevabile anche in zone di montagna a basso impatto antropico, ma contraddistinte da forte irraggiamento solare e presenza di precursori e/o ozono trasportati in quota dai venti.

³ EEA Technical report No 3/2013: Air pollution by ozone across Europe during summer 2012.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2012 (% dati validi)	Soglia di informazione 180 µg/m ³ come media oraria Numero di superamenti									
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Baldissero	98%	-	-	-	8 ⁽¹⁾	43	4	26	4	4	12
Borgaro	95%	188	35	12	20	63	0	0	0	0	2
Ceresole	95%	-	-	-	-	-	-	-	8 ⁽³⁾	4	5
Chieri	74%	82	5	4	4	1	0	0	0	-	0^{(6)*}
Druento	97%	176*	71*	72*	143	69	11*	45*	22	19	63
Ivrea	93%	-	-	-	-	-	-	-	0 ⁽⁴⁾	1	0
Leinì	99%	-	-	-	1 ⁽²⁾	14	7	1	1	4	0
Orbassano	96%	107*	63	18	30	54	0	2	0	6	14
Pinerolo	97%	45*	0*	11	28	54	1	0	0	5	3
Susa	99%	85*	62	14	52	11	9	1	0	0	0
TO – Lingotto	91%	255	32	56	20	43	26	2	0	1	3
Vinovo	99%	245*	58	16	13	16	0	5	0	5	0
(1) strumento operativo dal 28/07/06					(5) strumento operativo fino al 31/12/2011						
(2) strumento operativo dal 27/07/06					(6) strumento operativo dal 17/02/12						
(3) serie storica disponibile a partire dal 2010					* la percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal						
(4) strumento operativo dal 25/01/10					DLgs 155/2010 (90%)						

TABELLA 11: ozono, confronto con le soglie di informazione come da D.Lgs. n. 155/10.

La soglia di allarme (240 µg/m³ come media oraria per tre ore consecutive) non è stata superata in nessuna stazione di rilevamento, confermando così il trend positivo in atto dal 2008.

La stazione di monitoraggio nel comune di Chieri è stata ricollocata a fine 2011: la centralina è stata spostata da c.so Buozi a via Bersezio. Il 17 febbraio 2012 è diventato operativo anche l'analizzatore di ozono, i cui dati, dopo un primo periodo di prova, sono stati validati a partire da aprile 2012. Per l'anno in corso non è quindi stato possibile svolgere le elaborazioni annuali.

In TABELLA 12 e in TABELLA 13 sono riportate rispettivamente le elaborazioni necessarie per la verifica del conseguimento del valore obiettivo per la protezione della salute umana e del valore obiettivo per la protezione della vegetazione. Entrambi gli obiettivi non sono rispettati. In tutte le stazioni del territorio provinciale la media del numero di giorni di superamento del valore obiettivo per la protezione della salute umana rilevati negli ultimi tre anni è superiore ai 25 giorni consentiti. Rispetto all'anno precedente, nel 2012 alcune stazioni – Baldissero, Leinì, Orbassano, Pinerolo e Vinovo - presentano una lieve diminuzione del numero di giorni (come valore medio su tre anni) con la media massima superiore a 120 µg/m³, altre, tra cui Druento, fanno registrare un aumento di tale valore medio. Il limite viene superato ampiamente anche nella stazione più remota della rete provinciale, Ceresole, per la quale da quest'anno è possibile verificare il rispetto del valore obiettivo per la protezione della salute umana.

Rispetto al valore obiettivo per la protezione della vegetazione la media degli ultimi cinque anni dell'AOT40 per la stazione di Druento, seppur in lieve diminuzione, resta comunque superiore ai 18000 µg/m³*h previsti dalla legge. Il limite viene superato anche nella stazione di Baldissero, con un valore molto simile a quello calcolato l'anno scorso (35995 µg/m³*h nel 2011, 35374 nel 2012). Per la stazione di Ceresole non è ancora possibile valutare il rispetto del valore bersaglio per la vegetazione poiché si hanno a disposizione solo tre dei cinque anni di misure richiesti per l'elaborazione.

Si ricorda che l'Allegato VIII del D.Lgs. 155/2010 stabilisce che le stazioni per la misura dell'ozono, per ciò che concerne la verifica del rispetto del valore obiettivo per la protezione della vegetazione, siano ubicate in siti suburbani e rurali e ne stabilisce la rappresentatività spaziale; tra le stazioni in cui viene effettuata la misura dell'ozono in questo capitolo sono state selezionate per il calcolo dell'AOT40 quelle classificate come fondo rurale in quanto ubicate in aree con presenza significativa di ecosistemi naturali.

STAZIONE	Valore bersaglio per la protezione della salute umana Numero di giorni con la media massima, calcolata su 8 ore, superiore a 120 µg/m ³										
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	MEDIA 2010-2012
Baldissero	-	-	-	*(1)	95	72	116	97	94	74	88
Borgaro	100	52	47	44	93	31	35	52	46	41	46
Ceresole	-	-	-	-	-	-	-	82 ⁽³⁾	70	77	74
Chieri	101	37	43	28	37	14	27	0	-	53 ^{*(6)}	-
Druento	78	84	71	78	95	29	52	59	93	87	80
Ivrea	-	-	-	-	-	-	-	53 ⁽⁴⁾	39	42	41
Leini'	-	-	-	*(2)	63	56	61	62	70	37	56
Orbassano	85	54	79	55	89	30	68	36	60	65	54
Pinerolo	33	33	54	68	100	40	69	27	46	34	36
Susa	76	77	48	57	66	53	42	31	36	45	37
TO - Lingotto	108	74	65	56	70	74	36	34	30	45	36
Vinovo	100	85	50	54	74	44	86	37	71	64	57

(1) strumento operativo dal 28/07/06
(2) strumento operativo dal 27/07/06
(3) serie storica disponibile a partire dal 2010
(4) strumento operativo dal 25/01/10
(5) strumento operativo fino al 31/12/2011
(6) strumento operativo dal 17/02/12
* la percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal DLgs 155/2010 (90%)

TABELLA 12: ozono, confronto con i valori bersaglio per la protezione della salute umana.

STAZIONE	DECRETO LEGISLATIVO n. 155/ del 13/08/2010 Valore bersaglio per la protezione della vegetazione AOT 40 (18000 µg/m ³ *h)										
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	MEDIA 2008-2012
Baldissero	-	-	-	*	33360	31118	44921	40260	30317	30256	35374
Druento	54719	41738	41430	48015	38407	18936	25433	32365	31022	38098	29171
Ceresole								43125	27976	35311	-

* insufficiente rendimento strumentale

TABELLA 13: ozono, confronto degli ultimi cinque anni con i valori bersaglio per la protezione della vegetazione.

In FIGURA 8 è riportata, per l'anno 2012, la distribuzione mensile dei superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana per le stazioni di Torino-Lingotto, rappresentativa del fondo urbano, di Baldissero Torinese e Ceresole (attiva dal 2010), poste più in quota e rappresentative del fondo rurale. La distribuzione mensile delle concentrazioni di ozono segue l'andamento tipico di tale inquinante, con massimi nei mesi più caldi e minimi in inverno. Il numero di superamenti del limite dei 120 µg/m³ segue l'andamento della temperatura media mensile registrata nella stazione di Torino-Consolata: i superamenti aumentano nella stagione estiva fino a raggiungere il valore massimo per tutte le stazioni ad agosto, il mese più caldo dell'anno. La centralina di Baldissero inoltre registra un picco di superamenti (10) anche a marzo quando c'è stato un innalzamento della temperatura media mensile di più di 3 gradi rispetto alla media del quinquennio precedente (2007-2011), come è evidente dalla curva della temperatura nel grafico di FIGURA 8.

Inoltre, osservando i singoli mesi del 2012, in nessuno di essi il numero di superamenti del valore limite per la protezione della salute umana oltrepassa, come già nel 2011, la soglia delle 25 giornate (sebbene tutte le stazioni superino tale limite a livello annuale – cfr. TABELLA 12).

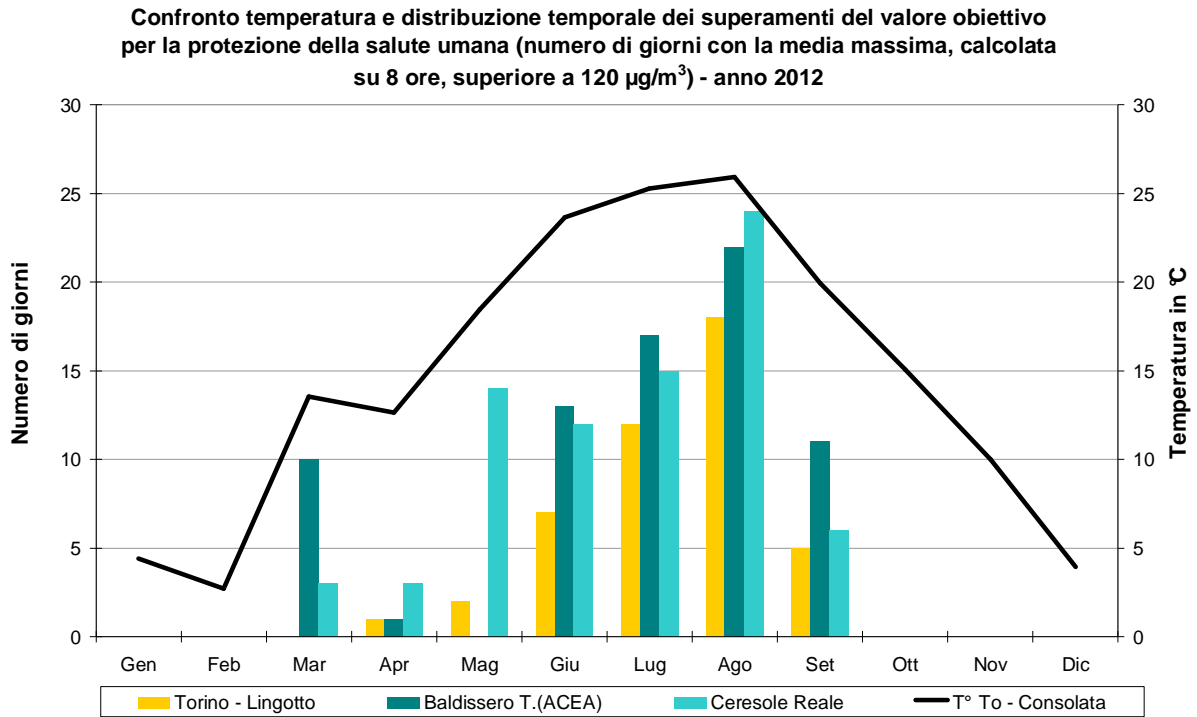


FIGURA 8: distribuzione temporale dei superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana per le stazioni di Torino-Lingotto, Baldissero Torinese e Ceresole, anno 2012.

Nella stazione di Baldissero la concentrazione media di ozono (periodo maggio – settembre) è rimasta invariata rispetto al 2011; a TO - Lingotto invece è leggermente aumentata, da 67 a 70 µg/m³, probabilmente in seguito alla minore piovosità registrata in città nel periodo analizzato in confronto all'anno precedente (FIGURA 10). Il grafico della

FIGURA 9 mostra infatti che mentre la temperatura media annua registrata nella città di Torino è rimasta invariata dal 2011 al 2012, le precipitazioni totali sono diminuite di circa 200 mm.

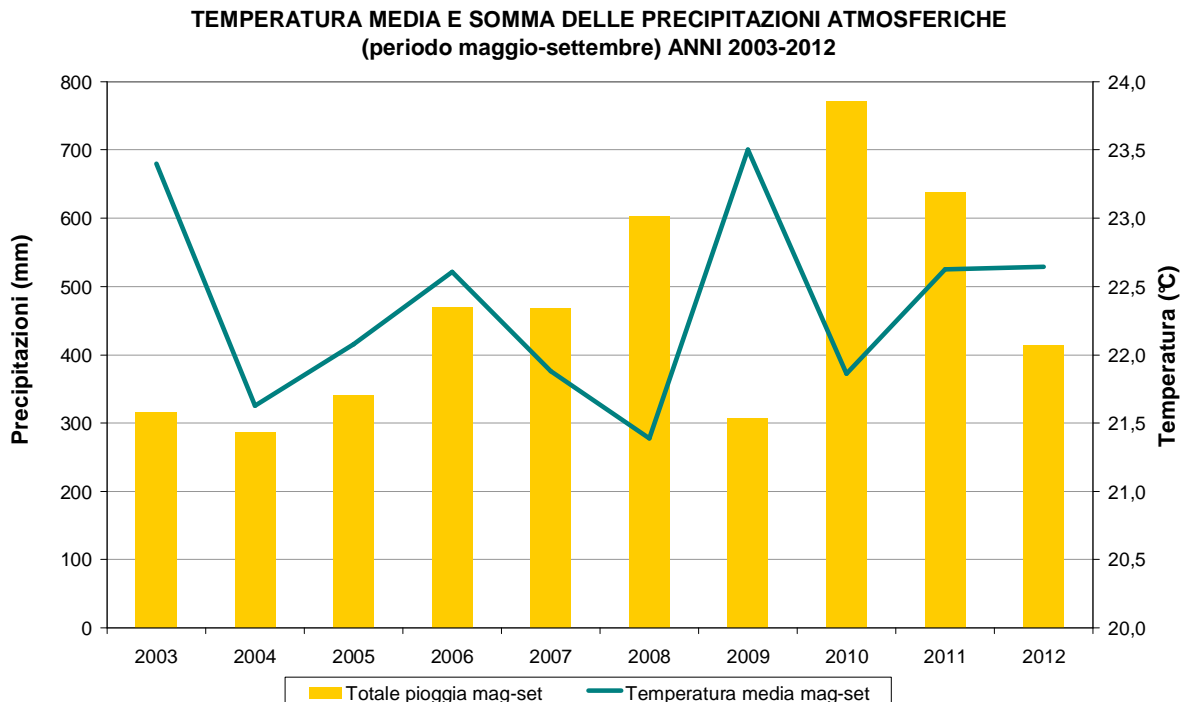


FIGURA 9: Temperatura media e somma delle precipitazioni atmosferiche, nel periodo maggio-settembre, anni 2003-2012, stazioni di Torino - Buon Pastore (2003) e Torino Consolata (dal 2004).

CONCENTRAZIONI MEDIE ESTIVE (maggio - settembre) di OZONO
Stazioni di Pino/Baldissero Torinese e Torino - Lingotto (2003 - 2012)

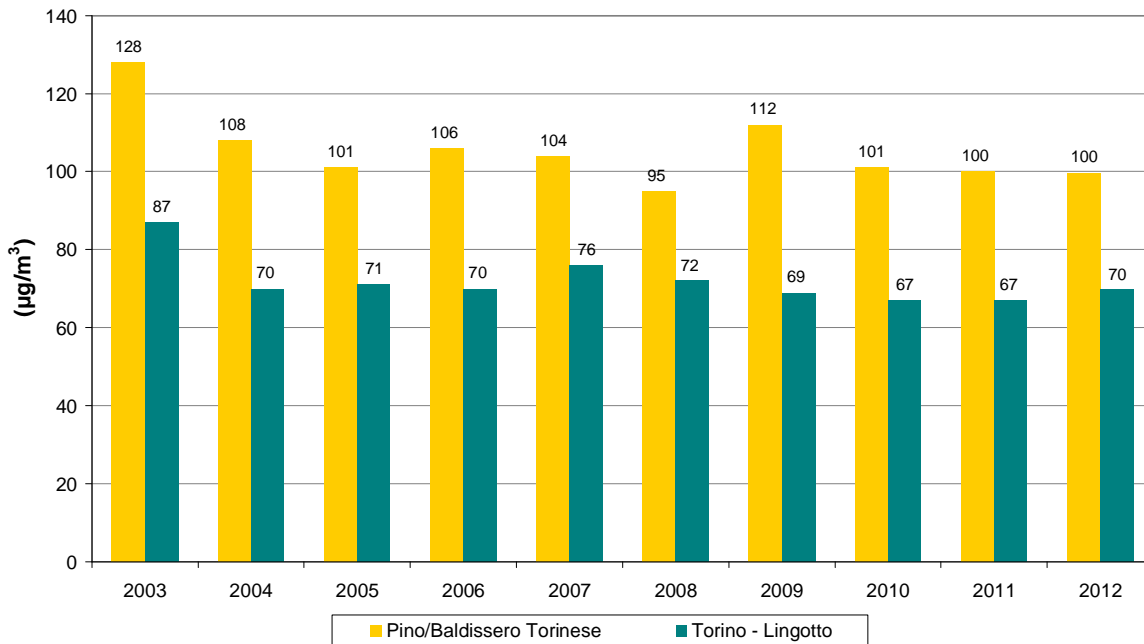


FIGURA 10: ozono, medie del periodo maggio-settembre degli ultimi 10 anni (dall'anno 2008 i valori considerati sono quelli registrati presso la stazione di Baldissero Torinese).

L'analisi delle serie storiche delle concentrazioni di ozono rilevate nel corso degli ultimi 10 anni (FIGURA 10) mostra una sostanziale stabilità dei valori di concentrazione, con una variabilità dovuta soprattutto alla situazione meteorologica del singolo anno. Si conferma quindi il ruolo fondamentale delle condizioni meteoroclimatiche nell'influenzare le concentrazioni di ozono a livello della troposfera, sia per il verificarsi di condizioni che favoriscono episodi di accumulo (elevata insolazione, alte temperature, condizioni di alta pressione), sia per il ruolo che la radiazione solare ha nei meccanismi di reazione di formazione dell'O₃ in presenza di COV (composti organici volatili) e NO_x (ossidi di azoto).

I massimi del decennio in esame (

FIGURA 9) si osservano nel 2003 e nel 2009, anni caratterizzati da un'estate con scarse precipitazioni e temperature particolarmente elevate; mentre le concentrazioni medie minime si sono rilevate in anni nei quali le temperature medie sono state inferiori e le precipitazioni più significative.

L'osservazione dei dati di concentrazione, infine, evidenzia che negli ultimi tre anni l'ozono del periodo maggio - settembre ha oscillato sempre intorno agli stessi valori nella provincia di Torino. Alcune stazioni hanno registrato una lieve diminuzione della concentrazione nel triennio 2010-2012 - Leinì e Borgaro -, per altre stazioni i valori medi di ozono sono rimasti pressoché invariati - Baldissero, Lingotto e Ivrea -, per le rimanenti stazioni - sia di fondo come Druento, sia di tipo urbano o suburbano come Orbassano e Pinerolo - le concentrazioni di ozono nel periodo estivo sono aumentate di alcuni microgrammi.

La criticità per l'ozono, inquinante ubiquitario e dalla genesi complessa, rimane quindi alta, non solo in provincia di Torino, ma per buona parte del territorio europeo. Infatti, a differenza di altri inquinanti, per i quali le politiche ambientali mirate hanno portato ad una diminuzione delle concentrazioni nel corso degli anni, nel caso dell'ozono gli effetti delle politiche volte alla riduzione dei precursori sono ancora poco evidenti.

BENZENE

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

D. Maria, Provincia di Torino, F. Lollobrigida, ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.

DESCRIZIONE

Il benzene (C₆H₆) è un composto chimico che a temperatura ambiente e pressione atmosferica si presenta allo stato liquido.

Viene sintetizzato a partire da diversi composti chimici presenti nel petrolio ed impiegato come antidetonante nella benzina. Si produce inoltre durante la combustione a partire soprattutto da altri idrocarburi aromatici. Stime effettuate dall'Unione Europea attribuiscono alle emissioni dei veicoli a benzina più del 70% del totale delle emissioni di benzene.

La maggior fonte di esposizione per la popolazione deriva pertanto dai gas di scarico dei suddetti autoveicoli

La normativa italiana in vigore fissa, a partire dal 1 luglio 1998, il tenore massimo di benzene nelle benzine all'uno per cento.

Il benzene è una sostanza classificata:

- dalla Comunità Europea come cancerogeno di categoria 1, R45;
- dalla I.A.R.C. (International Agency for Research on Cancer) nel gruppo 1 (sostanze per le quali esiste un'accertata evidenza in relazione all'induzione di tumori nell'uomo);
- dalla A.C.G.I.H. (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) in classe A1 (cancerogeno accertato per l'uomo).
- Studi di mutagenesi evidenziano inoltre che il benzene agisce sul bagaglio genetico delle cellule.

Con esposizione a concentrazioni elevate, superiori a milioni di ppb, si osservano danni acuti al midollo osseo.

Un'esposizione cronica può provocare la leucemia (casi di questo genere sono stati riscontrati in lavoratori dell'industria manifatturiera, dell'industria della gomma e dell'industria petrolifera).

Stime dell'Organizzazione Mondiale della Sanità indicano che, a fronte di un'esposizione a 1 µg/m³ di benzene per l'intera vita, quattro persone ogni milione sono sottoposte al rischio di contrarre la leucemia.

VALORE LIMITE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA		
Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Anno civile	5 µg/m ³	1 gennaio 2010

TABELLA 14: D.lgs. 155/2010, valori limite per il benzene.

ESAME DEI DATI

A partire dal 1995 l'analisi del benzene è eseguita con strumentazione in continuo (in precedenza venivano fatti prelievi a intervalli irregolari tramite fiale di carbone attivo).

Come si può notare dalla FIGURA 11 i livelli in atmosfera di questo inquinante sono notevolmente diminuiti a seguito dell'introduzione dal luglio 1998 del limite dell'1% del tenore di benzene nelle benzine e grazie all'aumento nel tempo della percentuale di auto catalizzate sul totale del parco circolante.

Si evidenzia anche per l'anno 2012 il rispetto del valore limite per la protezione della salute umana (pari a 5 µg/m³ come media annuale).

In TABELLA 15 sono riportati i dati degli analizzatori presenti nelle stazioni della rete provinciale con un numero sufficiente di dati per consentire il calcolo di una media annuale di significatività accettabile.

La stazione di TO - Consolata nel 2012 ha registrato un valore medio annuo di 1,7 µg/m³ ma presenta una bassa percentuale di dati validi (76%), come pure la stazione di fondo fi Torino-Lingotto (1,7 µg/m³ con l'80% di dati validi). La stazione di fondo di Torino- Rubino (attiva dal 2010) presenta una media di 2,6 µg/m³ ed una percentuale di dati validi ancora più bassa (70%).

Per l'anno 2013 non sono stati riportati i dati degli analizzatori di benzene delle stazioni di Borgaro T.se, Settimo T.se e Beinasco-Aldo Mei (quest'ultima installata a seguito delle prescrizioni della Provincia di Torino relative al termovalorizzatore del Gerbido), in quanto gli strumenti sono stati installati nell'autunno e non è quindi disponibile per il 2012 un numero di dati sufficiente al calcolo della concentrazione media annuale.

Nel complesso comunque anche l'anno 2012 conferma una tendenza al costante decremento delle concentrazioni misurate negli ultimi 16 anni ed il rispetto del valore limite su tutti i siti che sono stati oggetto di monitoraggio.

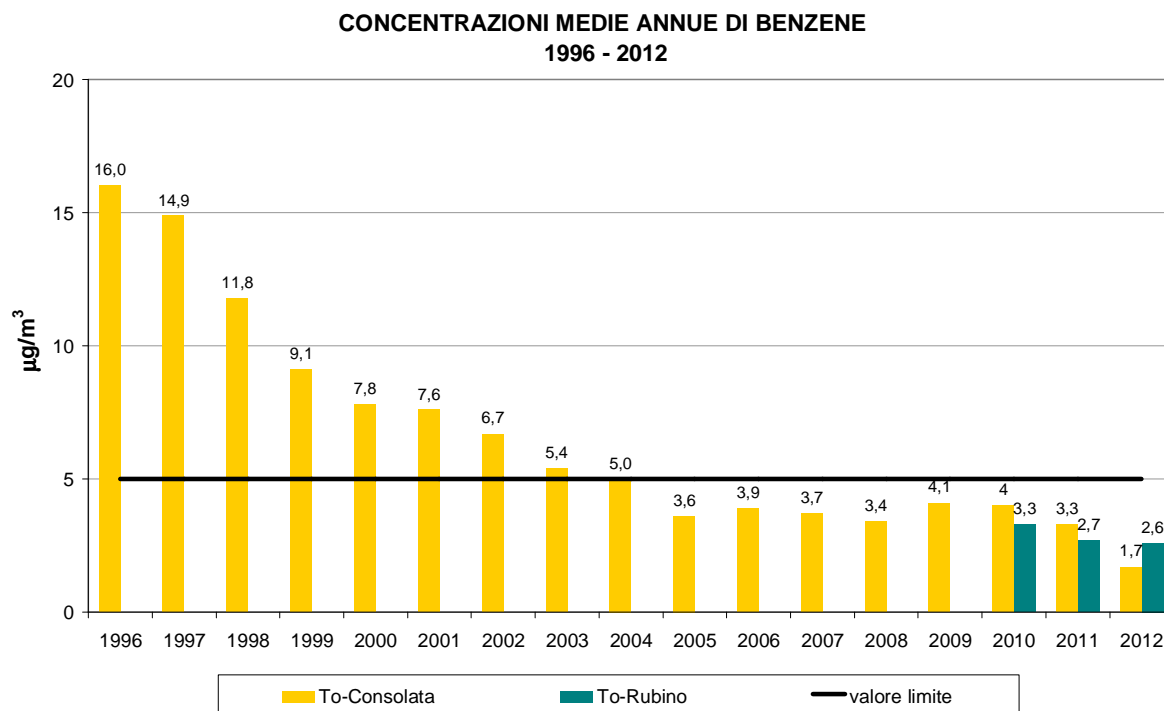


FIGURA 11: concentrazioni medie annue di benzene rilevate negli anni 1996-2012.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2012 (% dati validi)	VALORE MEDIO ANNUO Valore limite annuale: 5 µg/m³									
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
To - Consolata	76%	5,4	5,0	3,6	3,9	3,7	3,4	4,1	4	3,3	1,7*
To - Lingotto	80%										1,3
To - Rebaudengo	89%										2,0
To - Rubino	70%								3,3	2,7	2,6
Vinovo	90%										1,2

TABELLA 15: parametro benzene, valutazione statistica anni 2003-2012.

PARTICOLATO SOSPESO

**Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:
Milena Sacco, ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.**

DESCRIZIONE

Il particolato sospeso è costituito dall'insieme di tutto il materiale non gassoso, generalmente solido, in sospensione nell'aria. La natura delle particelle aerodisperse è molto varia: ne fanno parte le polveri sospese, il materiale organico disperso dai vegetali (pollini e frammenti di piante), il materiale inorganico prodotto da agenti naturali (vento e pioggia), dall'erosione del suolo o dei manufatti (frazione più grossolana), etc. Nelle aree urbane il materiale particolato di natura primaria può avere origine da lavorazioni industriali (cantieri edili, fonderie, cementifici), dall'usura dell'asfalto, degli pneumatici, dei freni, delle frizioni e dalle emissioni di scarico degli autoveicoli, in particolare quelli dotati di motore a ciclo diesel. Una componente significativa del particolato di minori dimensioni ha inoltre origine da processi secondari, che comportano la trasformazione in particelle di inquinanti originariamente emessi in forma gassosa.

Gli studi epidemiologici hanno mostrato una correlazione tra le concentrazioni di polveri in aria e la manifestazione di malattie croniche alle vie respiratorie, in particolare asma, bronchiti ed enfisemi. A livello di effetti indiretti, inoltre, il particolato fine agisce da veicolo di sostanze ad elevata tossicità, quali ad esempio gli idrocarburi policiclici aromatici e i metalli.

Il rischio sanitario legato alle sostanze presenti in forma di particelle sospese nell'aria dipende, oltre che dalla loro concentrazione, anche dalla dimensione delle particelle stesse. Le particelle di dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana, in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. In prima approssimazione:

- le particelle con diametro superiore ai 10 µm si fermano nelle prime vie respiratorie;
- le particelle con diametro tra i 5 e i 10 µm raggiungono la trachea e i bronchi;
- le particelle con diametro inferiore ai 5 µm possono raggiungere gli alveoli polmonari.

I valori bersaglio, obiettivo e le soglie di informazione e sono riportati nella TABELLA 16.

PM10 - VALORE LIMITE DI 24 ORE		
Periodo di mediazione	Valore limite (condizioni di campionamento)	Data entro la quale il valore limite deve essere rispettato
24 ore	50 µg/m ³ PM10 non superare più di 35 volte per anno civile	1 gennaio 2005
PM10 - VALORE LIMITE ANNUALE		
Periodo di mediazione	Valore limite (condizioni di campionamento)	Data entro la quale il valore limite deve essere rispettato
Anno civile	40 µg/m ³ PM10	1 gennaio 2005
PM2,5 FASE 1 ⁴ - VALORE LIMITE ANNUALE		
Periodo di mediazione	Valore limite (condizioni di campionamento)	Data entro la quale il valore limite deve essere rispettato
Anno civile	25 µg/m ³ PM2,5	1 gennaio 2015

TABELLA 16: D.Lgs. 13/8/2010 n. 155, valori limite per il PM10 e il PM2,5

ESAME DEI DATI

Frazione PM10 e PM2,5

Nel 2012 i valori medi annuali diminuiscono lievemente rispetto all'anno precedente nella quasi totalità delle stazioni di monitoraggio, così anche il numero di superamenti del valore limite di 24 ore. Come nel 2011 le precipitazioni si sono concentrate in pochi episodi (in particolare il 27-28 novembre) e solo grazie a questi nell'anno si è stati solo di poco al di sotto della norma climatica, pertanto i valori medi di PM10 e PM2,5 registrati sono stati sostanzialmente stabili rispetto al 2011. I dati di PM10 sul lungo periodo (dal 2000, FIGURA 12) presentano andamento decrescente, con un decremento medio annuale di circa 2 µg/m³; attualmente i valori medi annuali oscillano intorno ai

⁴ Il Decreto Legislativo 155/2010, che ha sostituito il DM 60/2002, ha poi previsto una fase 2 per il PM2,5, da raggiungere entro il 2020, con un valore limite più restrittivo che sarà stabilito con successivo decreto, tenuto conto del valore indicativo di 20 µg/m³ e delle verifiche effettuate dalla Commissione Europea alla luce di ulteriori informazioni circa le conseguenze sulla salute e sull'ambiente, la fattibilità tecnica e l'esperienza circa il perseguimento del valore obiettivo negli Stati membri.

50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nelle stazioni di Torino e ai 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nelle stazioni esterne alla città di Torino. La media annuale nel 2012 della stazione di Torino-Grassi non è stata inserita poiché per motivi tecnici la percentuale dei dati validi è del 60 %, mentre la normativa richiede che sia almeno del 90%.

In FIGURA 13 si osserva che il valore limite annuale di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ non viene rispettato nelle centraline da traffico della città di Torino, a Borgaro, a Carmagnola e a Settimo. Nelle stazioni di fondo di Torino la media annua è rispettata a Torino-Rubino mentre è poco al di sopra del limite a Torino-Lingotto. La stazione di Beinasco, installata per monitorare la qualità dell'aria nell'area di massima ricaduta dell'inceneritore TRM, è stata avviata nel settembre 2012, pertanto la media è relativa a poco più di tre mesi e non rappresentativa dell'intero anno. Lo stesso dicasi per la stazione di Oulx, avviata in ottobre. Nella stazione di Torino-Grassi invece per motivi tecnici si sono ottenuti solo il 60% dei dati validi. Considerando l'insieme delle stazioni provinciali esistenti in entrambi gli anni 2011-2012, si osserva un decremento delle concentrazioni medie del 6% rispetto al 2011.

In FIGURA 14 sono riportate le medie mensili per tre stazioni rappresentative della rete provinciale; le concentrazioni maggiori si misurano in inverno, periodo in cui si aggiungono le emissioni degli impianti di riscaldamento e contemporaneamente si verificano le condizioni meteorologiche più sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti. Nel 2012 i mesi più critici sono stati gennaio, febbraio, e dicembre viste le scarse precipitazioni (ad esclusione dell'episodio alluvionale di novembre) e la elevata stabilità atmosferica. Particolarmente critico è stato il mese di febbraio, ed in particolare il giorno 18, nel quale in tutte le stazioni di Torino e a Carmagnola i valori misurati sono stati superiori a 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; il picco massimo si è verificato nella stazione di fondo di Torino-Lingotto (233 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), che dal 2006 non registrava valori di tale entità. Nel mese di febbraio, infatti, dopo le nevicate verificatesi tra il 28 gennaio e il 2 febbraio, si è assistito ad una diminuzione dei valori di temperatura che hanno contribuito a mantenere intatto il manto nevoso al suolo, e quindi a generare fenomeni di inversione termica che hanno portato ad un progressivo aumento dei valori giornalieri, fino ai picchi di PM10 tra il 17 e il 20 febbraio verificatisi in tutte le stazioni della provincia di Torino, anche in stazioni di fondo urbano non direttamente soggette a fonti primarie di emissione.

Nei mesi da aprile a settembre, in cui prevalgono condizioni di instabilità atmosferica favorevoli alla dispersione degli inquinanti, anche nelle stazioni più critiche i valori medi risultano al di sotto dei 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Il Decreto Legislativo 155/2010 stabilisce anche un limite giornaliero (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e un numero massimo di superamenti di tale valore nel corso dell'anno, pari a 35. Tale limite risulta più stringente di quello annuale e pertanto nella maggior parte delle stazioni non è rispettato. Il numero maggiore di superamenti del limite giornaliero è stato di 137 a Carmagnola, ma anche nelle stazioni di fondo urbano di To-Lingotto e To-Rubino la situazione si mostra critica con 94 e 83 superamenti rispettivamente. La stazione di Carmagnola da novembre 2011 è stata spostata da piazza di Vittorio in piazza I Maggio, sito influenzato dall'intenso traffico veicolare di due arterie stradali importanti, la SR 20 e SP129, nel quale è rilevante la circolazione di veicoli pesanti. I veicoli pesanti sono alimentati quasi esclusivamente dal carburante diesel, la cui combustione è la principale sorgente di PM10 derivante da traffico veicolare, pertanto questo ha determinato concentrazioni di particolato molto elevate. Il numero di superamenti a Torino-Grassi è invece sottostimato in quanto il campionatore non ha funzionato per alcuni giorni di gennaio e febbraio, mentre storicamente è superiore a quelli registrati a Torino-Consolata.

PM10 - ANDAMENTO STORICO DEL VALORE MEDIO ANNUALE
stazioni di TO-Consolata e TO-Grassi

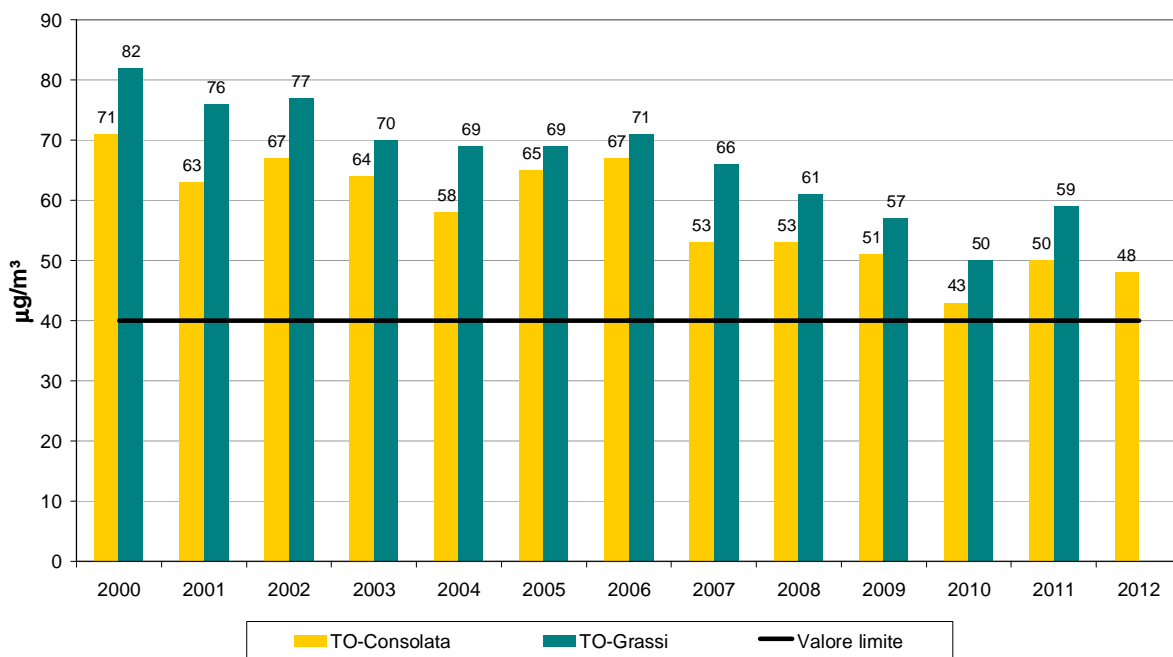


FIGURA 12: parametro PM10, concentrazioni medie annue rilevate nella città di Torino nel periodo 2000-2012.

PM10 2012
Verifica del rispetto del valore limite annuale per la protezione della salute

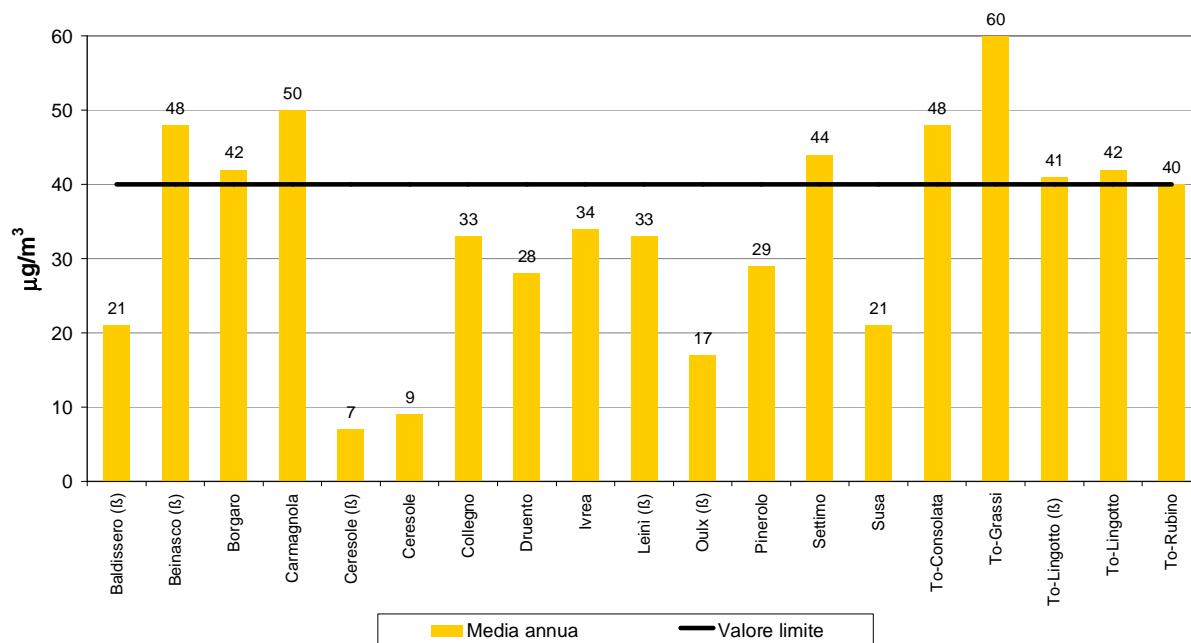


FIGURA 13: valore medio annuale misurato presso le stazioni di monitoraggio provinciali.

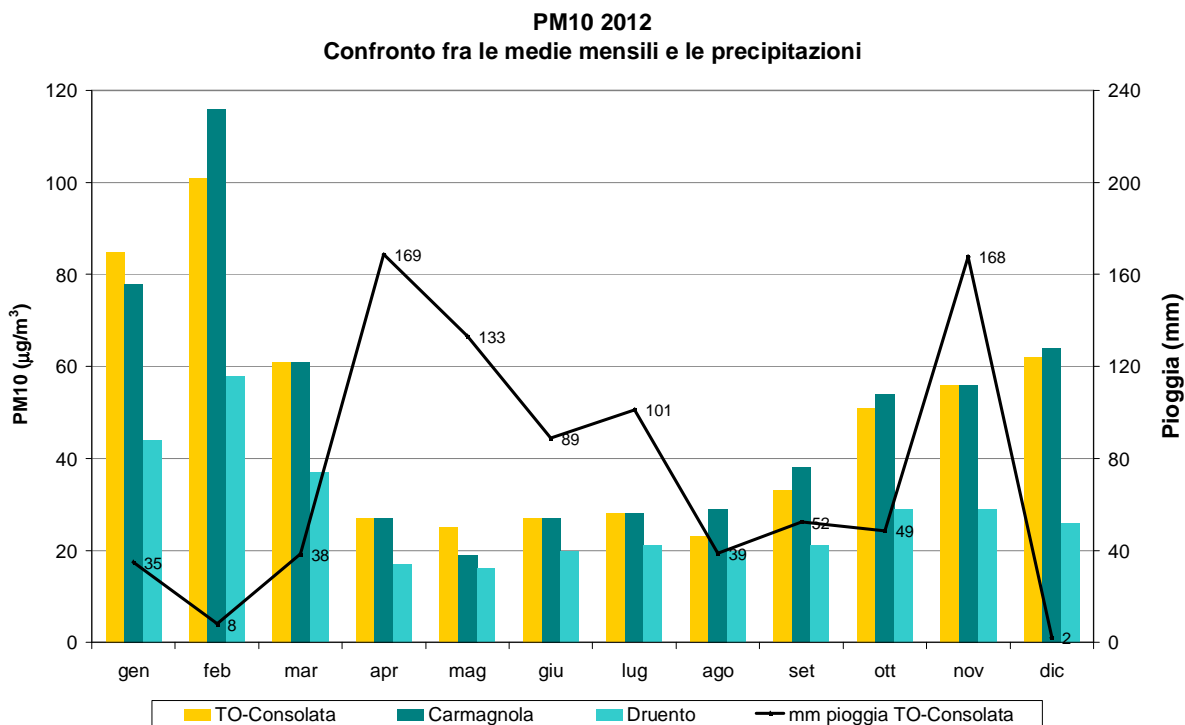


FIGURA 14: andamento delle precipitazioni atmosferiche e delle concentrazioni di PM10 in alcune stazioni della Provincia di Torino nell'anno 2012.

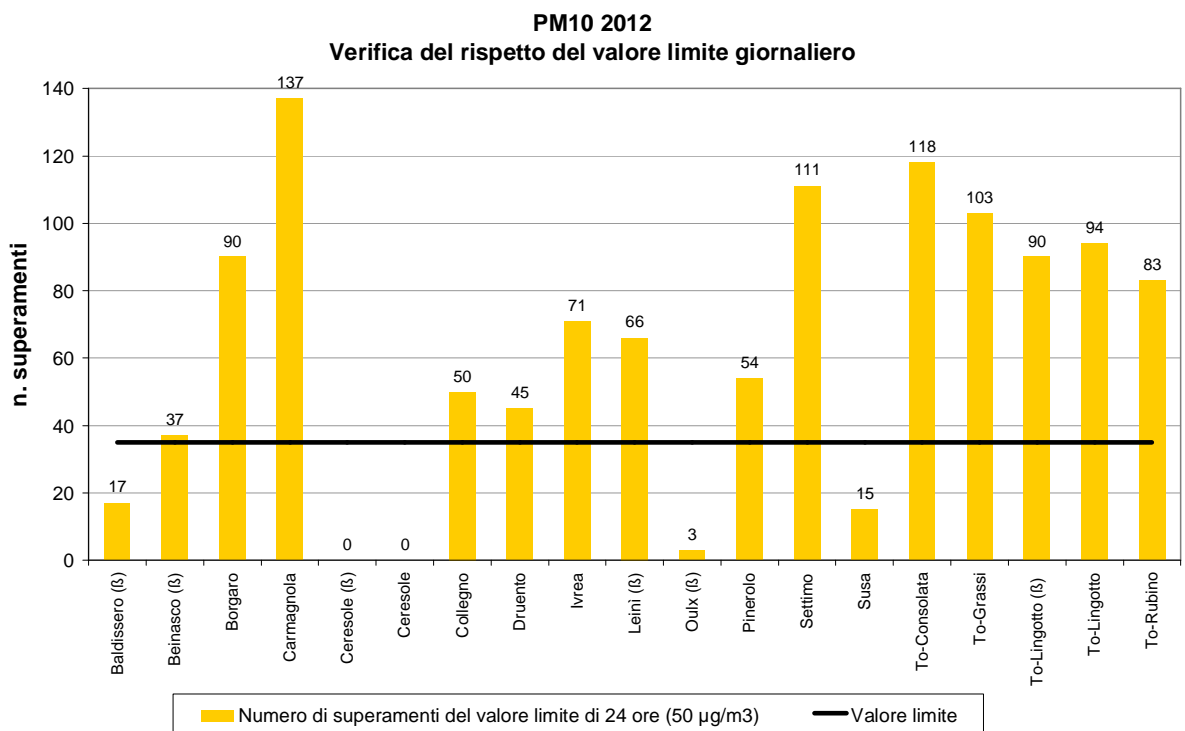


FIGURA 15: parametro PM10, numero di superamenti del limite di 24 ore per la protezione della salute (50 µg/m³ come media giornaliera).

Negli ultimi anni la normativa ha preso in considerazione anche le particelle di minori dimensioni e il decreto legislativo 155/2010 ha introdotto un valore limite per il PM2,5 (la cosiddetta frazione fine del particolato) pari a 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2015. La rete della Provincia di Torino nel corso degli anni è stata arricchita di numerosi campionatori, infatti oltre a quelli "storici" delle stazioni di Torino – Lingotto e Leini, attivi da sette anni, ora il monitoraggio del PM2,5 avviene in ulteriori sei siti, scelti per rappresentare varie situazioni emissive (TABELLA 17). Da settembre 2012

inoltre Arpa Piemonte gestisce la stazione di Beinasco-Aldo Mei, di proprietà TRM, installata per monitorare la zona di massima ricaduta dell'inceneritore.

Su base annuale la concentrazione media di PM_{2,5} nella stazione di Torino – Lingotto e di Leinì è di 31 µg/m³, quindi al di sopra del valore limite, con un valore molto simile a quello dell'anno scorso (32 µg/m³). Tuttavia dal 2006 si osserva, analogamente al PM₁₀, un trend in lieve diminuzione. I dati di Borgaro e Ivrea sono analoghi a quelli di Leinì essendo rappresentative di zone di fondo suburbano. La stazione di Ceresole invece rappresenta un'area rurale non soggetta ad emissioni antropiche e pertanto ha valori minimi. Le stazioni di Beinasco (TRM) e Chieri sono state attivate nell'autunno 2012 e quindi il dato non è da considerarsi come media annuale. La stazione di Settimo T.se registra il massimo valore annuo (37 µg/m³), essendo posta in una zona coinvolta direttamente da traffico veicolare.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2012 (% giorni validi)	PM _{2,5} – VALORE MEDIO ANNUO						
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Beinasco – TRM (B)	24%	-	-	-	-	-	-	38*
Borgaro	94%	-	-	-	-	25*	33	31
Ceresole Reale (B)	58%	-	-	-	-	-	-	5*
Ceresole Reale	69%	-	-	-	-	6*	7	9*
Chieri	23%	-	-	-	-	-	-	43*
Ivrea	92%	-	-	-	-	-	28*	27
Leinì (B)	73%	33*	40*	35*	34*	29*	29*	29*
Settimo	93%	-	-	-	-	-	-	37
TO - Lingotto	95%	40	36*	35	33	29	35	33

(*) Rendimento strumentale inferiore al 90%

TABELLA 17: parametro PM_{2,5}, valutazione statistica anni 2006-2012.

PM₁₀ E PM_{2,5} CONFRONTO DELLE MEDIE MENSILI Stazione di Torino Lingotto - anno 2012

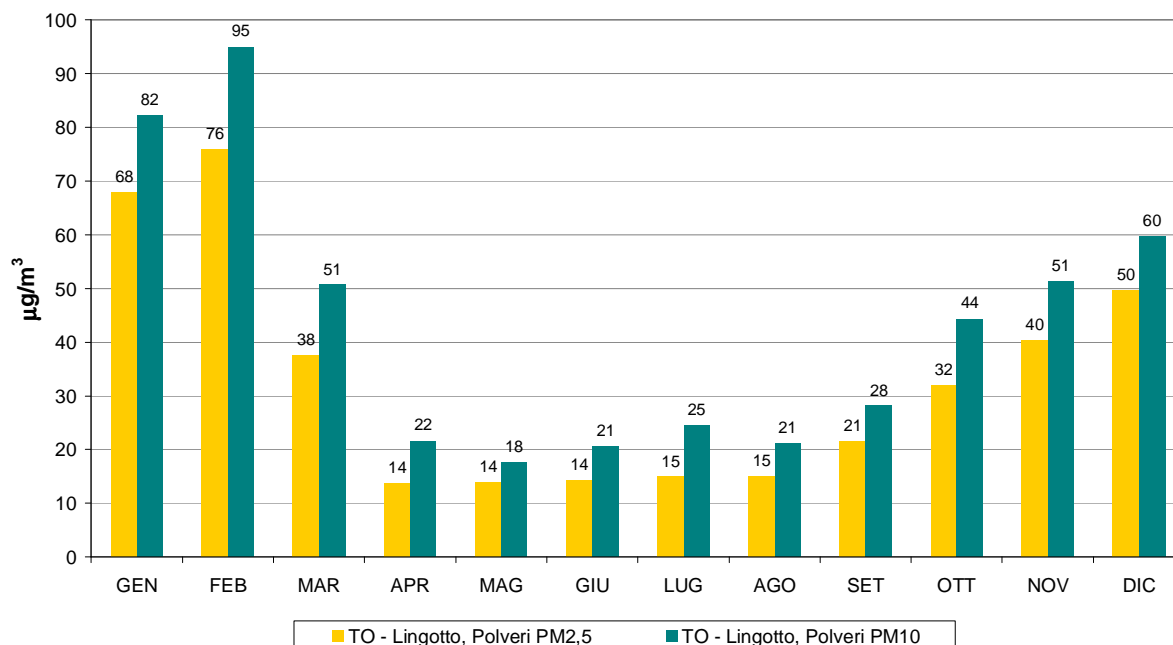


FIGURA 16: confronto tra PM_{2,5} e PM₁₀ presso la stazione di Torino – Lingotto.

In FIGURA 16 sono riportati i valori mensili di PM_{2,5} a confronto con quelli di PM₁₀ a Torino – Lingotto, prendendo in considerazione solo i giorni in cui entrambi gli strumenti erano funzionanti.

In questa stazione, ed in generale in quelle di fondo urbano, la frazione più fine incide mediamente in maniera maggiore nei mesi freddi, mentre nei mesi estivi è percentualmente meno alta rispetto al PM₁₀. Nel 2012 nella stazione di Torino Lingotto il PM_{2,5} costituisce in media circa l'80% del PM₁₀ nel semestre freddo e il 70% nel semestre caldo.

Tale fenomeno, confermato dalle analisi sulla serie storica, è attribuibile al fatto che la componente secondaria del particolato si concentra maggiormente nella frazione PM_{2,5}.

La formazione secondaria del particolato a partire da sostanze gassose (i "precursori") è favorita dall'irraggiamento solare, ma occorre considerare che nei mesi freddi la concentrazione al suolo degli inquinanti precursori (idrocarburi, ossidi di azoto, ecc.) è maggiore sia a causa delle condizioni meteorologiche di stabilità atmosferica sia per il contributo degli impianti di riscaldamento.

Ciò vale in particolare nel caso dei nitrati, che sono una delle componenti principali del particolato secondario. Come evidenziato dai risultati del progetto iMonitraf!, descritti nell'edizione 2011 di "Uno sguardo all'aria", i nitrati si concentrano maggiormente nelle frazioni inferiori a 1,5 μm e nei mesi freddi arrivano a costituire circa il 25% in massa del PM10. Il nitrato d'ammonio, che è la forma prevalente, è un composto semivolatile, per cui in condizioni di bassa temperatura (in autunno-inverno) è favorita la sua condensazione in fase particolato⁵. Nei mesi freddi aumenta inoltre l'emissione di ossidi di azoto a causa dell'accensione degli impianti di riscaldamento e sono meno intensi i processi di fotolisi dell'acido nitrico aerodisperso, la cui presenza è necessaria alla formazione dei nitrati in fase particellare.

Un altro fattore che può risultare rilevante sulla distribuzione dimensionale delle particelle è la velocità del vento, che mediamente aumenta da marzo ad agosto e quindi può incrementare il risollevarsi della frazione più grossolana del particolato nel periodo estivo.

Il ruolo dell'irraggiamento solare quale fattore influenzante la formazione del particolato più fine è più evidente nella stazione di Ceresole Reale, lontana da fonti di emissione e posta a una quota più elevata dell'altezza dello strato rimescolato invernale, da cui hanno origine le elevate concentrazioni del particolato misurate in pianura durante i mesi freddi. In questa stazione si osserva che l'andamento delle medie mensili è opposto a quello delle stazioni collocate in ambiti urbani di pianura: mentre in queste ultime i valori massimi di PM_{2,5} si registrano in inverno, a Ceresole i valori mensili massimi si verificano nella stagione estiva, in corrispondenza della massima insolazione.

Particelle sospese totali

L'attenzione normativa si è incentrata negli ultimi anni sulla frazione di particolato PM10 e PM_{2,5}, in quanto gli studi tossicologici ed epidemiologici hanno evidenziato che le particelle di minori dimensioni sono quelle più dannose per la salute umana. Le particelle sospese totali, che precedentemente al recepimento delle Direttive Europee costituivano il parametro di riferimento di legge, sono ancora misurate presso la stazione di TO - Consolata. L'esame dell'andamento della concentrazione delle polveri totali, vista la lunga serie storica di dati, è utile per avere un'indicazione del trend relativo al PM10 anche in periodi nei quali questo parametro non veniva misurato. Infatti come si osserva in FIGURA 17, in cui per la stazione di TO-Consolata sono riportate le medie annuali di PTS e PM10, il PM10 costituisce circa il 70% delle polveri totali.

In FIGURA 17 per il PTS sono riportate le concentrazioni medie annue rilevate in più di 30 anni di monitoraggio. I valori che si misurano oggi sono molto minori rispetto agli anni '80; dal 1999 al 2006 si sono stabilizzati intorno ai 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre negli ultimi tre anni si sono registrati i valori più bassi mai misurati presso questa stazione, intorno ai 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con un minimo nel 2010, data la eccezionale piovosità di quell'anno. Nel 2012 la media annuale è stata di 62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, confermando il trend in miglioramento su lungo periodo.

La diminuzione registrata rispetto ai primi anni di rilevamento è stata ottenuta grazie al trasferimento all'esterno dell'area metropolitana e alla chiusura di alcuni impianti industriali di notevole impatto ambientale, alla progressiva sostituzione con il metano di combustibili altamente inquinanti, quali l'olio combustibile e il carbone, alla diminuzione del biossido di zolfo, precursore del particolato e al miglioramenti tecnologici nelle emissioni degli autoveicoli.

⁵ Perrone Maria Grazia et al, Seasonal variations in chemical composition and in vitro biological effects of fine PM from Milan, March 2010, Chemosphere, Volume 78, Issue 11, pag 1368-1377

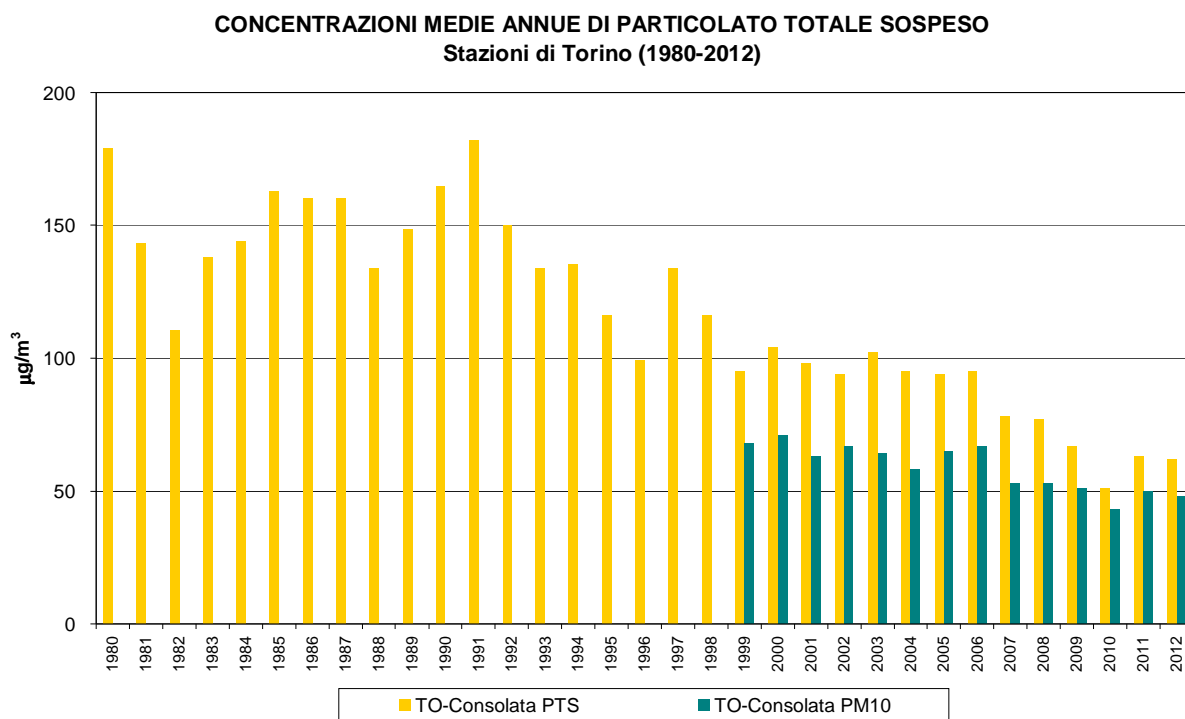


FIGURA 17: parametro PTS, medie annuali misurate nelle stazioni di Torino dal 1980 al 2012.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2012 (% giorni validi)	PM10 – VALORE MEDIO ANNUO Valore limite annuale: 40 µg/m ³										PM10- NUMERO DI SUPERAMENTI del valore limite di 24 ore (50 µg/m ³)									
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Baldissero (β)	95%	-	-	-	23*	22	22	19	20	23	21	-	-	-	9*	16	31	16	13	33	17
Borgaro	86%	43	46	51	56	46	43	41	37	43	42*	103	130	143	161	118	93	101	83	107	90*
Carmagnola	98%	58	47	47	61	50*	48	50	44	49	50	170	107	125	171	130*	124	131	118	130	137
Ceresole Reale (β)	92%	-	-	-	-	-	-	-	6*	7*	7	-	-	-	-	-	-	-	0*	0*	0
Ceresole Reale	66%	-	-	-	-	-	-	-	7*	8*	9*	-	-	-	-	-	-	-	0*	0*	0*
Collegno	77%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50*
Druento	97%	33*	31*	36	38	32	32	32*	27	31	28	59*	46*	83	77	63	56	52*	38	63	45
Ivrea	95%	-	-	-	-	39*	34	33	28	35	34	-	-	-	-	89*	73	71	53	82	71
Leini (β)	96%	-	-	-	43*	46*	44*	39*	35*	36*	33	-	-	-	52*	97*	94*	81*	61*	74*	66
Oulx (β)	99%	-	-	-	27	20	20*	18	19	20	17	-	-	-	31	6	18*	3	7	11	3
Pinerolo	98%	38	38*	42	43	37	36	32*	28*	32	29	84	77*	102	96	74	66	61*	29*	57	54
Settimo	95%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	111
Susa	98%	34*	30	29	30	22	25	21	22	23	21	59*	42	43	40	27	39	16	21	24	15
To – Consolata	98%	64	58	65	67	53	53	51	43	50	48	185	173	199	184	146	124	123	102	134	118
To – Grassi	60%	70*	69	70*	71	66	61	57	50	59	60*	200*	213	197*	194	190	150	151	131	158	103*
To – Lingotto (β)	85%	-	-	43	64	61*	43	41	34	48*	41*	-	-	98	172	147*	90	92	72	95*	90*
To – Lingotto	92%	-	-	-	-	-	-	-	36	44	42	-	-	-	-	-	-	-	80	106	94
To – Rubino	89%	-	-	-	-	47*	43	44*	39	47	40*	-	-	-	-	95*	90	96*	83	111	83*

(*) Rendimento strumentale inferiore al 90%

TABELLA 18: parametro PM10, valutazione statistica anni 2000-2012.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2012 (% giorni validi)	PTS – VALORE MEDIO ANNUO									
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Torino – Consolata, PTS	87%	102*	95*	95*	95*	78*	77*	67*	51	63	62*

(*) Rendimento strumentale inferiore al 90%

TABELLA 19: parametro polveri totali (PTS), valutazione statistica anni 2000-2012

METALLI

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

M. Maringo ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.

DESCRIZIONE

I metalli pesanti costituiscono una classe di sostanze inquinanti estremamente diffusa nelle varie matrici ambientali. La loro presenza in aria, acqua e suolo può derivare da fenomeni naturali (erosione, eruzioni vulcaniche), ai quali si sommano gli effetti derivanti da tutte le attività antropiche.

Riguardo l'inquinamento atmosferico i metalli che maggiormente preoccupano sono generalmente As (arsenico), Cd (cadmio), Co (cobalto), Cr (cromo), Mn (manganese), Ni (nichel) e Pb (piombo), che sono veicolati dal particolato atmosferico.

La loro origine è varia. Cd, Cr e As provengono principalmente dalle industrie minerarie e metallurgiche; Cu dalla lavorazione di manufatti e da processi di combustione; Ni dall'industria dell'acciaio, della numismatica, da processi di fusione e combustione; Co e Zn da materiali cementizi ottenuti con il riciclaggio degli scarti delle industrie siderurgiche e degli inceneritori. L'incenerimento dei rifiuti può essere una fonte di metalli pesanti quali antimonio, cadmio, cromo, manganese, mercurio, stagno, piombo.

L'effetto dei metalli pesanti sull'organismo umano dipende dalle modalità di assunzione del metallo, nonché dalle quantità assorbite. Alcuni metalli sono oligoelementi necessari all'organismo per lo svolgimento di numerose funzioni quali il metabolismo proteico (Zn), quello del tessuto connettivo osseo e la sintesi dell'emoglobina (Cu), la sintesi della vitamina B12 (Co) e altre funzioni endocrino-metaboliche ancora oggetto di studio. L'assunzione eccessiva e prolungata di tali sostanze, invece, può provocare danni molteplici a tessuti ed organi.

L'avvelenamento da zinco si manifesta con disturbi al sistema nervoso centrale, anemia, febbre e pancreatite. Il rame, invece, produce alterazioni della sintesi di emoglobina e del tessuto connettivo osseo oltre a promuovere epatiti, cirrosi e danni renali. L'intossicazione da cobalto provoca un blocco della captazione dello iodio a livello tiroideo con conseguente gozzo da ipotiroidismo, alterazioni delle fibre muscolari cardiache e disturbi neurologici. Cromo e nichel, sono responsabili, in soggetti predisposti, di dermatiti da contatto e di cancro polmonare. L'enfisema polmonare (per deficit di $\alpha 1$ antitripsina) è la principale manifestazione dell'intossicazione cronica da cadmio, cui generalmente si accompagnano danni ai tubuli renali e osteomalacia. Sia il piombo, che l'arsenico, inoltre, sono responsabili di numerose alterazioni organiche. L'avvelenamento cronico da piombo (saturnismo), ad esempio, è responsabile di anemia emolitica e danni neurologici.

Tra i metalli che sono più comunemente monitorati nel particolato atmosferico, quelli di maggiore rilevanza sotto il profilo tossicologico sono il nichel, il cadmio e il piombo. I composti del nichel e del cadmio sono classificati dalla Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro come cancerogeni per l'uomo; l'Organizzazione Mondiale della Sanità stima che, a fronte di una esposizione ad una concentrazione di nichel nell'aria di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per l'intera vita, quattro persone su diecimila siano a rischio di contrarre il cancro.

Nella TABELLA 20 sono riportati i valori obiettivo per As, Cd e Ni e il valore limite per la protezione della salute umana per il Pb previsti dal D.Lgs. 13/8/2010 n. 155.

PIOMBO (Pb) – VALORE LIMITE		
Periodo di mediazione	Valore limite (condizioni di campionamento)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Anno civile	0,5 µg/m ³	1 gennaio 2005

ARSENICO (As) – VALORE OBIETTIVO		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	6 ng/m ³	31 dicembre 2012

CADMIO (Cd) – VALORE OBIETTIVO		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	5 ng/m ³	31 dicembre 2012

NICHEL (Ni) – VALORE OBIETTIVO		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	20 ng/m ³	31 dicembre 2012

TABELLA 20: D.Lgs. 13/8/2010 n. 155, valori limite e valori obiettivo per i metalli.

ESAME DEI DATI

I dati riportati nelle tabelle poste a conclusione del capitolo si riferiscono alle concentrazioni medie annuali di arsenico, cadmio, nichel e piombo determinate nel materiale particolato aerodisperso (frazione PM10 e, nel caso della stazione TO-Lingotto, anche frazione PM2,5) campionato in 11 stazioni ubicate in provincia di Torino. In ottemperanza al piano regionale di revisione della rete di monitoraggio vi sono state alcune variazioni, per cui non è più disponibile il dato di metalli relativo alle stazioni di Pinerolo e P.zza Rivoli, mentre a partire da gennaio 2012 la determinazione di tali parametri è effettuata anche nella stazione di Torino Rebaudengo. Le concentrazioni di As, Cd e Ni sono espresse in ng/m³, quelle relative al Pb in µg/m³.

I limiti previsti dal D.Lgs. 155 del 13/8/2010 sono rispettati per tutti i parametri in tutti i siti monitorati, che dopo l'interruzione del trend in costante diminuzione osservato nel corso del 2011 sono tornati in genere ai livelli del 2010.

Nell'anno precedente il peggioramento maggiore si era osservato, a causa delle condizioni meteorologiche, per il cadmio, mentre nel corso dell'anno in esame si registrano valori paragonabili a quelli osservati nel 2009 sia in termini assoluti sia espressi percentualmente rispetto alla concentrazione di polveri (TABELLA 25). Pur mostrando una concentrazione di cadmio significativamente inferiore rispetto al valore obiettivo di 5 ng/m³, la stazione con la concentrazione più elevata risulta Torino-Rebaudengo con un valore pari a 0,42 ng/m³, la cui determinazione è iniziata solo nel 2012 (TABELLA 22). Come la stazione di Torino-Grassi, che storicamente presentava i valori più elevati del territorio provinciale, si trova in una zona ad elevato traffico; per la stazione di Torino-Grassi il dato relativo ai metalli determinati nel 2012 è solo indicativo in quanto a causa di frequenti malfunzionamenti del campionario, spesso avvenuti nel periodo estivo, si dispone solo del 63% di dati validi. I livelli di cadmio più bassi sono stati rilevati nelle stazioni di Susa, Ceresole, Pinerolo e Druento, analogamente agli anni precedenti di osservazione. Nelle altre stazioni del territorio comunale e provinciale i livelli di cadmio risultano piuttosto uniformi con valori che per il 2012 si posizionano tra 0,18 e 0,28 ng/m³. Anche a livello di composizione percentuale si osserva, relativamente a questo metallo, un ritorno alle percentuali del 2009 TABELLA 25.

Anche il nichel mostra un decremento dei valori risultando equivalenti a quelli 2010 che rappresentavano i livelli più bassi finora registrati sul territorio provinciale (TABELLA 23).

Analogamente a tutti gli altri parametri la concentrazione più bassa di nichel è stata rilevata nel sito montano di Ceresole con un valore pari a 1,02 ng/m³; anche Susa è caratterizzata da valori particolarmente bassi, mentre i valori più elevati, tra gli 7 e 8 ng/m³, vengono registrati nelle stazioni di traffico dell'area metropolitana di To-Grassi e To-Consolata a cui quest'anno si aggiunge To-Rebaudengo.

Negli altri siti i valori sono piuttosto uniformi tra 3 e 5 ng/m³, quindi ampiamente inferiore al valore obiettivo di 20 ng/m³. Per quanto riguarda la composizione percentuale nel corso di quest'anno si osserva un particolare impoverimento delle polveri relativamente a questo metallo, infatti nel 2012 per il nichel si sono registrati i valori tra i più bassi di tutti gli anni di osservazione per tutti i siti.

Per quanto riguarda il piombo in FIGURA 18 è riportata la serie storica a partire dagli anni '70. Attualmente i livelli di piombo sono due ordini di grandezza inferiori rispetto ai rilevamenti dei primi anni di monitoraggio. Già a partire dal 2001 le medie annuali sono di un ordine di grandezza inferiori al limite allora previsto dal D.M. 60/2002 (0,5 µg/m³). Anche per il piombo, dopo l'innalzamento osservato nel corso del 2011, i livelli sono tornati a quelli osservati nel 2010. Le stazioni di Ceresole e Susa si confermano essere caratterizzate dai valori di piombo più bassi del territorio provinciale, proprio per la loro localizzazione in zone meno interessate a fonti emmissive antropiche e a fenomeni di inversione termica che determinano l'accumulo degli inquinanti. Analogamente a quanto osservato per il nichel i valori più elevati si registrano nelle stazioni di To-Grassi, To-Consolata e To-Rebaudengo con valori tra 0,013 e 0,020 µg/m³, mentre negli altri siti i valori sono piuttosto uniformi intorno ai 0,006 µg/m³. Anche per il piombo si osserva un impoverimento relativamente alla composizione percentuale che risulta tra quelle più basse finora determinate.

Per quanto riguarda l'arsenico la sua presenza nelle polveri inalabili (TABELLA 21), negli ultimi anni di osservazione risulta generalmente trascurabile, con valori dell'ordine del limite di quantificazione del metodo in tutte le stazioni anche in siti caratterizzati da traffico veicolare o presenza di attività industriali.

I dati relativi alle percentuali in massa di cadmio, nichel e piombo nelle polveri campionate riportati in TABELLA 25 si osserva che il cadmio presenta la stessa percentuale nelle due granulometrie, mentre il nichel è maggiormente presente nella frazione più grossolana e il piombo, a differenza degli anni precedenti, si mostra maggiormente concentrato nel PM_{2,5}. A differenza degli anni precedenti in cui il livello percentuale di nichel presso la stazione di Ceresole risultava piuttosto elevato rispetto alle altre stazioni, per il 2012 si mostra maggiormente allineato agli altri siti.

Nel complesso i dati relativi ai metalli presenti sul particolato aerodisperso mettono in luce una situazione esente da criticità, grazie alla ridotta presenza sul territorio della provincia di Torino di significative attività estrattive e metallurgiche, nonché alla progressiva dismissione di grandi centrali termoelettriche a carbone e ad olio combustibile, che sono le principali sorgenti antropiche di metalli pesanti quali arsenico, cadmio e piombo, con valori che sono tornati a quelli osservati negli anni precedenti dopo il lieve aumento registrato nel corso del 2011.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2012 (% giorni validi)	Concentrazione media annuale di ARSENICO nel materiale particolato aerodisperso (ng/m ³)						
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Borgaro	86%	1,3	0,73	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72*
Carmagnola	98%	1,2	0,74*	0,71	0,71	0,72	0,72*	0,71
Ceresole reale	66%				0,72*	0,73*	0,73*	0,72*
Druento	97%	0,85	0,73	0,71	0,72*	0,72	0,72	0,71
Ivrea	95%		0,73*	0,71	0,72	0,72	0,71	0,72
Susa	98%	0,87	0,73	0,71	0,72	0,72	0,72	0,72
To-Consolata	98%	1,3	0,81	0,71	0,72	0,71	0,72	0,72
To-Grassi	60%	1,3	0,86	0,71	0,71	0,72	0,78	0,73*
To-Lingotto PM10	85%	2,1*	0,74*	0,72*	0,72	0,72	0,73	0,72
To-Lingotto PM2,5	95%	0,84	0,77*	0,72	0,72	0,72	0,73	0,72
To-Rebaudengo	90%							0,71
To-Rubino	89%		0,75*	0,86	0,72*	0,72	1,2	0,72

* percentuale di giorni validi inferiore al 90%

Pinerolo e P.zza Rivoli: determinazione metalli terminata a fine 2011

To-Rebaudengo determinazione metalli iniziata a gennaio 2012

TABELLA 21: concentrazioni medie annuali di arsenico determinate su PM₁₀ e PM_{2,5} 2006-2011.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2012 (% giorni validi)	Concentrazione media annuale di CADMIO nel materiale particolato aerodisperso (ng/m ³)						
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Borgaro	86%	0,57	0,40	0,25	0,19	0,17	0,3	0,21*
Carmagnola	98%	0,54	0,49*	0,33	0,22	0,18	0,27*	0,19
Ceresole reale	66%				0,12*	0,07*	0,07*	0,07*
Druento	97%	0,35	0,28	0,21	0,14*	0,10	0,19	0,11
Ivrea	95%		0,36*	0,28	0,17	0,16	0,29	0,18
Susa	98%	0,29	0,25	0,11	0,10	0,07	0,12	0,10
To-Consolata	98%	0,60	0,53*	0,38	0,25	0,19	0,32	0,28
To-Grassi	60%	0,75	0,69	0,38	0,31	0,23	0,52	0,39*
To-Lingotto PM10	85%	0,67*	0,36*	0,30*	0,25	0,19	0,31	0,26
To-Lingotto PM2,5	95%	0,51	0,40*	0,25	0,24	0,16	0,27	0,21
To-Rebaudengo	90%							0,42
To-Rubino	89%		0,41*	0,29*	0,23*	0,17	0,27	0,23

* percentuale di giorni validi inferiore al 90%
Pinerolo e P.zza Rivoli: determinazione metalli terminata a fine 2011
To-Rebaudengo determinazione metalli iniziata a gennaio 2012

TABELLA 22: concentrazioni medie annuali di cadmio determinate su PM10 e PM2,5 2006-2011.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2012 (% giorni validi)	Concentrazione media annuale di NICHEL nel materiale particolato aerodisperso (ng/m ³)						
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Borgaro	86%	17	8,2	6,1	6,2	4,3	5,2	4,7*
Carmagnola	98%	19	7,2*	4,2	5,0	4,0	5,1*	3,9
Ceresole reale	66%				1,9*	1,2*	1,6*	1,0*
Druento	97%	15*	7,3	4,1	4,3*	3,5	4,0	3,2
Ivrea	95%		6,3*	4,5	5,1	3,6	4,4	3,2
Susa	98%	18	3,8	2,4	2,8	2,5	3,4	2,2
To-Consolata	98%	23*	12	8,2	9,3	8,3	8,3	7,3
To-Grassi	60%	21*	11	8,2	9,4	7,6	8,6	7,9*
To-Lingotto PM10	85%	20*	11*	4,1*	5,7	5,1	5,6	4,8
To-Lingotto PM2,5	95%	12	6,2*	3,4	2,8	2,4	3,3	2,6
To-Rebaudengo	90%							7,2
To-Rubino	89%		8,93*	5,6	6,1*	4,7	5,2	4,8

* percentuale di giorni validi inferiore al 90%
Pinerolo e P.zza Rivoli: determinazione metalli terminata a fine 2011
To-Rebaudengo determinazione metalli iniziata a gennaio 2012

TABELLA 23: concentrazioni medie annuali di nichel determinate su PM10 e PM2,5 – 1999-2011.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2012 (% giorni validi)	Concentrazione media annuale di PIOMBO nel materiale particolato aerodisperso (µg/m ³)						
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Borgaro	86%	0,025	0,015	0,013	0,011	0,010	0,013	0,009*
Carmagnola	98%	0,019	0,014*	0,011	0,010	0,009	0,011*	0,008
Ceresole reale	66%				0,002*	0,002*	0,002*	0,001*
Druento	97%	0,014	0,011	0,007	0,008*	0,007	0,008	0,006
Ivrea	95%		0,014*	0,010	0,010	0,010	0,010	0,006
Susa	98%	0,019	0,014	0,009	0,008	0,007	0,006	0,005
To-Consolata	98%	0,030	0,025	0,016	0,016	0,013	0,015	0,013
To-Grassi	60%	0,042*	0,028*	0,020	0,018	0,017	0,020	0,018*
To-Lingotto PM10	85%	0,025*	0,020*	0,010*	0,012	0,011	0,012	0,009
To-Lingotto PM2,5	95%	0,019	0,017*	0,011	0,010	0,009	0,010	0,010
To-Rebaudengo	90%							0,020
To-Rubino	89%		0,017*	0,011	0,012*	0,011	0,011	0,010

* percentuale di giorni validi inferiore al 90%
Pinerolo e P.zza Rivoli: determinazione metalli terminata a fine 2011
To-Rebaudengo determinazione metalli iniziata a gennaio 2012

TABELLA 24: concentrazioni medie annuali di piombo determinate su PM10 e PM2,5 – 2006-2011.

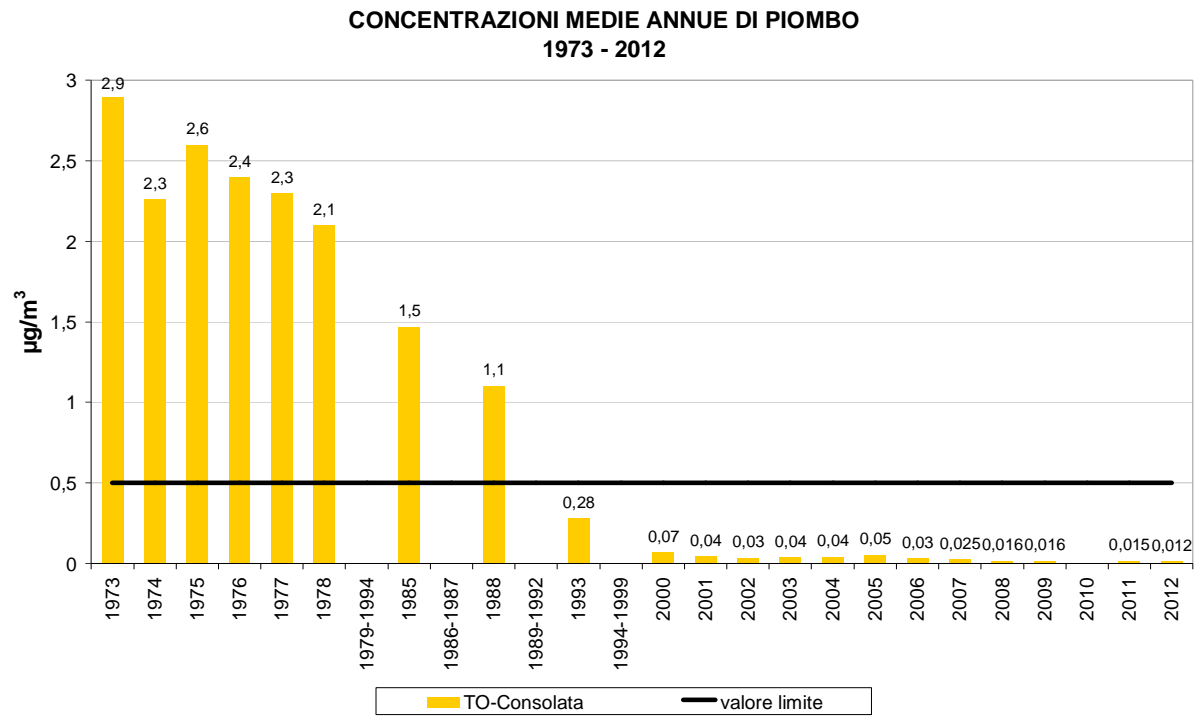


FIGURA 18: parametro piombo, medie annuali misurate presso la stazione di TO-Consolata nel periodo 1973 – 2012.

STAZIONE	Percentuale in massa dei metalli nel particolato																	
	%Cd						%Ni						%Pb					
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Borgaro	0,0009	0,0006	0,0005	0,0005	0,0007	0,0005	0,018	0,014	0,015	0,012	0,012	0,011	0,033	0,030	0,027	0,027	0,030	0,021
Carmagnola	0,0008	0,0005	0,0004	0,0004	0,0005	0,0004	0,030	0,015	0,010	0,009	0,010	0,008	0,045	0,033	0,020	0,020	0,020	0,016
Ceresole			0,0013	0,0010	0,0009	0,0008			0,021	0,018	0,020	0,011			0,022	0,029	0,025	0,011
Druento	0,0009	0,0007	0,0004	0,0004	0,0006	0,0004	0,023	0,013	0,014	0,013	0,013	0,011	0,034	0,022	0,025	0,026	0,026	0,021
Ivrea	0,0009	0,0008	0,0005	0,0006	0,0008	0,0005	0,016	0,013	0,015	0,013	0,013	0,009	0,036	0,029	0,030	0,036	0,029	0,018
Susa	0,0011	0,0004	0,0005	0,0003	0,0005	0,0005	0,017	0,010	0,013	0,011	0,015	0,011	0,064	0,036	0,038	0,032	0,026	0,024
To-Consolata	0,0010	0,0007	0,0005	0,0004	0,0006	0,0006	0,023	0,015	0,018	0,019	0,017	0,015	0,047	0,030	0,031	0,030	0,030	0,027
To-Grassi	0,0010	0,0006	0,0005	0,0005	0,0009	0,0007	0,017	0,013	0,017	0,015	0,015	0,013	0,042	0,033	0,032	0,034	0,034	0,030
To-Lingotto PM10	0,0006	0,0007	0,0006	0,0005	0,0007	0,0006	0,019	0,010	0,014	0,014	0,013	0,011	0,033	0,023	0,029	0,031	0,027	0,021
To-Lingotto PM2,5	0,0011	0,0007	0,0007	0,0006	0,0008	0,0006	0,017	0,010	0,008	0,008	0,009	0,008	0,047	0,031	0,029	0,031	0,029	0,030
To-Rubino	0,0009	0,0007	0,0005	0,0004	0,0006	0,0006	0,019	0,013	0,014	0,012	0,011	0,012	0,036	0,026	0,027	0,028	0,023	0,025

Pinerolo e P.zza Rivoli: determinazione metalli terminata a fine 2011

To-Rebaudengo: composizione percentuale non riportata in quanto per la stazione manca il dato relativo alla concentrazione di PM10

TABELLA 25: percentuale in massa di cadmio, nichel e piombo nel PM10 e nel PM2,5 – confronto anni 2007-2012.

IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

M. Maringo, ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.

DESCRIZIONE

Gli idrocarburi policiclici aromatici, noti come IPA, sono un importante gruppo di composti organici caratterizzati dalla presenza di due o più anelli aromatici condensati. Gli IPA presenti in aria ambiente si originano da tutti i processi che comportano la combustione incompleta e/o la pirolisi di materiali organici. Le principali fonti di emissione in ambito urbano sono costituite dagli autoveicoli alimentati a benzina o gasolio e dalle combustioni domestiche e industriali che utilizzano combustibili solidi o liquidi. Tuttavia negli autoveicoli alimentati a benzina l'utilizzo di marmitte catalitiche riduce l'emissione di IPA dell'80-90%⁶. A livello di ambienti confinati il fumo di sigaretta e le combustioni domestiche possono costituire un'ulteriore fonte di inquinamento da IPA.

In termini generali la parziale sostituzione del carbone e degli oli combustibili con il gas naturale ai fini della produzione di energia ha costituito un indubbio beneficio anche in termini di emissioni di IPA. La diffusione della combustione di biomasse per il riscaldamento domestico, invece, se da un lato ha indubbi benefici in termini di bilancio complessivo di gas serra, dall'altro va tenuta attentamente sotto controllo in quanto la quantità di IPA emessi da un impianto domestico alimentato a legna è 5 -10 volte maggiore di quella emessa da un impianto alimentato con combustibile liquido (kerosene, gasolio da riscaldamento, etc.)⁷.

In termini di massa gli IPA costituiscono una frazione molto piccola del particolato atmosferico rilevabile in aria ambiente (< 0,1%) ma rivestono un grande rilievo tossicologico, specialmente quelli con 5 o più anelli, e sono per la quasi totalità adsorbiti sulla frazione di particolato con diametro aerodinamico inferiore a 2,5 µm.

I dati ricavati da test su animali di laboratorio indicano che molti IPA hanno effetti sanitari rilevanti che includono l'immunotossicità, la genotossicità e la cancerogenicità. Va comunque sottolineato che, da un punto di vista generale, la maggiore fonte di esposizione a IPA, secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità, non è costituita dall'inalazione diretta ma dall'ingestione di alimenti contaminati a seguito della deposizione del particolato atmosferico al suolo. In particolare il benzo(a)pirene, produce tumori a livello di diversi tessuti sugli animali da laboratorio ed è inoltre l'unico idrocarburo policiclico aromatico per il quale sono disponibili studi approfonditi di tossicità per inalazione, dai quali risulta che questo composto induce il tumore polmonare in alcune specie.

L'International Agency for Research on Cancer (IARC)⁸ classifica il benzo(a)pirene nel gruppo 1 come "cancerogeno per l'uomo", il dibenzo(a,h)antracene nel gruppo 2A come "probabile cancerogeno per l'uomo" mentre tutti gli altri IPA sono inseriti nel gruppo 2B come "possibili cancerogeni per l'uomo".

Il valore obiettivo per il benzo(a)pirene è riportato nella TABELLA 26.

BENZO(A)PIRENE – VALORE OBIETTIVO		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	1 ng/m ³	31 dicembre 2012

TABELLA 26: benzo(a)pirene, valori di riferimento e normativa in vigore.

ESAME DEI DATI

La TABELLA 27 riassume le concentrazioni medie annuali rilevate a partire dal 2006 sul territorio provinciale. Le medie annuali indicate in tabella per ogni stazione sono ottenute partendo dalle medie giornaliere, e possono presentare leggere differenze rispetto al valore ricavabile a partire dalle medie mensili a causa del diverso peso statistico dei diversi mesi. Tutti i dati sono confrontabili in quanto in tutti i siti sono state adottate frequenze di prelievo e metodiche analitiche omogenee.

⁶ European Commission Ambient air pollution by PAH –Position Paper , pag 8

⁷ EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2007 pag. B216-29 tab 8.1a e B216-.32 tab 8.2 b

⁸ International Agency for Research on Cancer (IARC) –Agents reviewed by the IARC monographs Volumes 1-100A last updated 2 april 2009

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2012 (% giorni validi)	Concentrazione media annuale di benzo(a)pirene nel materiale particolato aerodisperso (ng/m ³)						
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Borgaro	86%	1,0	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8*
Carmagnola	98%	1,0	0,8*	0,7	0,7	0,7	0,9	0,8
Ceresole Reale	66%	-	-	-	0,2*	0,1*	0,1*	0,1*
Druento	97%	0,4	0,4	0,4	0,5*	0,4	0,4	0,3
Ivrea	95%	-	0,9*	0,7	0,8	0,7	0,8	0,8
Settimo T.se (2)	95%	-	-	-	-	-	-	1,0
Susa	98%	1,0	0,7	0,6	0,6	0,7	0,6	0,5
To - Consolata	98%	1,1	0,6	0,6	0,7	0,6	0,7	0,7
To - Grassi	60%	0,9*	0,9	0,8	0,8	0,8	0,9	1,1*
To - Lingotto PM10	85%	0,6 *(3)	0,7	0,6*	0,6	0,6	0,8	0,7
To - Lingotto PM2,5	95%	0,8	0,6*	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7
To - Rebaudengo (2)	90%	-	-	-	-	-	-	0,9
To - Rubino	89%	-	0,4	0,5	0,6*	0,5	0,8	0,7

* percentuale di giorni validi inferiore al 90%

(1) determinazione IPA terminata a fine 2011

(2) dati determinazione IPA iniziata a gennaio 2012

(3) dati disponibili a partire dal mese di maggio (ciò spiega il valore inferiore a quello del BaP determinato sul PM2,5)

(4) stazione dismessa a fine 2011

TABELLA 27: concentrazioni medie annuali di benzo(a)pirene rilevate su PM10 e PM2,5 – 2006-2012 (ng/m³).

Dai dati si osserva che a partire dal 2007 per il Benzo(a)Pirene il valore obiettivo (1 ng/m³) risulta rispettato in tutte le stazioni della rete provinciale, anche in quelle caratterizzate da traffico intenso; ciò rappresenta un dato certamente positivo in termini di impatto sulla salute. Nel corso del 2012 si nota l'unica eccezione per la stazione di Torino Grassi, nella quale è stato rilevato un valore pari a 1,1 ng/m³; ciò è stato causato dai ripetuti malfunzionamenti del campionario che hanno determinato una resa pari solo al 63%. Inoltre molti dati sono stati persi nel periodo estivo in cui normalmente si registrano i valori più bassi di IPA.

In ottemperanza al piano regionale di revisione della rete di monitoraggio, vi sono state alcune variazioni, per cui non è più disponibile il dato di IPA relativo alle stazioni di Pinerolo e P.zza Rivoli, mentre a partire da gennaio 2012 la determinazione di tali parametri è effettuata nelle stazioni di Settimo T.se e Torino Rebaudengo. Per tali stazioni non è possibile effettuare un confronto con gli anni precedenti, tuttavia si evidenzia che si posizionano tra quelle con i livelli più elevati di B(a)P, infatti a Settimo il valore è pari al limite annuale previsto dalla normativa e a Torino Rebaudengo è appena inferiore.

A settembre 2012 è entrata in funzione anche la stazione di qualità dell'aria denominata Beinasco-TRM, prevista ed installata a seguito del progetto di costruzione e avvio del termovalorizzatore di rifiuti urbani della provincia di Torino (zona Gerbido); in tale stazione è prevista anche la determinazione degli idrocarburi policiclici aromatici, tuttavia nel corso del 2012 vi è stata una copertura pari solo al 29% dei dati per cui non è possibile effettuare una verifica del rispetto dei limiti normativi, pertanto ci si limita ad evidenziare che i valori di B(a)P registrati nei tre mesi di campionamento sono paragonabili a quelli rilevati in stazioni della rete di simile tipologia.

Come negli anni precedenti i valori più bassi sono stati registrati a Druento e Ceresole mentre nella maggior parte degli altri siti i livelli di Benzo(a)Pirene si attestano tra 0,7 e 0,8 ng/m³, pari o leggermente inferiori ai dati relativi al 2011. La stazione di Ceresole pur non disponendo del 90% di dati validi si conferma essere quella con i valori più bassi del territorio provinciale, in quanto si trova lontano da fonti di inquinamento antropogenico e a causa dell'elevata altitudine non risente del confinamento al suolo degli inquinanti legato alle condizioni di stabilità invernali tipiche della pianura.

In FIGURA 19 sono riportate le medie annuali degli IPA totali determinate negli ultimi tre anni. Tralasciando Torino-Grassi in cui vi sono stati i problemi di funzionamento sopra descritti, si nota in generale una diminuzione dei valori rispetto al 2011, che come si evidenzia dal grafico era invece stato caratterizzato da un peggioramento a causa principalmente delle condizioni meteorologiche che non avevano favorito la dispersione degli inquinanti. Gli unici siti che mostrano un valore di IPA totali leggermente superiore al 2011 sono Borgaro e Ivrea, mentre a Druento e Susa risultano inferiori anche rispetto al 2010. Anche il dato di IPA totali mostra come le stazioni di Settimo T.se e Torino Rebaudengo in cui il monitoraggio è iniziato a partire dal 2012, si posizionano tra quelle con i valori più elevati, infatti entrambe si trovano in zone caratterizzate da diverse fonti di inquinamento antropogenico.

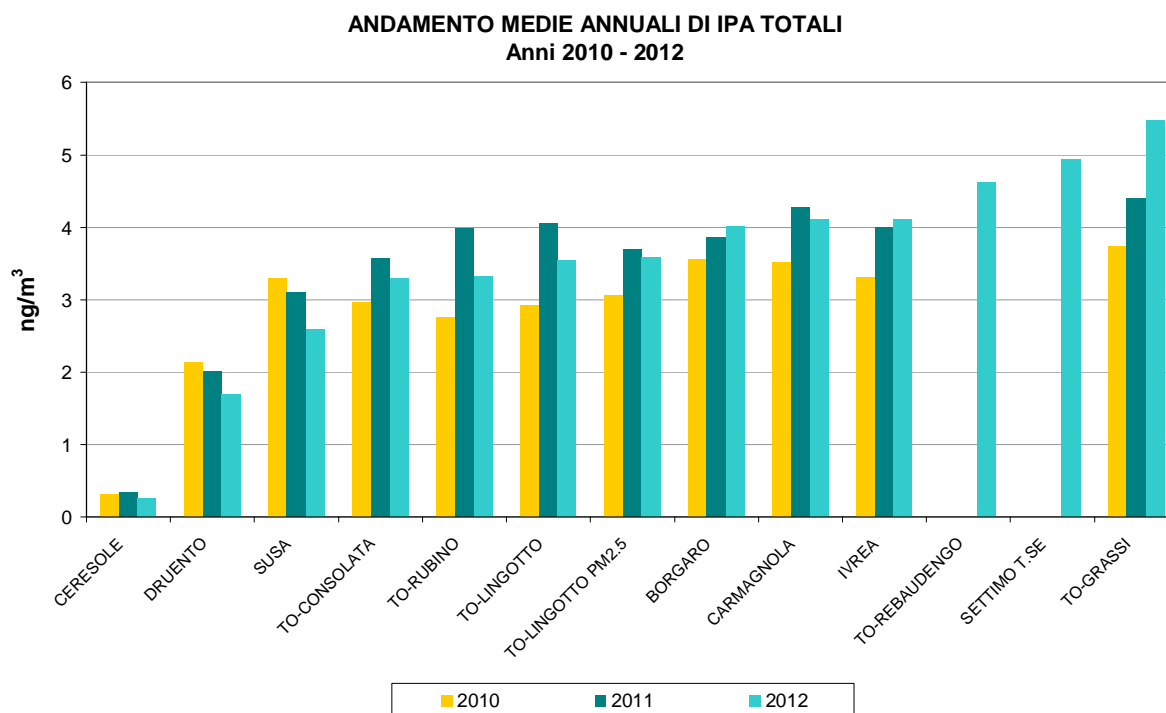


FIGURA 19: andamento medie annuali IPA totali periodo 2010-2012 – Benzo(a)Pirene + Benzo(a)Antracene + Benzo(b,j,k)Fluorantene + Indeno(1,2,3-cd)Pirene.

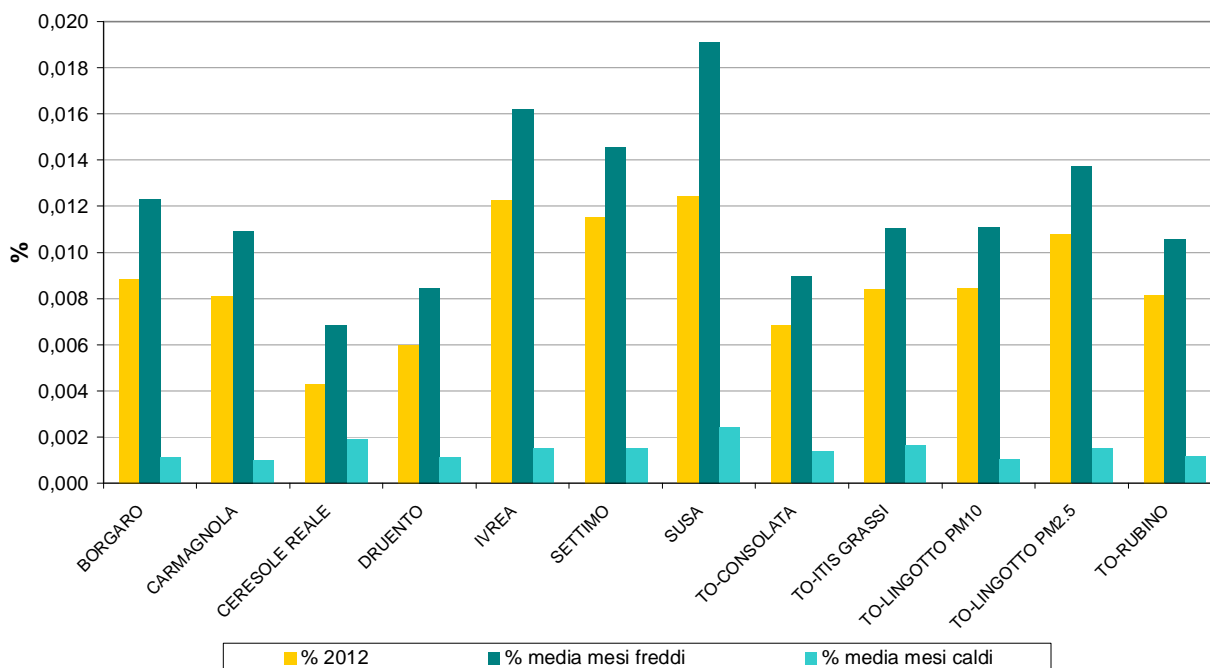
Oltre all'informazione relativa alla quantità totale di IPA rilevata nei vari siti, è interessante conoscere in quale percentuale essi sono presenti nelle polveri campionate⁹. Dalla FIGURA 20 si evidenzia la notevole differenza stagionale nella composizione delle polveri relativamente a questo parametro, infatti nei mesi estivi la radiazione solare contribuisce notevolmente alla degradazione degli IPA per cui si osservano percentuali molto basse e uniformi nei vari siti, mentre nei mesi invernali le polveri risultano maggiormente arricchite di questi composti e, come osservato negli anni precedenti, questo fenomeno risulta particolarmente evidente in alcuni siti extraurbani, probabilmente a causa del maggiore utilizzo di biomasse legnose come combustibile. Ivrea e Susa si confermano le stazioni con percentuali maggiori di IPA nelle polveri, a cui si aggiunge la stazione di Settimo T.se.

Tra le stazioni torinesi il livello percentuale di IPA risulta piuttosto omogeneo; per la stazione di Torino-Lingotto, per la quale è disponibile il dato di IPA determinato sia sul PM10 sia sul PM2,5 è interessante osservare che se da una parte il contenuto medio totale risulta equivalente nelle due granulometrie, dall'altra le polveri più sottili risultano percentualmente più arricchite di composti policiclici aromatici. Come sottolineato negli anni precedenti questo dato conferma la pericolosità delle polveri PM2,5 che oltre ad essere in grado di entrare in profondità nelle vie respiratorie, riescono a veicolare nell'organismo sostanze potenzialmente cancerogene.

La stazione di Ceresole, pur non disponendo del 90% di dati validi, si conferma il sito con i livelli di IPA più bassi sia come valori assoluti sia come presenza percentuale sul PM10.

⁹ Le percentuali utilizzate nelle figure, in riferimento alla media dei mesi freddi e a quella dei mesi caldi, sono calcolate sulla base delle concentrazioni medie giornaliere di IPA e PM10 misurate, rispettivamente, nei mesi di gennaio, febbraio, marzo, ottobre, novembre, dicembre (semestre freddo) e in quelli aprile, maggio, giugno, luglio, agosto, settembre (semestre caldo).

**RAPPORTO PERCENTUALE MEDIO DI I.P.A. SU PM10 E PM2,5
Anno 2012**



* Non calcolata percentuale IPA di Torino-Rebaudengo in quanto manca dato di concentrazione PM10
FIGURA 20: percentuale di IPA totali nel PM10, PM2,5 – anno 2012.

La FIGURA 21 per le stazioni di Druento, Susa e To-Consolata che rappresentano diverse situazioni territoriali, riporta i contenuti percentuali di IPA differenziati per mese di campionamento. Si conferma il basso contenuto percentuale nei mesi caldi con valori equivalenti nelle varie aree territoriali, che invece si differenziano notevolmente nel periodo freddo, in cui a Susa si hanno percentuali circa doppie rispetto a Druento e Torino-Consolata.

**RAPPORTO PERCENTUALE MEDIO I.P.A. SU PM10
Anno 2012**

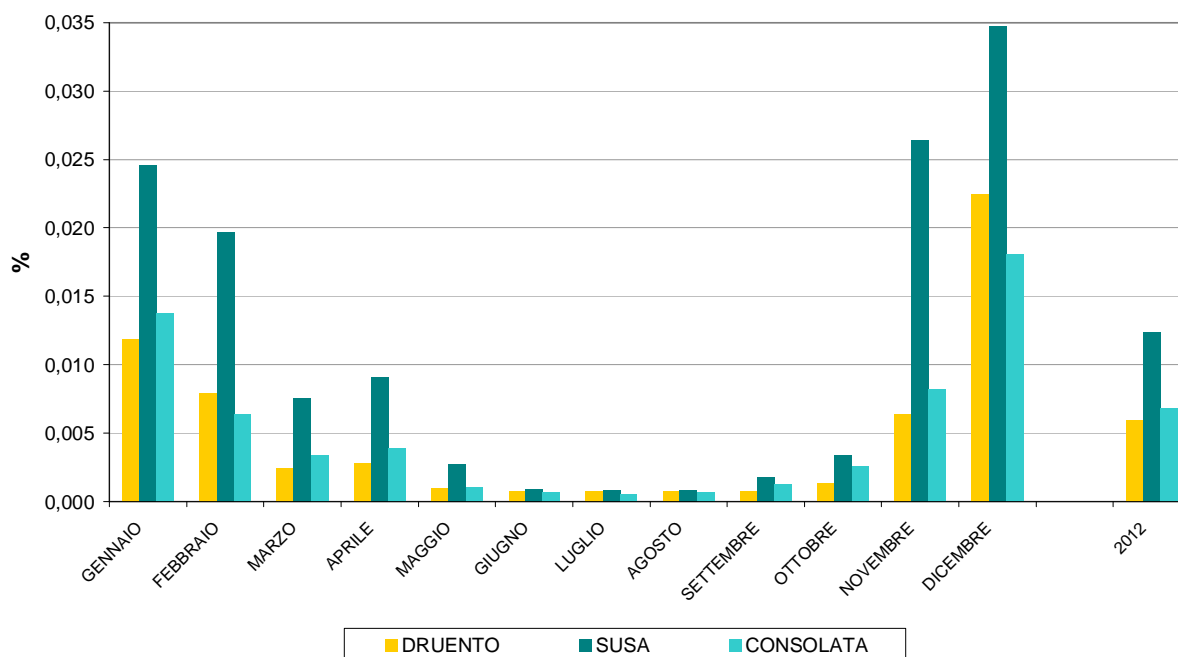


FIGURA 21: percentuale IPA totali nel PM10 – Andamento delle medie mensili – anno 2012.

LA STAZIONE MOBILE DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

G. Castrogiovanni - F. Lollobrigida Arpa Piemonte, Dipartimento di Torino.

La stazione mobile di rilevamento della qualità dell'aria opera ad integrazione della rete di stazioni fisse sull'intero territorio della provincia di Torino. La scelta dei siti di monitoraggio avviene sulla base delle richieste delle amministrazioni comunali e di specifici obiettivi, anche di natura progettuale, individuati dagli organismi di coordinamento ARPA - Provincia di Torino.

Nell'ottica del complessivo rinnovo in senso ecologico del parco autoveicoli di Arpa, nel corso del 2010 è stata acquistata con il contributo della Regione Piemonte un nuovo mezzo a basso impatto ambientale su cui è stata trasferita la strumentazione di misura.

La stazione mobile è dotata di sensori per la misura in continuo di biossido di zolfo, monossido di carbonio, ossidi di azoto, polveri PM10 e PM2,5 ozono, idrocarburi aromatici e dei principali parametri meteorologici. I dati rilevati consentono di integrare le valutazioni relative all'inquinamento atmosferico sul territorio provinciale con informazioni di dettaglio locale e permettono quindi alle amministrazioni comunali di valutare l'adozione di interventi per migliorare la qualità dell'aria del territorio di competenza.

Di norma in ognuno dei siti oggetto del monitoraggio vengono effettuate due campagne della durata di almeno venti giorni ognuna in due diversi periodi, uno nel semestre freddo e uno in quello caldo dell'anno. Ciò consente di tener conto della variabilità delle concentrazioni degli inquinanti aerodispersi legate alla variazione stagionale delle condizioni meteorologiche e in particolare della stabilità atmosferica. Tutti i siti monitorati sono oggetto di specifiche relazioni tecniche curate dal Dipartimento ARPA di Torino; copia delle relazioni è disponibile sia presso tale Dipartimento che presso l'Area Risorse Idriche e Qualità dell'Aria della Provincia di Torino ed è scaricabile via internet agli indirizzi:

- <http://www.provincia.torino.it/ambiente/inquinamento/aria/qualita/mezzo>
- <http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/torino/aria/relazioni-mezzo-mobile/elenco-relazioni-qualita-aria>

Nel corso del 2012 sono state effettuate su richiesta delle competenti amministrazioni comunali campagne nei comuni di Collegno, Airasca, Avigliana, Nichelino, Mathi, Piobesi T.se, Sangano, Piosasco.

La campagna di monitoraggio condotta nel comune di Collegno, è stata realizzata a seguito degli accordi tra Arpa Piemonte e i Comuni di Collegno e Venaria Reale formalizzati attraverso il "Tavolo tecnico di studio degli impatti e pressioni ambientali sul Quartiere Savonera".

Tali accordi prevedono l'analisi delle possibili ricadute sulla qualità dell'aria delle trasformazioni che interesseranno la porzione di territorio compresa tra il Comune di Venaria Reale e Collegno (Quartiere Salvo D'Acquisto e Borgata Savonera). In particolare dopo la realizzazione della centrale termoelettrica di IRIDE "Torino Nord" in prossimità del territorio oggetto dell'indagine ambientale. Per valutare correttamente gli impatti si è deciso di effettuare una serie di campagne di misura prima dell'entrata in servizio della centrale termoelettrica al fine di definire lo stato della qualità dell'aria ante operam (le campagne sono state condotte nel corso del 2011) e, successivamente alla messa in funzione dell'impianto, l'effettuazione di ulteriori campagne nel medesimo sito per la definizione della qualità dell'aria post operam. Le campagne di misura post operam sono state calendarizzate in modo da acquisire informazioni ambientali in differenti condizioni meteorologiche; nello specifico sono state effettuate quattro campagne suddivise fra le quattro stagioni quindi a gennaio, aprile, luglio, e ottobre. Per i risultati di questa attività si rimanda al capitolo "Il progetto di studio delle sorgenti di inquinamento atmosferico nel territorio circostante la centrale termoelettrica Torino Nord".

La II° campagna di monitoraggio nel comune di Airasca è stata realizzata, analogamente alla prima effettuata nel 2011, dalla necessità di controllare l'impatto dovuto alla presenza sul territorio comunale del sito industriale SKF al cui interno la società C&T gestisce una centrale a biomasse, e dalla preoccupazione della popolazione per un presunto peggioramento della qualità dell'aria negli ultimi anni.

Il II° periodo di rilevamento nel comune di Avigliana è stato finalizzato alla descrizione della qualità dell'aria in relazione al traffico veicolare della zona industriale.

La campagna di monitoraggio nel comune di Nichelino è stata proposta allo scopo di avere informazioni puntuali della concentrazione degli inquinanti in aria ambiente con particolare riferimento alle polveri fini PM10 e PM2,5 .

La campagna di monitoraggio nel comune di Piobesi T.se è stata effettuata per avere informazioni puntuali sulla qualità dell'aria nel territorio comunale.

La II° campagna di monitoraggio nel Comune di Mathi è stata richiesta dall'Amministrazione Comunale per una valutazione specifica della qualità dell'aria nel proprio territorio ed in particolare nelle aree maggiormente impattate dal traffico veicolare commerciale, Il sito di monitoraggio si trova in prossimità della zona industriale del paese, quella maggiormente interessata al traffico commerciale, principale fonte di preoccupazione per la qualità dell'aria da parte di abitanti e Amministrazione comunale matiese.

È la seconda volta che viene svolta una valutazione specifica della qualità dell'aria del Comune di Mathi avendo Arpa già effettuato in passato due campagne di monitoraggio sul territorio matiese, a marzo-aprile e a settembre 2005. La relazione conclusiva delle campagne svolte rilevava che le criticità del territorio matiese erano comparabili con quelle di siti simili della provincia di Torino.

La campagna di monitoraggio condotta nel comune di Sangano, finalizzata al controllo della qualità dell'aria, è stata effettuata a seguito degli accordi tra Arpa Piemonte e il Comune di Sangano, che partecipa al progetto Europeo T.A.B. (*Take a breath – Fate un bel respiro*) che ha lo scopo di raccogliere e monitorare dati ambientali per fornire informazioni sulle principali fonti di inquinamento dell'aria.

La campagna di monitoraggio nel comune di Piossasco è stata richiesta per valutare l'impatto del traffico veicolare leggero e pesante sulla strada provinciale 589. Il sito di rilevamento era già stato oggetto di due campagne effettuate nel 2007 e nel 2008 anche con l'ausilio di un contatraffico; dai rilevamenti effettuati nella primavera del 2007 la strada provinciale 589 era stata classificata come "medio/alto volume di traffico" con una media giornaliera di veicolo di 8640 veic/giorno.

Nella TABELLA 28 è riportato il cronoprogramma delle campagne di monitoraggio con l'utilizzo del laboratorio mobile svolte nell'anno 2012.

Anno	Mese	Luogo	Data inizio	Data fine
2012	Gennaio	COLLEGNO - PROG. SAVONERA - via Boves	10/01/2012	14/02/2012
2012	Febbraio	AIRASCA - via Don Romano Grasso	17/02/2012	09/03/2012
2012	Marzo	AVIGLIANA - viale Martin Luther King	20/03/2012	13/04/2012
2012	Aprile	COLLEGNO - PROG. SAVONERA - via Boves	18/04/2012	14/05/2012
2012	Maggio	NICHELINO – P.zza Camandona	15/05/2012	14/06/2012
2012	Giugno	MATHI – via Santa Lucia	18/06/2012	19/07/2012
2012	Luglio - Agosto	COLLEGNO - PROG. SAVONERA - via Boves	24/07/2012	04/09/2012
2012	Settembre	PIOBESI T.se – Corso Italia	06/09/2012	02/10/2012
2012	Ottobre	COLLEGNO - PROG. SAVONERA - via Boves	03/10/2012	25/10/2012
2012	Novembre	SANGANNO – parcheggio San Lorenzo	12/11/2012	12/12/2012
2012	Dicembre	PIOSSASCO – via Susa	12/12/2012	14/01/2013

TABELLA 28: Cronoprogramma campagne laboratorio mobile – anno 2012.

CONSIDERAZIONI SULLE CARATTERISTICHE METEOROLOGICHE DELL'ANNO 2012

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

M. Nicoletta e G. Paesano, ARPA PIEMONTE, Sistemi Previsionali

La relazione "Uno sguardo all'aria" costituisce un utile documento per la conoscenza e la comprensione dei fenomeni di inquinamento atmosferico. A tal fine, oltre alla consueta analisi dei dati chimici rilevati nel corso del 2012, è stata svolta una breve caratterizzazione meteorologica dell'anno in esame, per dare una descrizione a grande scala del tempo meteorologico che ha caratterizzato il Piemonte nel corso di tutto l'anno. Sono stati analizzati i singoli mesi (senza possibilità di raggruppare insieme periodi multi-mensili, come talvolta avveniva nei report degli anni passati), perché la variabilità del 2012 è stata sempre spiccata tra un mese e l'altro e quindi ciascun mese è rimasto contrassegnato da caratteristiche peculiari.

Nella caratterizzazione dei vari periodi temporali del 2012 vengono descritti sommariamente i seguenti parametri meteorologici: andamento delle temperature, delle precipitazioni e dell'altezza del geopotenziale in relazione ai valori climatologici. L'altezza del geopotenziale¹⁰ è un parametro meteorologico fondamentale per caratterizzare sinteticamente la configurazione meteorologica.

I valori climatologici presi come riferimento, per quanto riguarda i dati puntuali misurati a terra sono relativi al periodo 2002–2011; per quanto riguarda i campi in quota sono relativi al periodo 1971–2000 e derivano dalle ri-analisi (note come "archivio ERA40") del Centro Meteorologico Europeo di Reading (ECMWF). Questa climatologia di 30 anni è quella utilizzata a livello internazionale dall'Organizzazione Mondiale della Meteorologia (WMO) come termine di paragone per le analisi climatiche correnti e viene quindi usata qui per tracciare un'analisi delle anomalie e interpretare la fenomenologia del 2012.

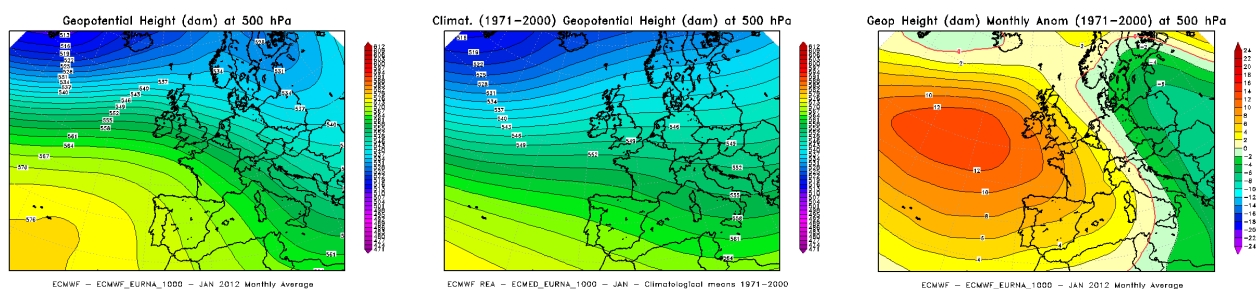
Nel complesso si osserverà come il 2012 sia stato un anno decisamente caldo, il terzo più caldo degli ultimi 55 anni in Piemonte, ma con un'escursione termica molto accentuata lungo l'anno e talvolta anche all'interno del singolo mese. Le precipitazioni, anch'esse con un andamento disomogeneo lungo l'anno, sono rimaste perlopiù inferiori alla media regionale annua.

IL CLIMA DEL 2012

Gennaio

Il 2012 è iniziato con lo stesso andamento meteorologico con cui si era concluso il 2011: il regime con flusso in quota prevalentemente nordoccidentale (cioè stabile e asciutto), instauratosi già da Dicembre 2011, è proseguito per buona parte del mese di Gennaio 2012, a causa di un anticiclone delle Azzorre che è stato molto forte sull'Atlantico e spesso si è esteso a tutta l'Europa occidentale, lasciando scorrere le depressioni nordatlantiche e polari perlopiù dal nord Europa (Penisola Scandinava) verso i Balcani e il Mediterraneo orientale (FIGURA 22).

¹⁰ L'altezza di geopotenziale (qui espressa in decimetri) indica a quale altezza si trova un determinato valore di pressione atmosferica, che nelle mappe mostrate è la pressione di 500 hPa o millibar. In pratica tali mappe sono simili alle carte della pressione al suolo, ma si riferiscono ad una superficie in quota, a circa 5.500 metri. Le linee che uniscono punti di uguale valore di geopotenziale, dette isoipse, possono assumere la forma di "promontori" (simili a montagne) e di "saccature" (simili a valli): i "promontori" sono aree di alta pressione, mentre le "saccature" sono aree di bassa pressione. Il flusso dominante a grande scala è fondamentalmente governato da tale configurazione meteorologica in quota (sinottica), in quanto segue proprio le isolinee di geopotenziale (le "isoipse"), muovendosi da ovest verso est.



[Nella mappa dell'anomalia (ultima mappa a destra) la linea tratteggiata in rosso segna lo "0" e separa i valori di anomalia negativa (dal verde al blu-viola) da quelli positivi (dal giallo al rosso).]

FIGURA 22: Geopotenziale medio a 500 hPa del mese di Gennaio 2012 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra).

Le mappe della pressione a livello del mare (prime due mappe della FIGURA 23) mostrano un gradiente barico a cavallo dell'arco alpino, con l'alta pressione oltralpe (sul versante straniero dalla Francia all'Austria) e la bassa sul versante padano, che disegnano il cosiddetto "naso del foehn". Concordemente la mappa dell'anomalia di temperatura (a 850 hPa: ultima mappa a destra della FIGURA 23) evidenzia limitatamente all'area alpina e pedemontana italiana un riscaldamento associato ai frequenti episodi di venti di foehn che, con la compressione dell'aria per i moti verticali sottovento alle Alpi italiane, hanno mantenuto le temperature quasi sempre sopra la media, soprattutto in montagna, con un'altezza dello zero termico spesso elevata per la normale stagione invernale (tra i 2000 e 2500 m, con picchi anche a 2700 m).

In pianura le temperature hanno avuto un temporaneo ma sensibile calo intorno alla metà del mese, a causa di un freddo flusso orientale nei bassi strati, che ha generato la tipica inversione termica dell'inverno padano.

Inoltre i cieli spesso sereni, in situazione di stabilità atmosferica, determinavano un'ampia escursione termica tra il freddo delle minime notturne e il clima mite delle massime diurne, con un risultato medio regionale, di temperature medie perlopiù superiori alla media.

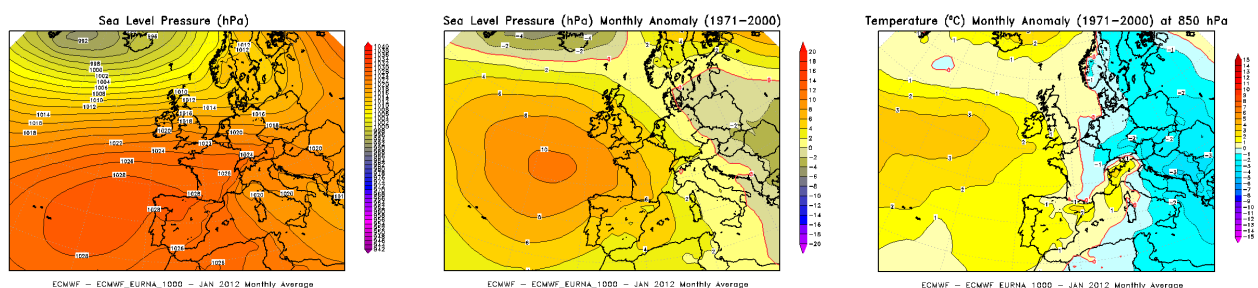


FIGURA 23: Pressione media a livello del mare del mese di Gennaio 2012 (a sinistra), sua anomalia rispetto al periodo climatico 1971-2000 (al centro) e anomalia della temperatura media mensile a 850 hPa (circa 1500 m di quota) tra Gennaio 2012 e il periodo climatico 1971-2000 (a destra)

Anche nelle giornate in cui non c'erano le condizioni di foehn, la stabilità atmosferica prevalente, con assenza di precipitazioni estese, e le temperature miti per la stagione invernale, sul Piemonte erano comunque garantite dall'alta pressione dominante (FIGURA 22), ben più che rispetto al resto dell'Italia, soprattutto quella adriatica e meridionale.

Solo in due occasioni (all'inizio e alla fine del mese) la saccatura nord-atlantica è riuscita a scendere maggiormente verso sud e ad interessare così la nostra regione, con un flusso più meridionale (o almeno sudoccidentale), con precipitazioni più diffuse. Netto il cambio di rotta avvenuto in particolare verso la fine del mese, quando, a partire dal 27 Gennaio, all'interno di una vasta saccatura estesa dall'Europa settentrionale, un nucleo di aria fredda è riuscito a scendere, attraverso la Valle del Rodano, dal Mare del Nord fino a sud della Francia e, con la formazione di un minimo depressionario sul Golfo del Leone, ha portato le prime nevicate in pianura della stagione invernale 2011-2012.

Febbraio

Il cambio di rotta iniziato alla fine del mese di Gennaio è stato solo l'origine di un drastico cambiamento del regime meteorologico che ha poi caratterizzato il mese di Febbraio, quando l'anticiclone delle Azzorre si è spinto ulteriormente più a nord, fino a Islanda e Scandinavia (FIGURA 24), andando a scaldare le alte latitudini del circolo polare artico (FIGURA 25).

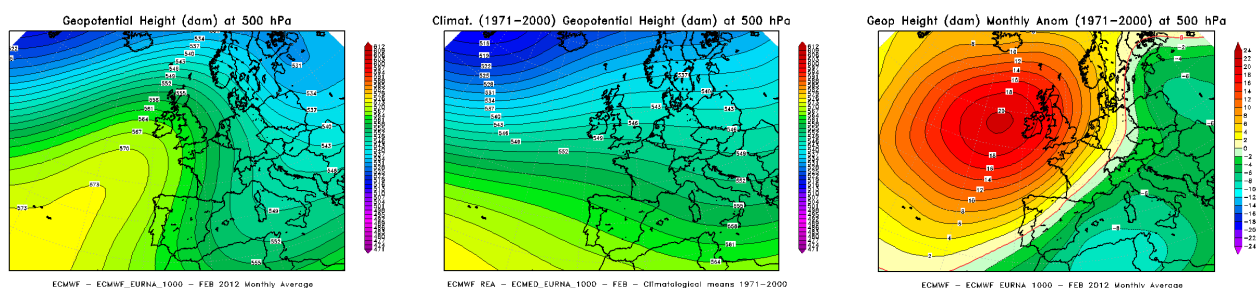


FIGURA 24: Geopotenziale medio a 500 hPa del mese di Febbraio 2012 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra)

Col conseguente indebolimento del vortice polare, si è instaurato un flusso nordorientale (al posto del più tipico flusso 'zonale' occidentale), che ha portato una forte irruzione artica, di origine siberiana, sulla penisola italiana e sul Piemonte.

La FIGURA 24 mostra la saccatura nordorientale che dal Baltico e dalla Russia si è allungata verso sudovest e si è insinuata sull'Italia e sul Mediterraneo, fino al nord Africa, provocando quella marcata anomalia termica negativa della FIGURA 25, estesa praticamente a tutta l'Europa e particolarmente forte proprio intorno all'Italia.

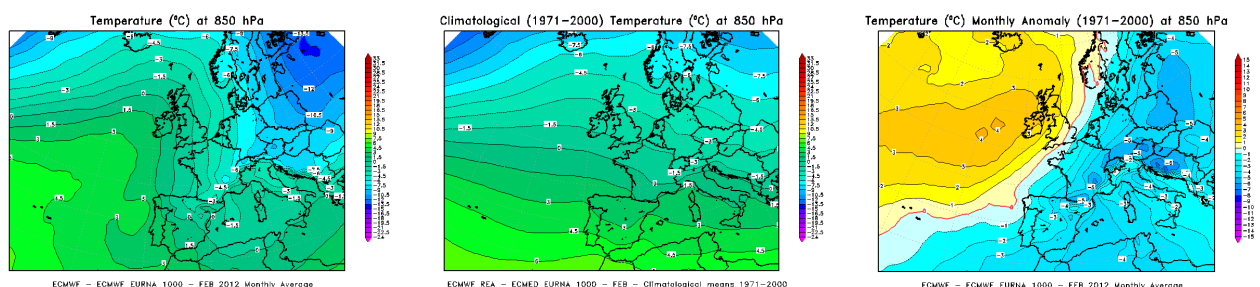


FIGURA 25: Temperatura media a 850 hPa del mese di Febbraio 2012 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra)

In tali condizioni, Febbraio è stato un mese eccezionalmente freddo (ha addirittura segnato nuovi record storici di basse temperature, soprattutto in pianura, più facilmente soggetta al flusso orientale): dal 31 Gennaio al 13 Febbraio lo zero termico è rimasto perennemente al suolo. E' anche stato un mese molto secco, ma con nevicate fino in pianura. Le precipitazioni sono state esigue, perché il flusso nordorientale, continentale, è tipicamente (oltre che più freddo) più asciutto di quello occidentale-sudoccidentale atlantico-mediterraneo.

Nella seconda metà del mese, l'anomalia termica negativa si è progressivamente esaurita, perché il flusso ha ripreso la sua "normale" componente occidentale, a volte con il ritorno dell'anticiclone delle Azzorre sull'Europa occidentale (e dei venti di foehn occidentali), a volte con l'ingresso della saccatura nord-atlantica nel Mediterraneo (e quindi di venti meridionali e precipitazioni più significative). Particolarmente sensibile il rialzo delle temperature avvenuto alla fine del mese, quando l'alta pressione si è fortemente stabilita sull'Europa occidentale e, iniziando ad assumere caratteristiche via via più africane, ha determinato un netto aumento delle temperature, passando così dall'anomalia negativa all'anomalia positiva. In questo modo Febbraio 2012 viene ricordato come il mese con la più ampia escursione termica mensile mai registrata prima: in alcune stazioni è stata addirittura superata l'escursione termica di un intero anno (oltre 40°C).

Marzo

Dopo il freddo di Febbraio, Marzo è stato un mese decisamente caldo e con precipitazioni ancora prevalentemente inferiori alla media.

Infatti, il riscaldamento iniziato alla fine del mese precedente si è mantenuto sostanzialmente per tutto Marzo, grazie all'alta pressione che, a seguito di un'avanzata verso est rispetto al mese prima (FIGURA 24), ha dominato tutta l'Europa centrale e occidentale (mappa sinistra di FIGURA 26), con una forte anomalia positiva del geopotenziale in quota, estesa a quasi tutta l'Europa (mappa destra di FIGURA 26).

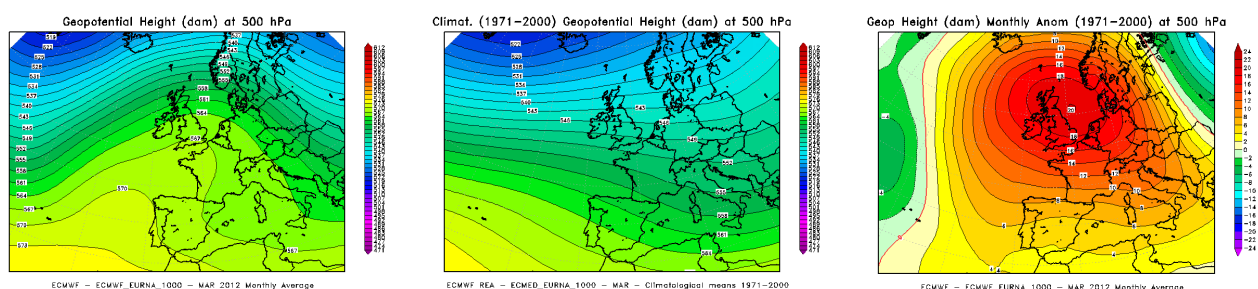


FIGURA 26: Geopotenziale medio a 500 hPa del mese di Marzo 2012 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra)

L'alta pressione nella mappa media mensile della FIGURA 26 (mappe a sinistra e a destra) è così ampia perché a volte aveva una matrice d'origine atlantica e via via si estendeva a tutta l'Europa occidentale, altre volte assumeva caratteristiche anche africane, con asse disposto dal nord Africa alle alte latitudini settentrionali del Mare del Nord (fino a lambire anche il Mare di Norvegia). Sicuramente è stata responsabile di una forte anomalia termica positiva che ha interessato quasi tutta l'Europa, come si osserva nella FIGURA 27 (notevole la differenza rispetto alla FIGURA 25 del mese precedente).

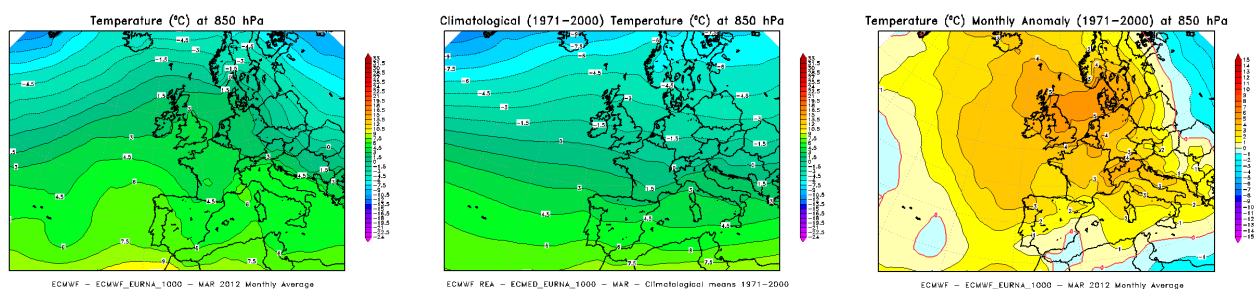


FIGURA 27: Temperatura media a 850 hPa del mese di Marzo 2012 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra)

Naturalmente l'alta pressione, oltre al clima mite, portava stabilità atmosferica, con scarsità di precipitazioni. In poche occasioni alcuni impulsi depressionari, associati a saccature atlantiche o mediterranee (una sola volta dall'Europa orientale: tra l'8-9 Marzo), sono transitati anche sull'Italia e hanno portato moderata instabilità e precipitazioni sul Piemonte, ma sempre di breve durata e poco consistenti.

Aprile

Al clima caldo e piuttosto asciutto di Marzo, ha fatto seguito un mese di Aprile fresco e abbondantemente piovoso. Praticamente tutto il mese è stato interessato da precipitazioni o condizioni di prevalente maltempo, provocate da ripetuti impulsi perturbati, associati a basse pressioni sull'Europa occidentale, che spesso hanno coinvolto anche l'Italia. Nella mappa media mensile di FIGURA 28 (a destra) emerge chiaramente l'anomalia negativa di geopotenziale in quota (rispetto alla climatologia), estesa su tutta l'Europa occidentale, dalla Norvegia alla Penisola Iberica, con minimo centrato sulle Isole Britanniche. Infatti lungo l'arco dell'intero mese una saccatura atlantica è spesso entrata nel bacino del Mediterraneo, apportano tempo instabile sul Piemonte, sotto un flusso umido meridionale (prima mappa della FIGURA 28).

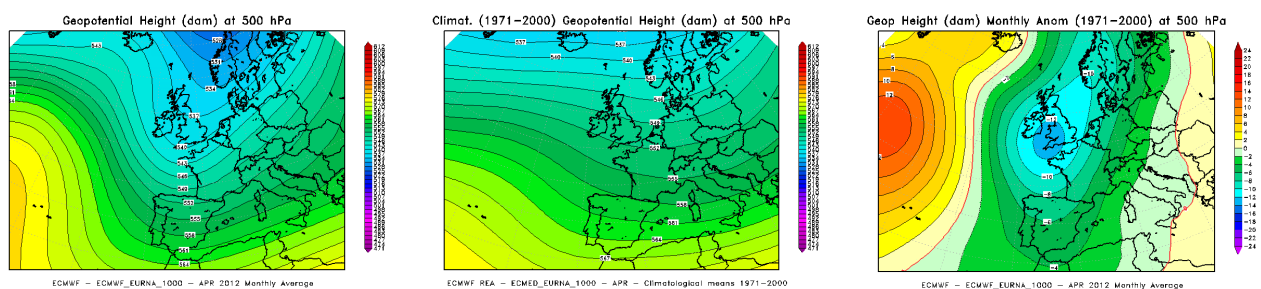


FIGURA 28: Geopotenziale medio a 500 hPa del mese di Aprile 2012 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra)

Le precipitazioni abbondanti e frequenti di Aprile hanno progressivamente colmato il deficit pluviometrico che si era accumulato nei primi tre mesi dell'anno, riportando il totale pluviometrico regionale vicino alla media climatologica annuale.

Il frequente maltempo (quindi con cielo coperto e insolazione diurna ridotta) ha mantenuto le temperature basse, con un'anomalia termica negativa più sensibile nei valori massimi.

Maggio

L'instabilità di Aprile ha interessato anche gran parte del mese di Maggio, inizialmente ancora a causa della saccatura atlantica estesa fino al Mediterraneo. Tuttavia, come si distingue dal confronto delle mappe di FIGURA 29 con quelle del mese precedente in FIGURA 28, a Maggio un promontorio anticiclonico si è rialzato sul Mediterraneo occidentale, tra la Spagna e la Francia, con un rialzo barico fino al Mare del Nord (anomalia positiva nell'ultima mappa di FIGURA 29).

L'alta pressione non ha dominato incontrastata tutto il mese, perché il tempo è ancora rimasto a tratti instabile, per effetto sia di basse pressioni atlantico-mediterranee (come ad Aprile) sia di aria fredda in discesa dal nord Europa verso i Balcani (e con seguenti infiltrazioni da est sul Piemonte, come si deduce dalla parziale penetrazione della saccatura nord-europea –prima mappa– e dalla conseguente anomalia negativa –ultima mappa– sull'Europa sudorientale in FIGURA 29).

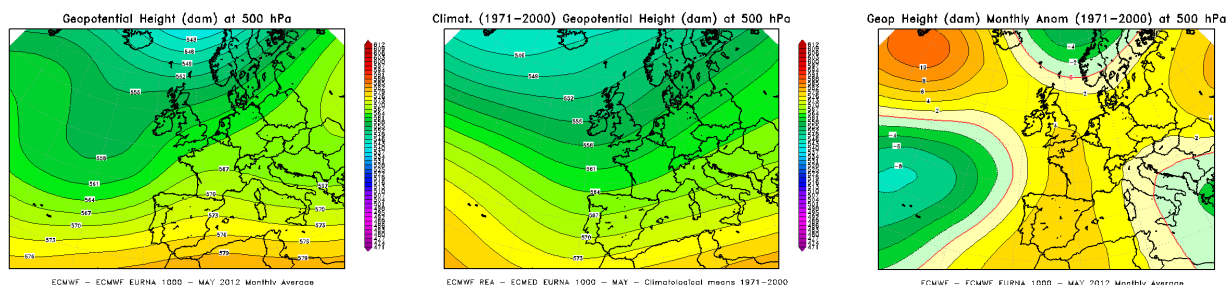


FIGURA 29: Geopotenziale medio a 500 hPa del mese di Maggio 2012 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra)

A parte i giorni in cui la rimonta dell'anticiclone africano si è spinta fino al Mare del Nord (dove nella terza decade del mese si è anche temporaneamente isolato come alta pressione chiusa), la conferma che il promontorio anticiclonico (prima mappa di FIGURA 29), con la sua anomalia positiva sull'Europa occidentale (ultima mappa di FIGURA 29), non ha in realtà dominato in maniera continua tutto il mese di Maggio, viene dalla FIGURA 30. Quest'ultima raffigura la variazione media mensile della pressione in quota e fornisce una rappresentazione di dove sono transitate le perturbazioni bariche più forti e frequenti. Si osserva dunque (coi colori più 'freddi': in verde scuro) come il geopotenziale è stato molto perturbato nel corso del mese tra la Penisola Iberica e il Mediterraneo più occidentale, portando quindi l'instabilità e le precipitazioni sul Piemonte. Così le piogge tipiche della Primavera a Maggio non sono affatto mancate.

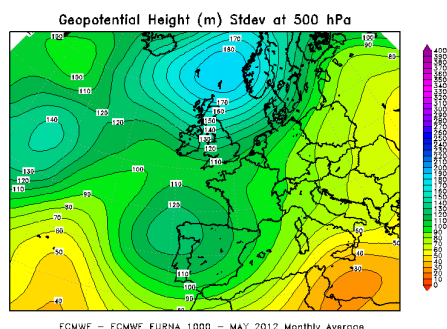


FIGURA 30: Variazione media mensile del geopotenziale a 500 hPa (rappresentata dalla sua deviazione standard) nel mese di Maggio 2012

Giugno

Giugno è stato un mese piuttosto caldo, con temperature prevalentemente superiori alla media, con un ulteriore e più generale e costante aumento rispetto a Maggio, quando l'andamento termico mensile era stato più variabile (e le temperature minime erano state ancora piuttosto basse). Come si osserva dalla prima (a sinistra) e dall'ultima (a destra) mappa di FIGURA 31, l'alta pressione africana ha dominato il bacino del Mediterraneo centrale, spesso prolungandosi fino all'Europa balcanica, e così con un flusso meridionale (sudoccidentale) ha portato aria calda da sud su tutta l'Italia.

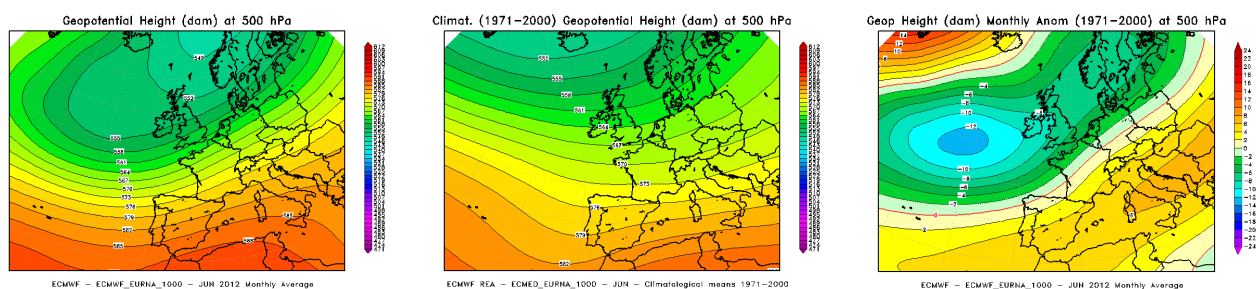


FIGURA 31: Geopotenziale medio a 500 hPa del mese di Giugno 2012 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra)

L'alta pressione inoltre ha mantenuto spesso condizioni di stabilità atmosferica, quindi con precipitazioni cumulate mensili inferiori alla media.

Tuttavia sul Piemonte non sono mancate le precipitazioni per le influenze oceaniche, associate alla saccatura nord-atlantica, estesa tra nord Europa, Isole Britanniche, Golfo di Biscaglia e coste iberiche (FIGURA 31), che in varie occasioni è riuscita a penetrare nella parte centrale dell'Europa, coinvolgendo con instabilità il nordovest italiano, come si vede dalla FIGURA 32, che (in colore verde) mostra come la traiettoria percorsa dai fronti perturbati, provenienti dall'Atlantico e in moto verso est sull'Europa centrale, ha interessato l'Italia settentrionale coinvolgendo anche il Piemonte (seppur in maniera certamente inferiore rispetto al mese precedente: FIGURA 30).

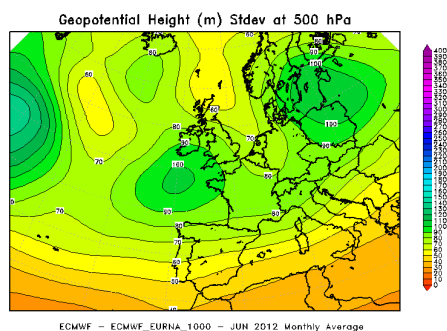


FIGURA 32: Variazione media mensile del geopotenziale a 500 hPa (rappresentata dalla sua deviazione standard) nel mese di Giugno 2012

Ad ogni modo, proprio come già a Maggio, il segnale più forte, lasciato nella mappa media mensile di FIGURA 32, è stato sicuramente quello dell'anticiclone nordafricano, che, con asse

inclinato verso l'Europa orientale e quindi con un flusso di direzione sudoccidentale (quindi facilmente caldo e umido) sull'Italia, ha fatto subito partire la stagione estiva piuttosto rovente e afosa su gran parte della nostra penisola, ancor più che sulla nostra regione, perché il resto dell'Italia non subiva neanche l'effetto delle infiltrazioni nord-atlantiche verso l'Europa centrale e l'area alpina.

Luglio

Dopo il caldo prevalente di Giugno, Luglio ha avuto una parziale attenuazione dell'anomalia termica positiva, anzi talvolta con scarti anche negativi rispetto alla media, soprattutto nei valori minimi.

Infatti, rispetto al mese precedente (FIGURA 31) quando la saccatura nord-atlantica era rimasta abbastanza relegata all'Europa nord-occidentale, questa volta (FIGURA 33) essa è avanzata maggiormente verso est, sull'Europa centro-occidentale, spingendosi anche più a sud sulla Penisola Iberica, con una conseguente anomalia negativa del geopotenziale su tutta l'area, che ha coinvolto in parte anche il Piemonte. Inoltre il promontorio di alta pressione africana si è rafforzato sull'Europa orientale e allungato fino al nord della Russia, creando così una configurazione di blocco anticiclonico, che ha fermato la bassa pressione nord-atlantica sull'Europa centro-occidentale, a colpire con instabilità e clima relativamente più fresco il Mediterraneo occidentale e il nordovest italiano.

In tal modo il tempo è stato moderatamente instabile sul Piemonte, con più frequenti occasioni di precipitazioni, a carattere temporalesco data la stagione dell'anno, e soprattutto è stato meno caldo di Giugno.

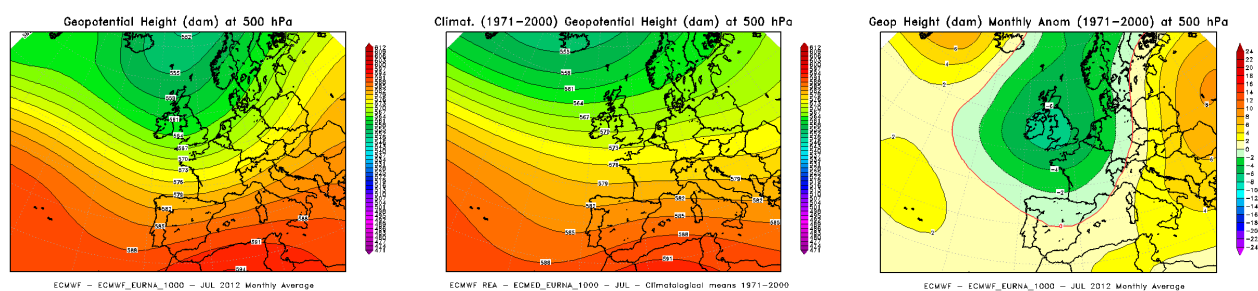


FIGURA 33: Geopotenziale medio a 500 hPa del mese di Luglio 2012 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra)

Il resto dell'Italia (cioè le regioni centro-meridionali, come si vede soprattutto dall'ultima mappa di FIGURA 33) invece ha continuato ad essere meglio influenzato dall'alta pressione nord-africana, estesa sull'Europa orientale, proseguendo quindi una stagione estiva più calda del Piemonte.

Agosto

Con un andamento un po' altalenante, Agosto è tornato ad essere un mese piuttosto rovente, risultando quello più caldo della stagione estiva 2012, con la prima vera onda di calore africano che (dopo aver interessato finora solo il resto dell'Italia, in maniera vigorosa) ha raggiunto anche il Piemonte subito dopo la metà del mese.

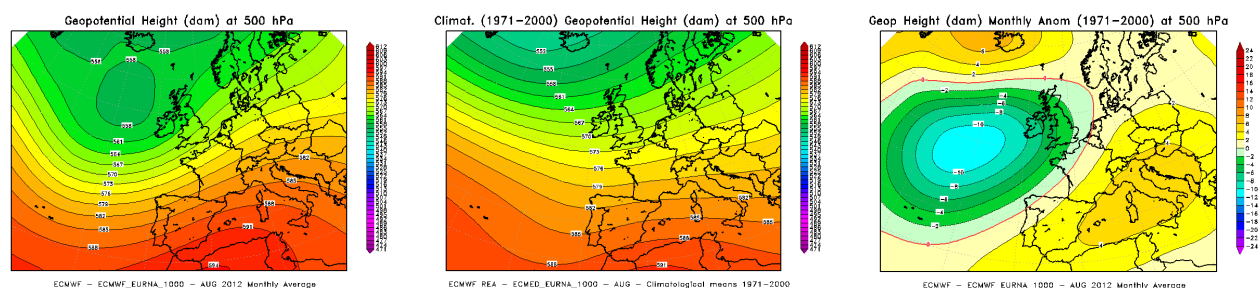


FIGURA 34: Geopotenziale medio a 500 hPa del mese di Agosto 2012 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra)

Come si osserva dalle mappe di FIGURA 34, il promontorio anticiclonico dal nord Africa si è proteso sul bacino centrale del Mediterraneo, interessando tutta l'Italia, con un'anomalia positiva del geopotenziale che, estesa dall'Algeria a gran parte d'Europa (soprattutto quella centrale), ha avuto il suo massimo proprio in corrispondenza della nostra penisola.

Dal confronto dei tre mesi estivi (prime mappe di FIGURA 31, FIGURA 33 e FIGURA 34), si evince come solo in quest'ultimo mese dell'Estate 2012 (FIGURA 34) l'anticiclone africano si è alzato in modo più vigoroso anche sulla parte più occidentale del bacino del Mediterraneo, e così ha investito appieno anche la nostra regione. In tal modo ha portato temperature elevate anche sul Piemonte, con l'ondata di caldo più significativa della stagione estiva 2012 (tra il 16 e il 22 del mese).

Tuttavia anche in questo ultimo mese estivo non sono mancate del tutto le occasioni di tempo instabile e le precipitazioni (comunque rimaste prevalentemente inferiori alla media), per infiltrazioni di aria fresca oceanica, associata alla saccatura nord-atlantica (o più generalmente settentrionale), che talvolta, avanzando verso l'Europa centrale, è riuscita ad estendere la sua influenza al Piemonte, provocando (soprattutto a ridosso dei rilievi) locali temporali anche forti, per lo scontro con l'aria calda e afosa, accumulata dall'anticiclone africano.

Settembre

Settembre è stato un mese molto variabile con un'evoluzione sinottica decisamente dinamica caratterizzata da un'alternanza di fasi stabili e instabili, sia per le precipitazioni sia per le temperature, rimanendo alla fine abbastanza allineato alla norma climatica del periodo.

I periodi d'instabilità sul Piemonte a volte sono stati provocati dalla saccatura nord-europea che dal Mare del Nord estendeva la sua influenza verso sud (una volta, nei primi giorni del mese, isolando anche una bassa pressione secondaria chiusa tra l'ovest-Mediterraneo e il Tirreno, con precipitazioni intense sul Piemonte). Altre volte invece il maltempo era effetto della saccatura atlantica, che, ad esempio soprattutto nell'ultima decade del mese, ha avuto momenti di attività intensa sulle coste occidentali europee, dall'Inghilterra al Portogallo, e negli ultimi giorni del mese è avanzata dalla Penisola Iberica al Mediterraneo occidentale e all'Italia tirrenica, apportando di nuovo precipitazioni significative sul Piemonte.

Le precipitazioni più consistenti sono sempre state associate a depressioni sul Mediterraneo occidentale: l'anomalia leggermente negativa su quell'area (fino al Tirreno), nella terza mappa di FIGURA 35, è la responsabile dell'instabilità più significativa che ha interessato il Piemonte.

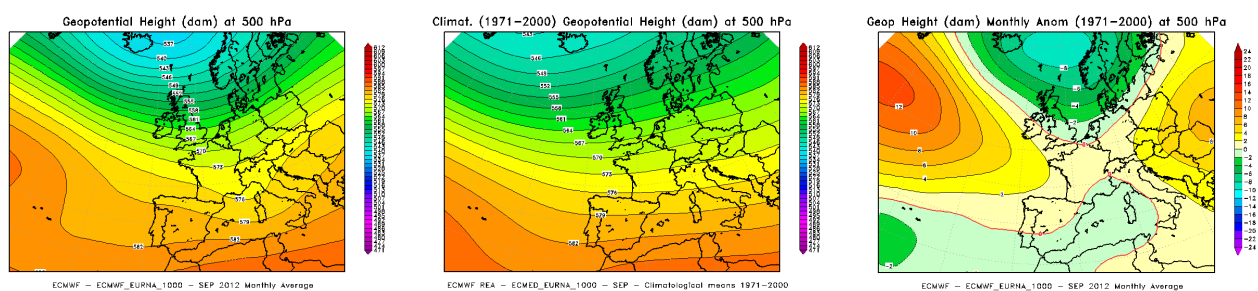


FIGURA 35: Geopotenziale medio a 500 hPa del mese di Settembre 2012 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra)

Ai momenti d'instabilità si sono intervallati periodi stabili, portati o dall'anticiclone delle Azzorre, in estensione dal nord Atlantico attraverso la Francia, o dall'alta pressione afro-mediterranea estesa fino ai Balcani (entrambe le strutture anticicloniche hanno lasciato un'anomalia positiva nell'ultima mappa di FIGURA 35). Si sono ancora avuti giorni (dal 6 al 9, dal 14 al 17 e dal 21 al 23) in cui l'aria in quota era particolarmente calda, con uno zero termico addirittura oltre i 4000 m, quota più tipica dell'Estate.

Con questa spiccata variabilità, la media mensile regionale sia delle temperature sia delle precipitazioni non è stata molto lontana dalla norma climatologica. Il deficit pluviometrico annuo, riaccumulatosi durante i mesi estivi, dopo una parziale attenuazione all'inizio del mese, è rimasto ancora ampio, particolarmente tangibile per il periodo dell'anno in concomitanza del primo mese della stagione autunnale. Tuttavia la distribuzione spaziale di entrambe le variabili è stata molto disomogenea, con aree più fredde e piovose sulla parte sud ed ovest della regione (e sulle Alpi),

probabilmente più soggette al flusso instabile da nord-est instaurato dalle depressioni mediterranee-tirreniche, e zone invece più calde e asciutte sulle pianure settentrionali e orientali del Piemonte.

Ottobre

Anche Ottobre ha avuto un andamento un po' altalenante, ma, rispetto a Settembre, ha visto una minore variabilità con fasi meno alternate, seppur più spiccate.

Sommariamente si sono susseguiti due grandi periodi stabili e caldi, nella prima metà del mese e intorno all'inizio della seconda decade, con temperature anche elevate, ancora con caratteristiche quasi estive (zero termico intorno a 4000 m dal 5 al 8 e dal 17 al 22). E nel mezzo si sono intercalati due brevi momenti instabili, piovosi e freddi, a metà mese e alla fine del mese, quando è addirittura già comparsa la neve a quote collinari di 500-600 m.

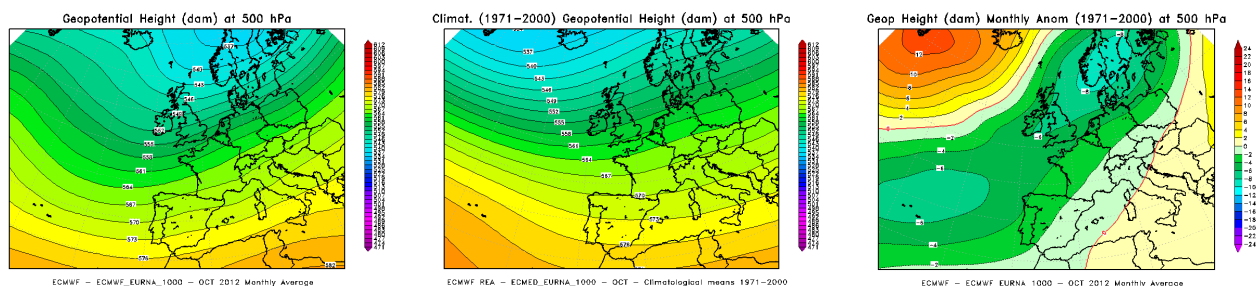


FIGURA 36: Geopotenziale medio a 500 hPa del mese di Ottobre 2012 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra)

Come si vede dall'anomalia negativa nell'ultima mappa di FIGURA 36, la bassa pressione in estensione dalla Scandinavia (e dal Mare del Nord) è stata particolarmente attiva sulle coste atlantiche europee fino al Portogallo, ma ha allargato molto poco la sua influenza al Mediterraneo occidentale, senza riuscire ad entrare efficacemente all'interno del bacino (fino al Tirreno) come invece avvenuto il mese prima (ultima mappa di FIGURA 35).

In sole due occasioni (a metà mese e poi tra il 26 e il 31) la saccatura nord-atlantica ha interessato appieno anche il Piemonte, con precipitazioni estese e significative (soprattutto sui rilievi meridionali e nel Sesia) e con un forte calo delle temperature.

Per il resto del mese una pressione moderatamente alta sul Mediterraneo, soprattutto centro-orientale, è riuscita a mantenere una prevalente stabilità atmosferica. Particolarmente forte la rimonta anticiclonica, e il conseguente rialzo termico, nella prima decade e, ancora di più, tra il 17 e il 23-24 del mese quando un'alta pressione africana si è spinta prima verso i Balcani e poi ha isolato un anticiclone sull'Europa centrale, facendo ancora salire la quota dello zero termico fino a quasi 4000 m (e oltre) sul Piemonte, come talvolta avvenuto anche a Settembre 2012, ma come normalmente avviene solo in Estate, quindi con un'anomalia termica positiva ancora più accentuata del mese precedente (FIGURA 37).

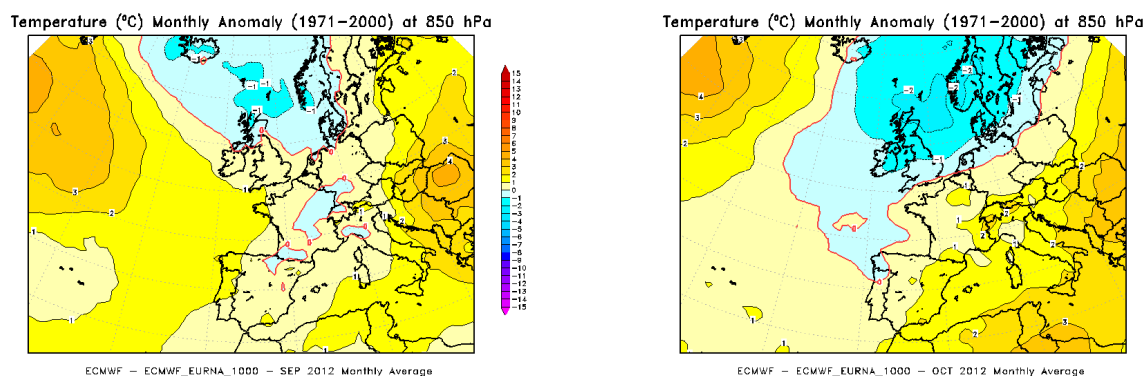


FIGURA 37: Anomalia della temperatura a 850 hPa (circa 1500 m di quota), rispetto al periodo climatico 1971-2000, di Settembre 2012 (a sinistra) e Ottobre 2012 (a destra)

In questo modo alla fine è risultato essere nel complesso un mese moderatamente caldo e secco, rispetto alla sua climatologia, perché ha registrato una media mensile regionale di temperature

superiori alla media (soprattutto nei valori massimi) e precipitazioni inferiori alla media, con un deficit pluviometrico particolarmente evidente rispetto alla piovosità tipica della stagione autunnale, che, secondo la climatologia del Piemonte, è la più alta dell'anno, insieme a quella primaverile di Aprile-Maggio.

Novembre

Come emerge subito a prima vista da un confronto della prima mappa di FIGURA 36 con FIGURA 38, dopo la scarsità di pioggia di Ottobre, a Novembre il flusso sul Piemonte è stato più meridionale e questo ha portato precipitazioni abbondanti sulla regione, tanto da attenuare significativamente (seppur mai del tutto) il deficit pluviometrico accumulatosi dall'inizio dell'anno e ampliatosi particolarmente nel mese precedente.

Infatti la saccatura atlantica, che nel mese autunnale precedente (prima mappa di FIGURA 36) era rimasta più a largo delle coste atlantiche europee, a Novembre (prima mappa di FIGURA 38) è avanzata maggiormente sull'Europa occidentale, entrando più efficacemente anche nel Mediterraneo occidentale. Si osserva come l'asse della saccatura, che ad Ottobre era inclinato lungo una direzione 'obliqua' sudoccidentale, a Novembre ha assunto una direzione più 'verticale' (lungo i meridiani) meridionale, con una forma molto 'piccata' della depressione nord-atlantica fino alla Penisola Iberica. In tal modo si è creata quell'evidente anomalia negativa di geopotenziale (nell'ultima mappa di FIGURA 38) sull'Europa occidentale, che, stavolta fermata a insistere maggiormente a ovest anche da un blocco anticiclonico sull'Europa orientale (anomalia positiva sull'est-Europa), ha generato le condizioni instabili più favorevoli a portare precipitazioni abbondanti e insistenti sul Piemonte, sotto un flusso più fortemente meridionale.

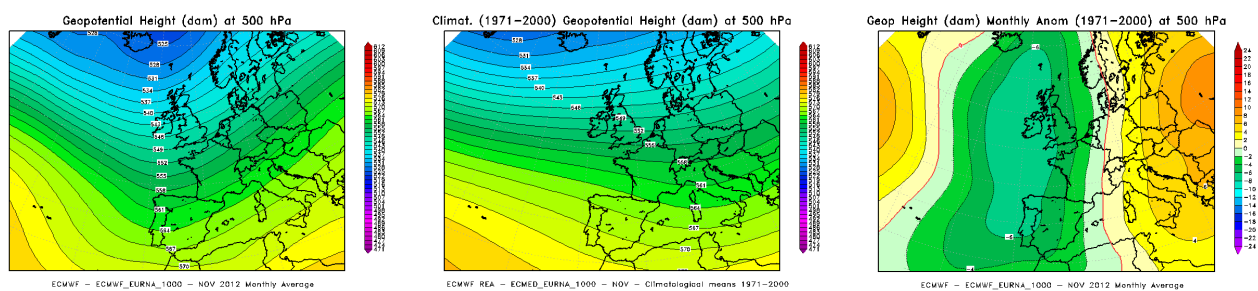


FIGURA 38: Geopotenziale medio a 500 hPa del mese di Novembre 2012 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra)

Il prevalente flusso meridionale naturalmente oltre ad essere umido era anche mite: così ha mantenuto le temperature quasi sempre superiori alla media, dando luogo quindi ad un mese caldo e piovoso.

Dicembre

L'ultimo mese dell'anno è stato mediamente freddo e secco, tornando quindi a far crescere il deficit pluviometrico annuale.

La scarsità di precipitazioni è facilmente associabile al flusso nord-occidentale, tipicamente asciutto per il Piemonte, che emerge chiaramente dalla prima mappa di FIGURA 39. Il vento da nordovest, indicato dalla direzione delle isolinee, è stato anche particolarmente spinto, come rappresentato dalla densità più fitta delle stesse (a confronto con la mappa climatologica centrale) intorno alle medie latitudini dall'Atlantico all'area alpina, sulla zona di confine tra l'alta pressione a sud e la bassa a nord. Infatti una pressione più alta della media a sudovest (con anomalia positiva su quell'area nella terza mappa di FIGURA 39) ed una pressione più bassa della media sull'Europa centrale (con rispettiva anomalia negativa nella terza mappa di FIGURA 39) hanno fatto sì che l'anticiclone delle Azzorre fosse particolarmente vicino ad una profonda depressione sull'Europa centro-settentrionale e questo ha creato un forte gradiente barico tra le due opposte strutture, in esatta corrispondenza delle latitudini della zona alpina, dove ha potuto facilmente determinare frequenti venti di foehn sulla regione piemontese, lungo tutto Dicembre e particolarmente persistenti soprattutto nella prima parte del mese.

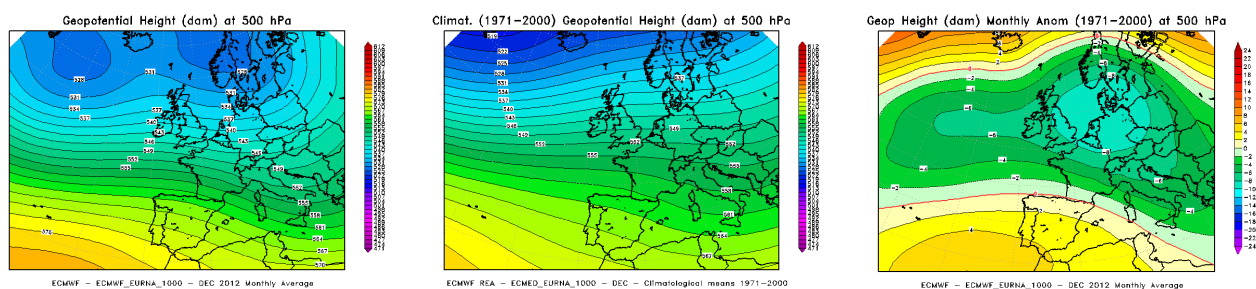


FIGURA 39: Geopotenziale medio a 500 hPa del mese di Dicembre 2012 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1971-2000 (al centro) e loro differenza (a destra)

Le condizioni di foehn, seppur frequenti, certamente non sono state così estreme come invece era avvenuto ad esempio nell'inverno precedente (Dicembre 2011-Gennaio 2012: FIGURA 22) perché, come si capisce soprattutto dall'ultima mappa di FIGURA 39, la bassa pressione nord-europea si è allargata abbastanza verso sud, soverchiando l'alta pressione sul Mediterraneo centrale ed estendendosi abbondantemente a buona parte dell'Italia, e così ha anche fatto sentire spesso la sua influenza con l'apporto di aria fredda artica.

Sul Piemonte in realtà si sono succedute due fasi abbastanza nette: una prima metà del mese con temperature molto al di sotto della norma, che a metà mese in occasione di un evento instabile (per il passaggio di un'onda depressionaria legata ad una vasta saccatura nord-atlantica) hanno provocato precipitazioni nevose fino in pianura; ed una seconda parte del mese con netto rialzo termico, grazie alla maggiore influenza dell'alta pressione sul Mediterraneo centro-occidentale, tanto che ad esempio nei giorni intorno a Natale le precipitazioni sono state piovose fino a quote decisamente alte per la stagione invernale (1600-1800 m: quindi con un clima più autunnale che invernale-natalizio).

Con due soli eventi instabili nel mese e con un flusso nordoccidentale prevalente, Dicembre (e con lui anche l'anno 2012) si è concluso con un totale pluviometrico annuo in deficit rispetto alla norma climatologica.

I DATI METEO MISURATI NEL 2012

Al termine della caratterizzazione meteorologica, si è ritenuto interessante effettuare l'analisi dei dati meteorologici misurati dalle stazioni a terra nell'anno 2012, limitata all'andamento delle variabili meteorologiche maggiormente significative in rapporto al decennio precedente 2002-2011.

Per l'analisi statistica è stata scelta una stazione, appartenente alla Rete Meteoidrografica di Arpa Piemonte, rappresentativa per l'area urbana di Torino.

I parametri ritenuti caratterizzanti, dal punto di vista meteorologico, ai fini di un confronto su scala pluriennale, sono la temperatura e le precipitazioni atmosferiche.

La temperatura media dell'anno 2012 per la stazione Torino-Giardini Reali risulta pari a 13,5 °C, quindi inferiore alla media dei dati rilevati negli ultimi dieci anni nella stessa stazione (13,7 °C), e superiore a quella calcolata per il capoluogo piemontese sul periodo 1951-1986 (13,0 °C).

L'andamento delle temperature medie mensili è stato confrontato con l'andamento medio del decennio 2002-2011 (FIGURA 40). Le differenze negative maggiormente significative rispetto all'anno medio si riscontrano nei mesi di Febbraio, Aprile e Dicembre con variazioni termiche di circa -3,0 °C in Febbraio e circa -2 °C in Dicembre rispetto alle relative medie del decennio precedente. Si segnalano valori di temperatura superiori alla media climatologica nei mesi di Marzo (+2,3 °C), Agosto (+1,3°C) e Ottobre (+1,0 °C).

Il valore più basso delle temperature medie mensili è stato registrato nel mese di Febbraio nel 2012 mentre nel decennio di riferimento nel mese di Gennaio ed è stato rispettivamente pari a 1,7 °C e 2,5 °C. Il valore massimo è stato registrato nel mese di Agosto nel 2012 (25,1 °C) e nel mese di Luglio nel decennio climatologico 2002-2011 (24,5 °C).

Dal confronto grafico fra l'andamento dei dati orari acquisiti nel corso del 2012 e l'intervallo di valori medi studiato a partire dai minimi e dai massimi assoluti registrati mensilmente nel decennio precedente (FIGURA 41), si osserva che nel complesso tutto il periodo si presenta più spostato verso l'andamento dei massimi assoluti (linea rossa) registrati mensilmente nel decennio 2002-2011, risultando quindi un periodo complessivamente caldo, soprattutto da Marzo a fine Ottobre, in

particolare i mesi di Marzo, Giugno ed Agosto sono quelli che hanno dato il contributo più rilevante all'anomalia climatica positiva. A Febbraio invece si osservano picchi di temperature minime che superano i valori medi dei minimi assoluti registrati mensilmente nel decennio di riferimento (linea blu).

Per quanto riguarda le precipitazioni atmosferiche, l'analisi dei dati statistici evidenzia per l'anno 2012 (FIGURA 42) un totale di precipitazioni di 915 mm, mentre il numero di giorni piovosi (si definisce giorno piovoso quello in cui si registra almeno 1 mm di pioggia su tutto l'arco della giornata) è pari a 71. Quindi il 2012 risulta meno piovoso della media 2002-2011, sia in termini di precipitazioni totali (915 mm contro 939 mm di media), che per il numero di giorni piovosi (71 giorni contro 73 giorni di media).

Il 2012 è stato meno piovoso del 2011: 915 mm di pioggia nel 2012 rispetto ai 1196 mm di pioggia nel 2011. Il 2002 (1365 mm), il 2010 (1352 mm) ed il 2011 (1196 mm) rappresentano gli anni più piovosi del decennio. Utilizzando come parametro di confronto l'intensità delle precipitazioni atmosferiche, calcolata come il rapporto fra la quantità totale di pioggia ed il numero di giorni piovosi, si osserva che i valori più alti sono stati registrati nel 2011 (25.4 mm pioggia/giorno), nel 2000 (16.3 mm pioggia/giorno), nel 2002 (14.1 mm pioggia/giorno) e nel 2012 (12.9 mm pioggia/giorno); mentre i valori più bassi nel 2001 (7.8 mm pioggia/giorno), nel 2005 (9.1 mm pioggia/giorno) e nel 2008 (11.3 mm pioggia/giorno). Inoltre l'intensità giornaliera media nel 2012 è risultata esattamente in linea con quella del decennio (12.9 contro 12.9 mm pioggia/giorno).

L'analisi della distribuzione annuale delle precipitazioni nell'ambito dei vari mesi può inoltre essere utilizzata per definire il *regime pluviometrico* di un'area geografica. Nello studio climatologico della Regione Piemonte¹¹, l'andamento di tale distribuzione per il Piemonte risulta bimodale con i massimi localizzati in primavera ed in autunno. In base alla collocazione nell'anno del minimo principale, del massimo principale e del massimo secondario, si possono distinguere nella nostra regione cinque tipi di regime pluviometrico, dei quali quattro di tipo "continentale" (minimo principale in inverno) ed uno di tipo "mediterraneo" (minimo principale in estate):

- regime pluviometrico prealpino: minimo principale in inverno, massimo principale in primavera, massimo secondario in autunno;
- regime pluviometrico sublitoraneo: minimo principale in estate, massimo principale in autunno, massimo secondario in primavera;
- regime pluviometrico subalpino: minimo principale in inverno, massimo principale in autunno, massimo secondario in primavera;
- regime pluviometrico continentale alpino: minimo principale in inverno, massimo principale in primavera, massimo secondario in estate;
- regime pluviometrico subcontinentale: minimo principale in inverno, massimo principale in autunno, massimo secondario in estate.

Sempre secondo tale studio, il regime pluviometrico prealpino è il più diffuso in Piemonte, anche se quello attribuito all'area del capoluogo torinese risulta continentale alpino (Mennella, 1967; Biancotti, 1996)¹².

Nel grafico illustrato in FIGURA 43 è riportato il confronto tra l'andamento delle precipitazioni totali mensili per il 2012 e le precipitazioni medie mensili (media delle sommatorie mensili) del decennio 2002-2011. Il profilo del 2012, che si discosta dal regime pluviometrico "continentale alpino", sembra adattarsi al regime pluviometrico subalpino: il massimo principale è stato registrato a Novembre (191 mm), mentre quello secondario Maggio (162 mm), e il minimo principale si registra a Gennaio (38 mm).

Un'ulteriore elaborazione è stata effettuata aggregando gli stessi dati di precipitazione su base trimestrale. Nella FIGURA 44 sono riportati, per ogni trimestre, gli istogrammi relativi alla quantità di pioggia misurata nei diversi anni e per ogni grafico viene segnalato il valore medio di precipitazione per il decennio. Dall'esame dei grafici spicca che in tutti e quattro i trimestri del 2012,

¹¹ "Precipitazioni e temperature" - Collana studi climatologici in Piemonte - Regione Piemonte: Direzione dei Servizi Tecnici di Prevenzione - Settore Meteoidrografico e Reti di Monitoraggio; Università degli Studi di Torino: Dipartimento di Scienze della Terra.

¹² "Mennella C. (1967) - Il clima d'Italia. Vol. I, ed. E.D.A.R.T., Napoli. 1, pp. 157-178.

Biancotti A. (1996) - Corso di geografia fisica - Geomorfologia strutturale. Le misure in geografia fisica. Ed. Litocoop Srl Tortona, 2, 126 p.

ad eccezione del secondo, le precipitazioni sono inferiori alla media climatologica, soprattutto nel terzo trimestre (-36%). Va comunque sottolineato che le osservazioni sopra riportate sulle caratteristiche di piovosità relative all'anno 2012 devono essere valutate alla luce delle seguenti considerazioni:

- l'arco temporale (decennio 2002-2011) utilizzato per il confronto risulta comunque ridotto;
- la rappresentatività spaziale è limitata all'area metropolitana.

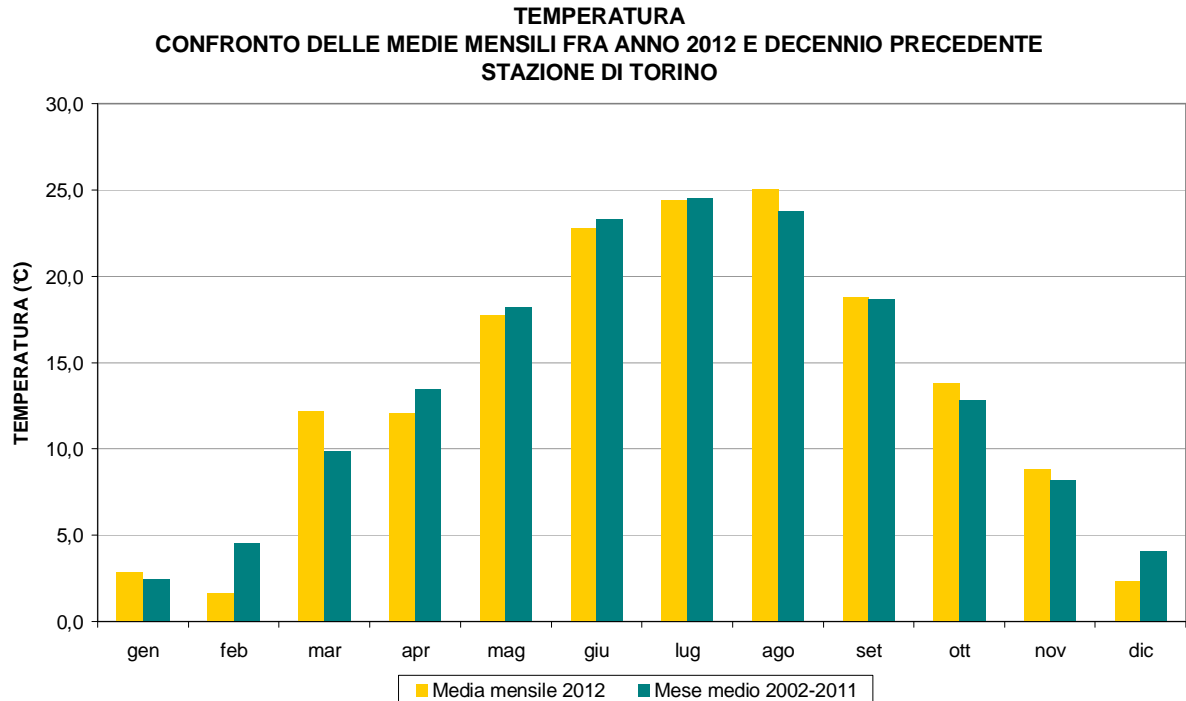


FIGURA 40: temperatura: valori medi mensili per l'anno 2012 e per il decennio 2002÷2011 per la stazione di Torino

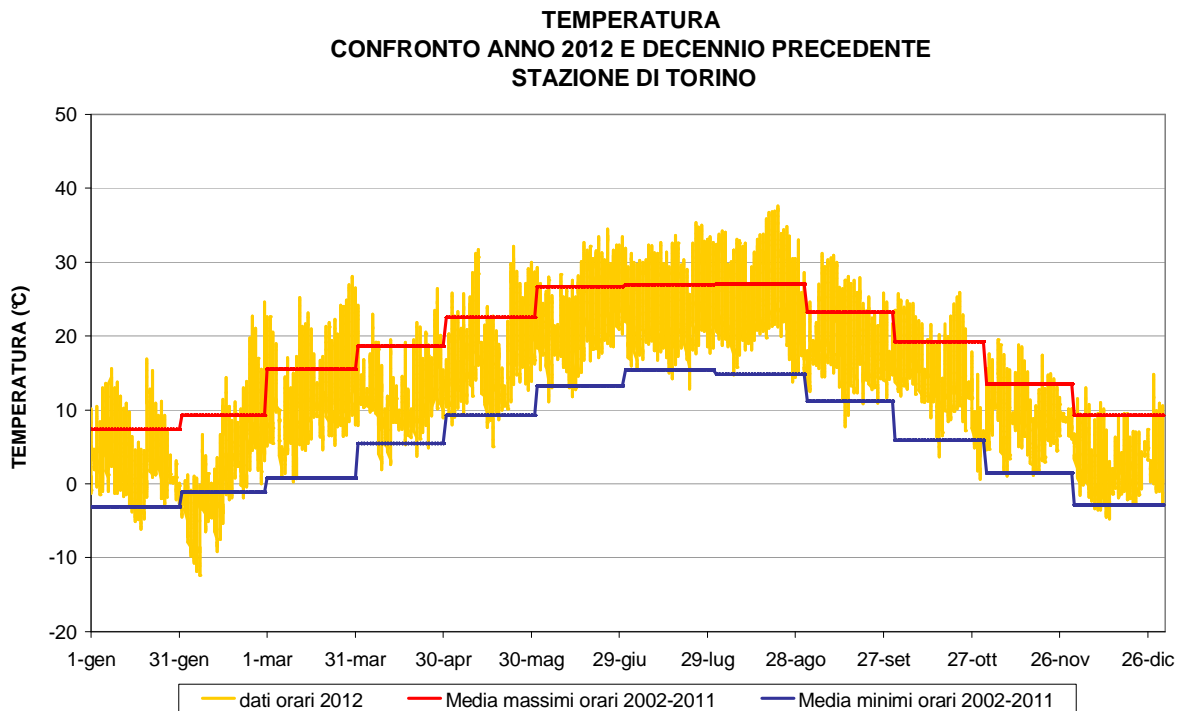


FIGURA 41: temperatura: valori orari per l'anno 2012 e medie dei minimi e dei massimi assoluti registrati nel decennio 2002÷2011 presso la stazione di Torino

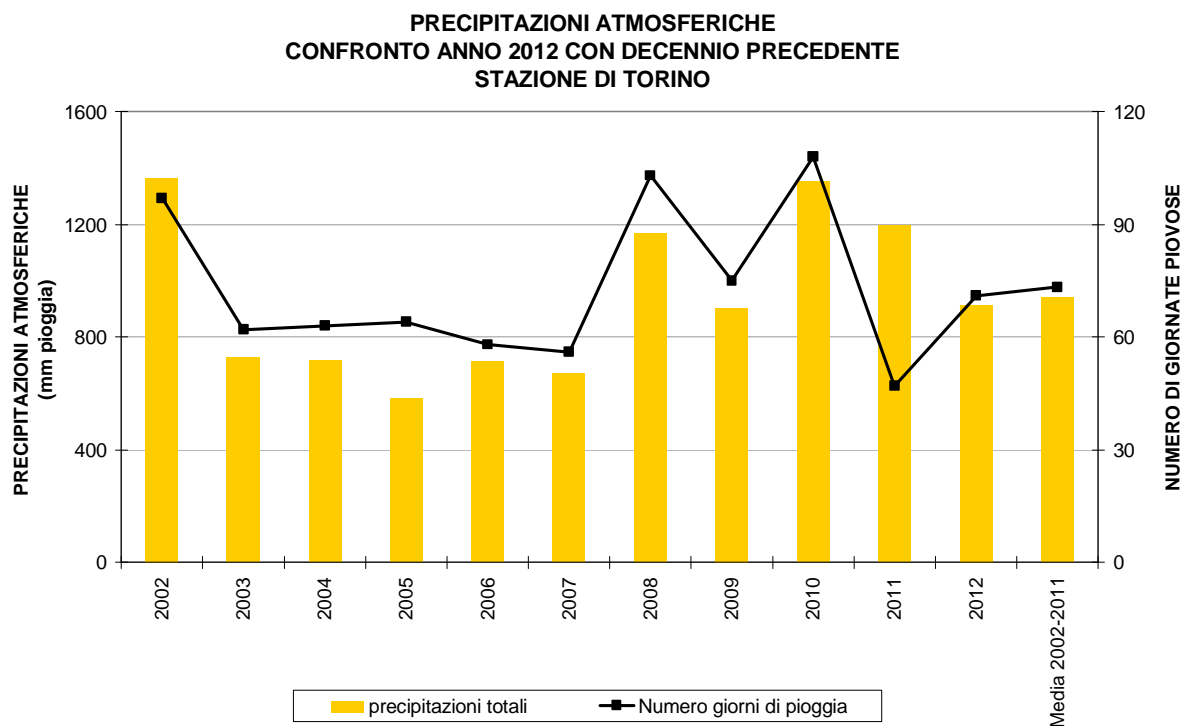


FIGURA 42: precipitazioni atmosferiche: sommatorie annuali e media del decennio in termini di quantità di precipitazioni e di numero di giornate piovose per la stazione di Torino

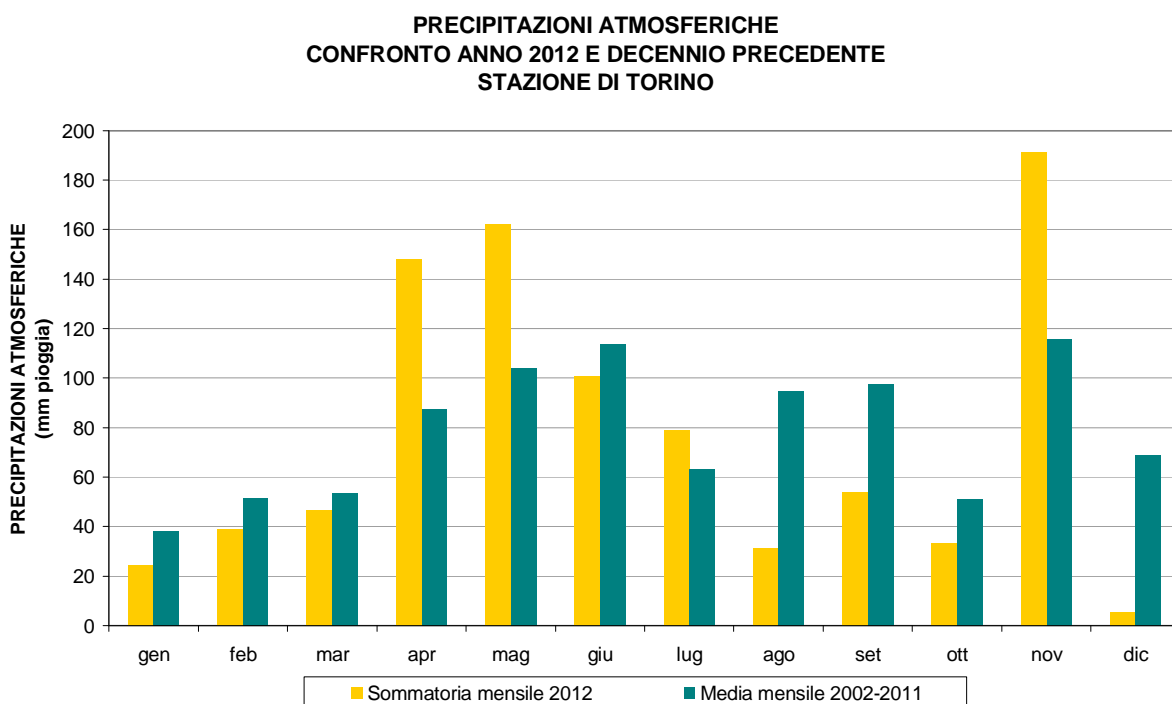


FIGURA 43: precipitazioni atmosferiche: sommatorie mensili per l'anno 2012 e medie mensili relative al decennio 2002÷2011 per la stazione di Torino

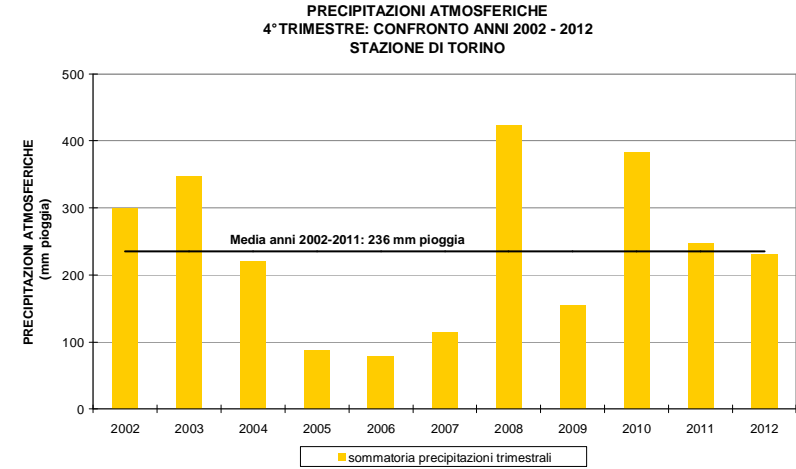
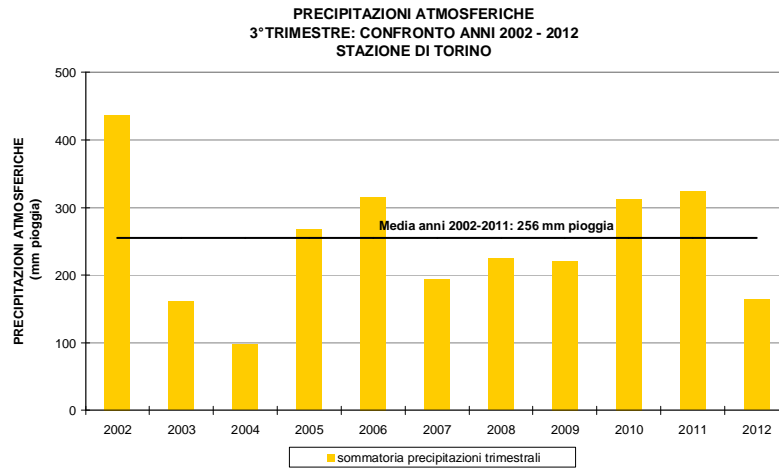
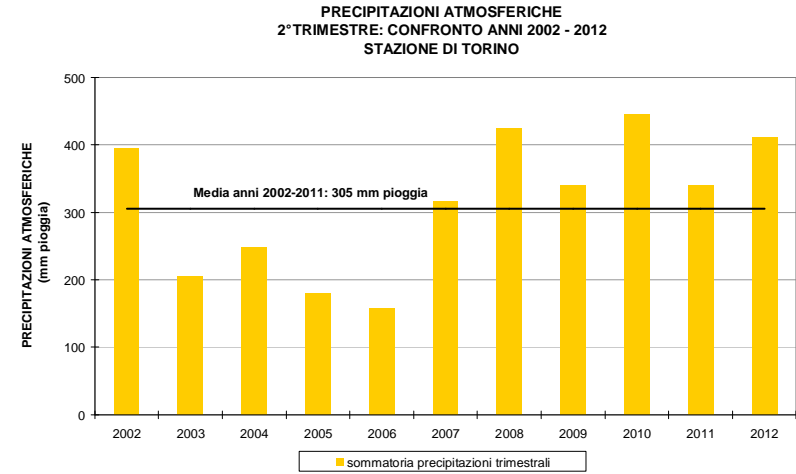
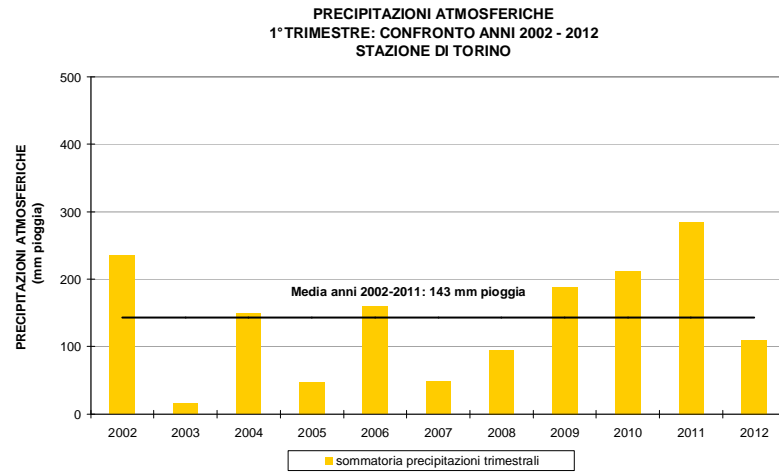


FIGURA 44: precipitazioni atmosferiche: sommatorie trimestrali relative al periodo 2002=2012 per la stazione di Torino.

LA SITUAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA IN EUROPA

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

A. Bertello (Provincia di Torino)

In questo capitolo si presenta un confronto dello stato della qualità dell'aria in aree urbane europee di dimensioni paragonabili all'agglomerato di Torino¹³ relativamente ai parametri PM10, PM2,5 ed NO₂.

La scelta delle città da confrontare è stata effettuata sulla base della classifica per dimensione delle aree urbane europee pubblicata da Eurostat¹⁴ e stilata nell'ambito della realizzazione del programma Urban Audit.

Il criterio utilizzato è stato quello di selezionare 15 aree metropolitane con popolazione complessiva compresa fra circa 1 milione e 2 milioni di abitanti appartenenti ai principali paesi europei. Per ognuna di queste aree metropolitane sono state individuate, sull'ultima versione di Air Base (v7) rilasciata dall'Agenzia Europea per l'Ambiente, le stazioni di fondo urbano e di traffico urbano che presentassero dati per i parametri sopra menzionati con una percentuale di dati validi superiore al 70%. Nel caso in cui più stazioni di rilevamento della qualità dell'aria di fondo o di traffico urbano fossero disponibili per una stessa area metropolitana si è scelta quella con la media annuale più elevata. Le città selezionate e delle stazioni di rilevamento utilizzate sono riportate in TABELLA 29.

Città	Stato	Pop	Cod stazione PM10 fondo urbano	Cod stazione PM10 traffico urbano	Cod stazione PM2,5 fondo urbano	Cod stazione PM2,5 traffico urbano	Cod stazione NO ₂ fondo urbano	Cod stazione NO ₂ traffico urbano
Amsterdam	NL	1.482.287	NL00014	NL00545	NL00014		NL00019	NL00002
Brussels	BE	1.885.319	BETR012	BETR001	BETR012	BETR001	BETB006	BETR001
Copenhagen	DK	1.822.569		DK0030A	DK0045A	DK0030A	DK0045A	DK0034A
Dublin	IE	1.534.426	IE0135A	IE0098A	IE0106A	IE0105A	IE0135A	IE0098A
Düsseldorf	DE	1.527.176	DENW071	DENW082	DENW071		DENW071	DENW082
Glasgow	GB	1.755.300	GB0641A		GB0641A	GB0657A	GB0641A	GB0657A
Helsinki	FI	1.279.685	FI00425	FI00851	FI00425	FI00851	FI00425	FI00851
Krakow	PL	1.276.438	PL0039A	PL0012A	PL0039A	PL0012A	PL0501A	PL0012A
Lyon	FR	1.748.271	FR20062	FR20063	FR20062		FR20062	FR20063
Praha	CZ	2.156.097	CZ0ARIE	CZ0ASMI	CZ0ARIE	CZ0ASMI	CZ0ARIE	CZ0ASMI
Sofia	BG	1.334.782	BG0040A	BG0054A	BG0050A		BG0050A	BG0054A
Stockholm	SE	1.981.263	SE0022A	SE0003A	SE0022A	SE0003A	SE0022A	SE0003A
Torino	IT	1.773.747	IT0554A	IT0469A	IT0554A		IT0554A	IT0470A
Valencia	ES	1.670.682	ES1619A	ES1239A	ES1619A	ES1926A	ES1619A	ES1912A
Zurich	CH	1.160.687	CH0010A	CH0021A			CH0010A	CH0021A

TABELLA 29: città e stazioni di monitoraggio selezionate per il confronto.

IL PARTICOLATO

Relativamente al parametro PM10 sono riportati nelle

FIGURA 45 e FIGURA 47 i valori della media annuale e del numero di superamenti del valore di 50 µg/m³ come media su 24h, misurati nel corso del 2011. In FIGURA 46 sono riportate le medie annuali del parametro PM2,5.

Si osserva come Torino sia, escludendo le città di Cracovia e Sofia, per le quali esistono situazioni emissive non completamente paragonabili con le città dell'Europa "occidentale", l'unica area metropolitana, fra quelle analizzate, nella quale nei siti di fondo urbano non è rispettato il valore limite annuale per la protezione della salute (

FIGURA 45 FIGURA 46). La situazione è altrettanto critica se si analizzano i valori rilevati nelle stazioni di traffico, Torino è infatti l'unica città nella quale si misurano concentrazioni medie annue di PM10 notevolmente superiori (> di 10 µg/m³) al valore limite, sempre escludendo le città dell'est europeo.

¹³ Agglomerato IT0103 (Torino, San Mauro, Settimo T.se, Borgaro T.se, Venaria, Collegno, Grugliasco, Rivoli, Orbassano, Beinasco, Nichelino e Moncalieri) - DGR 28 giugno 2004, n. 19-12878 (B.U. n. 30 del 29 luglio 2004)

¹⁴ <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&plugin=1&language=en&pcode=tdgs00080>

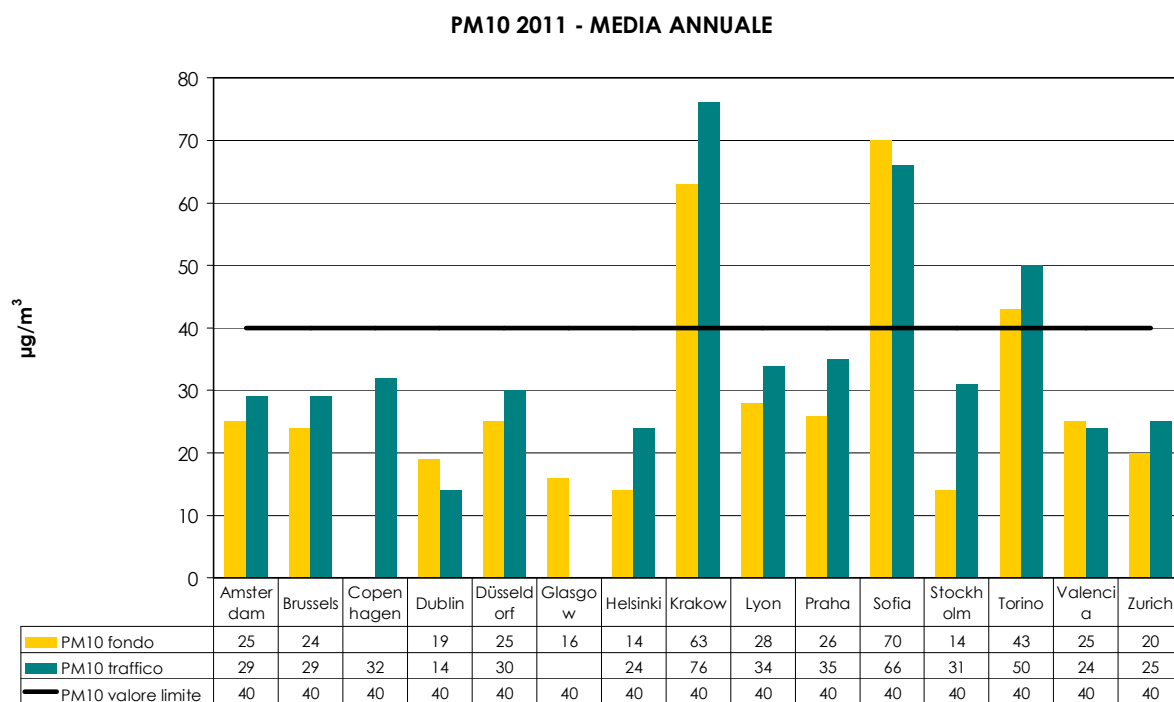


FIGURA 45: PM10 media annuale – confronto con il valore limite.

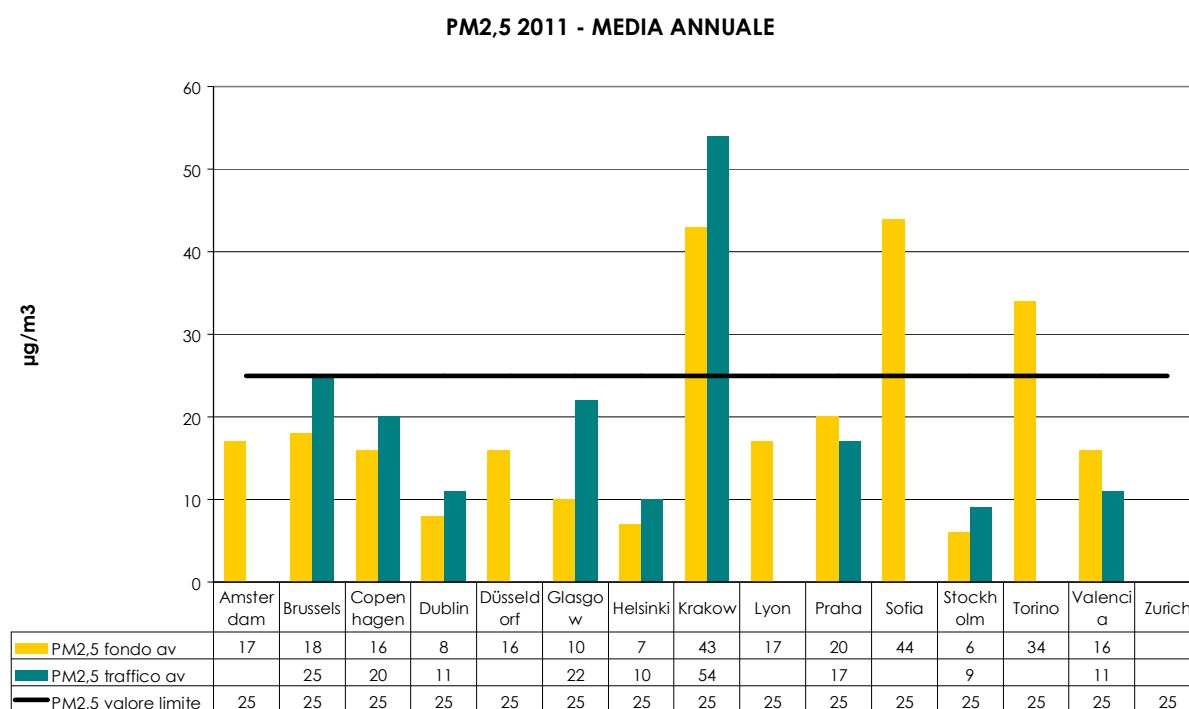


FIGURA 46: PM2,5 media annuale – confronto con il valore limite.

L'analisi del confronto dei valori misurati con il valore limite giornaliero definito per il PM10 (FIGURA 47) evidenzia come il rispetto di questo limite sia più impegnativo. Si osserva infatti come tale valore non sia rispettato nei siti da traffico di numerose città. Torino, con 105 giorni di superamento in un sito di fondo urbano, si presenta però, anche in relazione a questo parametro, come una delle la città con maggiori problemi di inquinamento.

PM10 2011 - NUMERO DI SUPERAMENTI

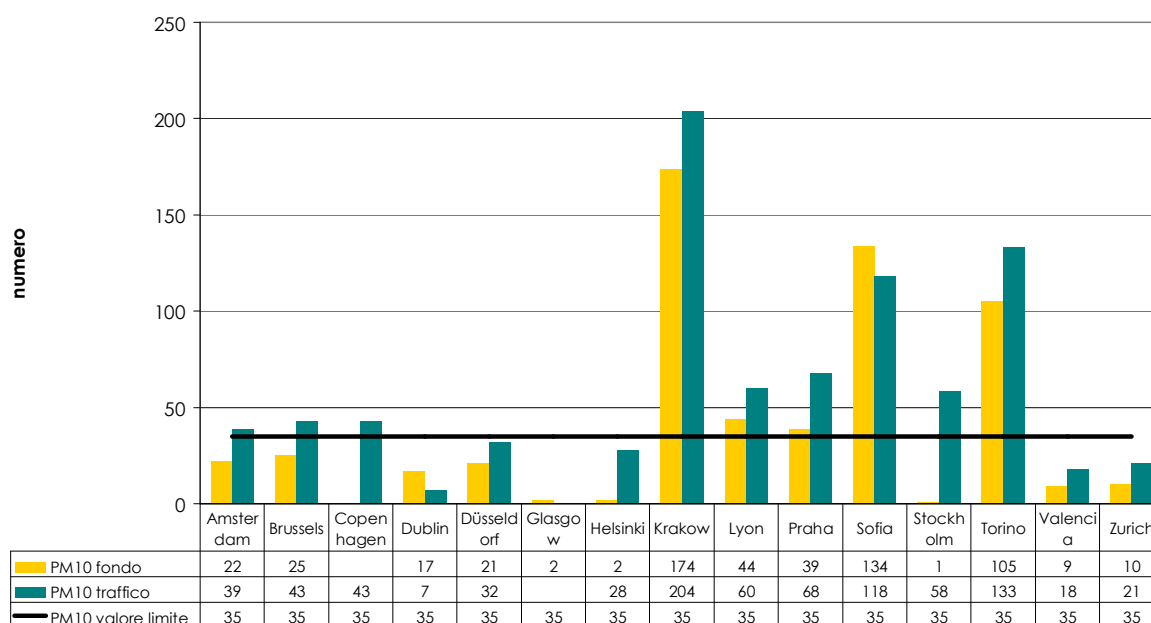


FIGURA 47: PM10 numero di superamenti del valore medio giornaliero di 50 µg/m³ – confronto con il valore limite.

È interessante osservare come nella stazioni delle città dei paesi nordici (Stoccolma, Helsinki e Copenhagen) il numero dei superamenti nelle stazioni da traffico sia importante, alle volte superiore al valore limite e molto più consistente di quello rilevato nei siti di fondo. Occorre però considerare che i siti da traffico nelle città dei paesi con inverni estremamente rigidi possono essere influenzati dalle operazioni di salatura o sabbatura delle strade necessarie a garantire la sicurezza della circolazione veicolare. La risospensione del materiale disperso può incidere in maniera significativa sulle medie annuali e in modo ancora più evidente sul numero di superamenti giornalieri. Tale contributo, una volta quantificato, può però essere "scontato" ai sensi dell' Art. 21 della Direttiva 2008/50/EC. Una prima considerazione che può essere effettuata per spiegare la criticità dell'area urbana torinese è relativa alla differenza fra le concentrazioni misurate nelle stazioni di traffico urbano rispetto a quelle di fondo (TABELLA 30).

Città	PM10	NO ₂
	Differenza fra le medie annuali rilevate nelle stazioni da traffico rispetto a quelle di fondo	Differenza fra le medie annuali rilevate nelle stazioni da traffico rispetto a quelle di fondo
Amsterdam	4	31
Brussels	5	7
Copenhagen		37
Dublin	-5	3
Düsseldorf	5	36
Glasgow		38
Helsinki	10	30
Kraków	13	42
Lyon	6	17
Prague	9	16
Sofia	-4	11
Stockholm	17	30
Torin	7	22
Valencia	-1	6
Zürich	5	14
valore medio	5,5	23
valore massimo	17	42
valore minimo	-4	6

TABELLA 30: Differenza fra le medie annuali rilevate nelle stazioni da traffico rispetto a quelle di fondo.

Questa analisi, pur con le incertezze dovute al diverso posizionamento delle stazioni di misura, mostra che tale differenza per la città di Torino è assolutamente in linea con quella delle altre città europee. Si può pertanto ragionevolmente supporre che il contributo del traffico locale sia paragonabile a quello delle altre città.

La principale differenza è da ricercarsi negli elevati valori misurati nelle stazioni di fondo urbano la cui causa potrebbe essere individuata nella presenza di fonti emissive particolarmente impattanti e/o nella diverse condizioni meteorologiche e topografiche, tipiche dell'area metropolitana torinese, che combinate favoriscono l'accumulo delle sostanze inquinanti.

Al fine di individuare quale possa essere il principale responsabile dei fenomeni di inquinamento sono stati utilizzati i dati emissivi sviluppati nell'ambito del programma EMEP (*European Monitoring and Evaluation Programm*). Tali dati sono disponibili per tutti i paesi aderenti al programma con un dettaglio geografico di 50x50 Km. Si è pertanto provveduto ad estrarre i dati emissivi relativi alle celle del dominio in cui sono posizionate le città oggetto di questo studio (TABELLA 31).

L'analisi di tali valori non evidenzia una situazione emissiva particolarmente critica per la città di Torino sia in relazione all'emissione di particolato primario sia in relazione all'emissione dei suoi principali precursori. Sembra pertanto abbastanza probabile che la principale causa degli ingenti superamenti dei valori limite sia da imputare alle condizioni meteorologiche e topografiche particolarmente sfavorevoli.

Città	Cella	PMcoarse+2,5 (ton/y)	NO _x (ton/y)	NH ₃ (ton/y)	SO _x (ton/y)
Amsterdam	57/45	2942	34360	7079	2032
Brussels	58/42	2506	29561	3114	4573
Copenhagen*	59/58	2471	15897	861	1405
Dublin	42/39	2135	24378	2627	3925
Düsseldorf	60/45	5887	36517	4442	25486
Glasgow	42/45	1668	22375	3512	2698
Helsinki*	61/76	4096	23031	464	10409
Kraków	76/57	2530	6163	1221	7278
Lyon	66/33	4708	16475	2226	4493
Prague*	70/51	1613	15262	2094	11257
Sofia	94/51	2248	4971	377	642
Stockholm	58/68	4158	14273	904	3178
Turin	71/34	4247	22724	3912	651
Valencia*	67/14	1175	4111	1774	423
Zürich*	68/40	2509	10881	4244	2017
valore medio		2993	18732	2590	5364
valore massimo		5887	36517	7079	25486
valore minimo		1175	4111	377	423

*L'area metropolitana ricade su 2 o più celle, il dato riportato è quello relativo alla cella con valore di emissione più elevato.

TABELLA 31: Emissioni totali annue su grigliato usate dal modello EMEP15.

Al fine di rendere più completo il confronto della situazione relativamente ai parametri PM10 e PM2,5 si sono analizzati, laddove disponibili, gli andamenti delle concentrazioni rilevati negli ultimi anni rispettivamente nelle stazioni di fondo urbano, FIGURA 48 e FIGURA 49, ed in quelle di traffico, FIGURA 50.

Nelle stazioni di fondo si osserva come le concentrazioni siano sostanzialmente stabili o in lieve diminuzione ed in nessuno dei siti analizzati si siano conseguite significative riduzioni nel corso degli ultimi anni con l'eccezione della città di Torino per la quale si apprezzano delle sensibili riduzioni. Il valore particolarmente elevato misurato nel 2011 è dovuto alle condizioni meteo-climatiche particolarmente sfavorevoli occorse in quel periodo.

¹⁵ Fonte dati CEIP (Centre on Emission Inventories and Projections) - <http://www.ceip.at/webdab-emission-database/>

PM10 FONDO URBANO - TREND STORICO MEDIA ANNUALE

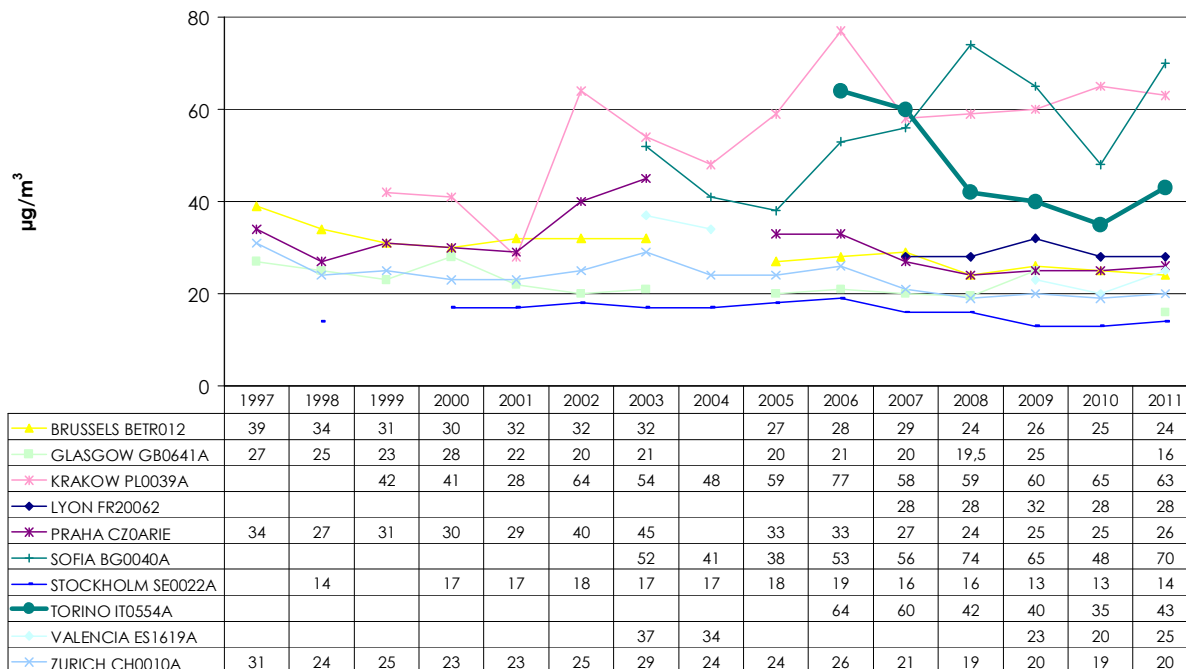


FIGURA 48: PM10 - stazioni di fondo urbano. Andamento delle concentrazioni medie annuali rilevate negli ultimi 15 anni.

PM2,5 FONDO URBANO - TREND STORICO MEDIA ANNUALE

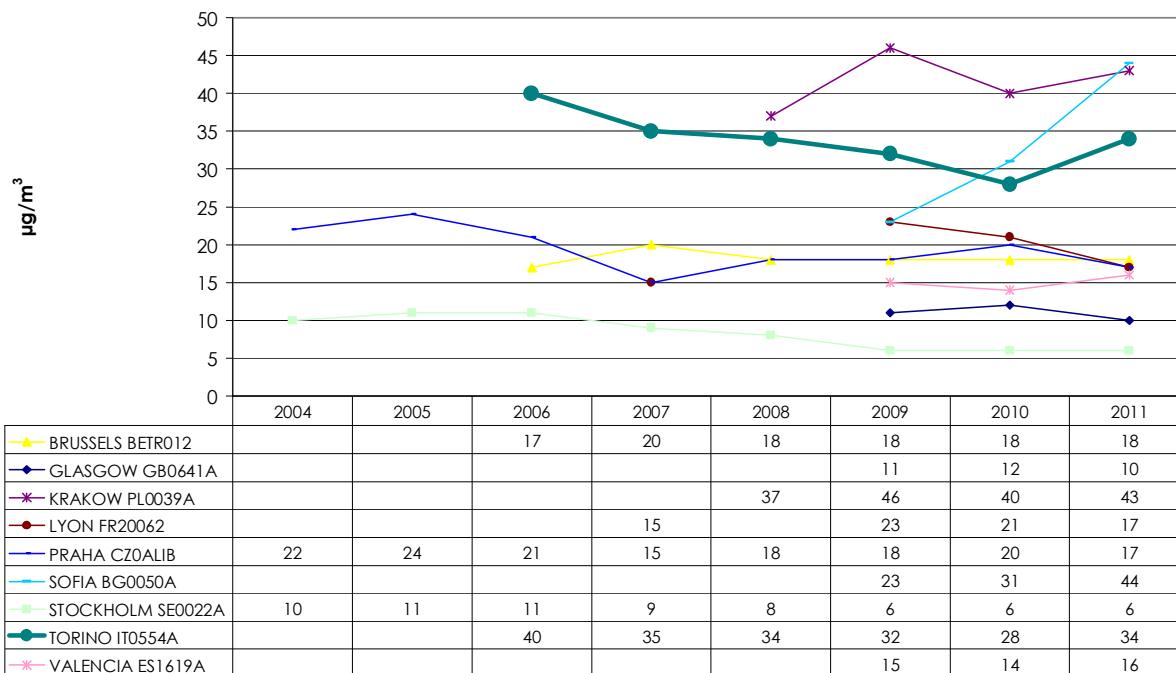


FIGURA 49: PM2,5 - stazioni di fondo urbano. Andamento delle concentrazioni medie annuali rilevate negli ultimi 8 anni.

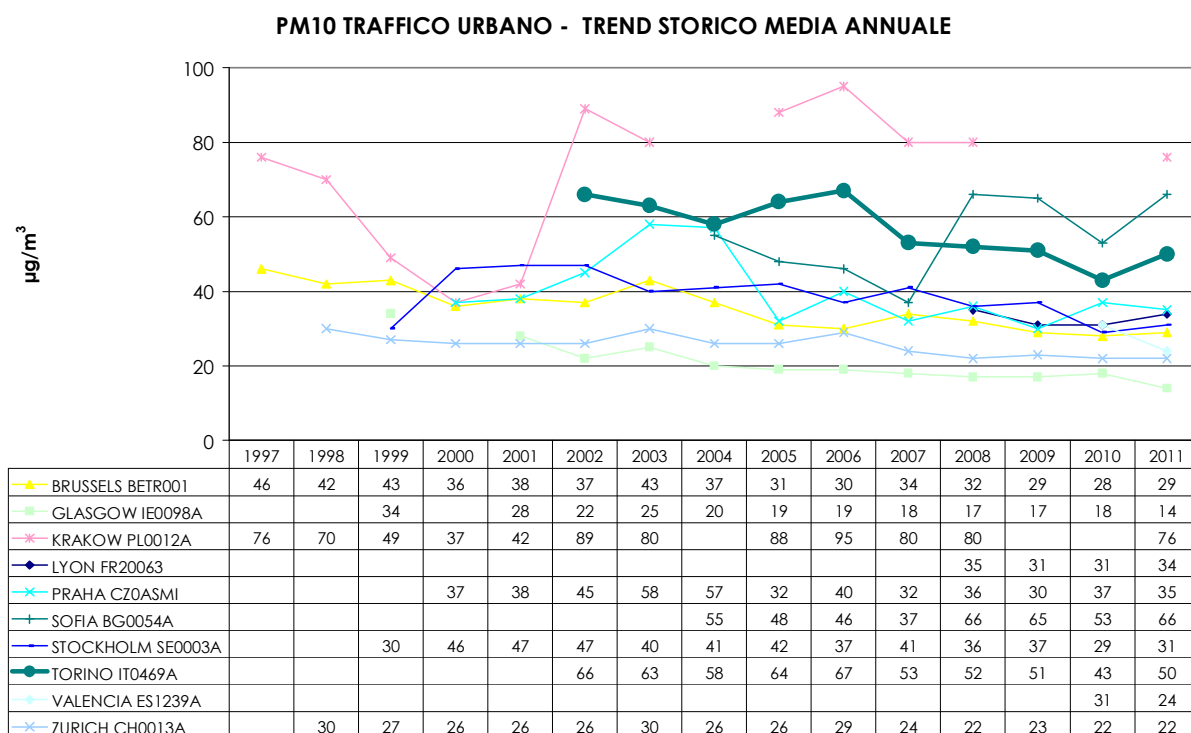


FIGURA 50: PM10 - stazioni di traffico urbano. Andamento delle concentrazioni medie annue rilevate negli ultimi 15 anni.

Analizzando i dati rilevati nelle stazioni di traffico (FIGURA 50) si riscontra invece che in quasi tutte le stazioni è osservabile un miglioramento delle concentrazioni di PM10 dell'ordine di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ negli ultimi 10 anni. Tale riduzione è da imputarsi allo sviluppo di politiche di riduzione delle emissioni veicolari adottate sia a livello comunitario (standard EURO) sia a livello nazionale e locale (promozione di veicoli a minor impatto e limitazione della circolazione dei veicoli più inquinanti) che hanno portato a risultati sicuramente evidenti anche se non sempre sufficienti a garantire il rispetto dei valori limite entro la data prevista.

L'analisi dei dati presentati evidenzia un buon successo delle misure di riduzione delle emissioni adottate a vari livelli istituzionali, ma contestualmente sottolinea come in aree particolarmente critiche come quella di Torino le misure messe in campo non siano ancora sufficienti a garantire il rispetto degli standard di qualità.

IL BLOSSIDO DI AZOTO

Un'analisi del tutto simile a quella realizzata per il parametro PM10 viene riproposta nel seguito relativamente al biossido di azoto (NO_2).

Si osserva innanzitutto da un primo esame dei dati riportati in FIGURA 51 (confronto con il valore limite annuale) ed in FIGURA 52 (confronto con il valore limite orario) che nel caso dell' NO_2 , al contrario di quanto accade per il PM10, è il valore limite annuale quello più severo.

NO₂ 2011 - MEDIA ANNUALE

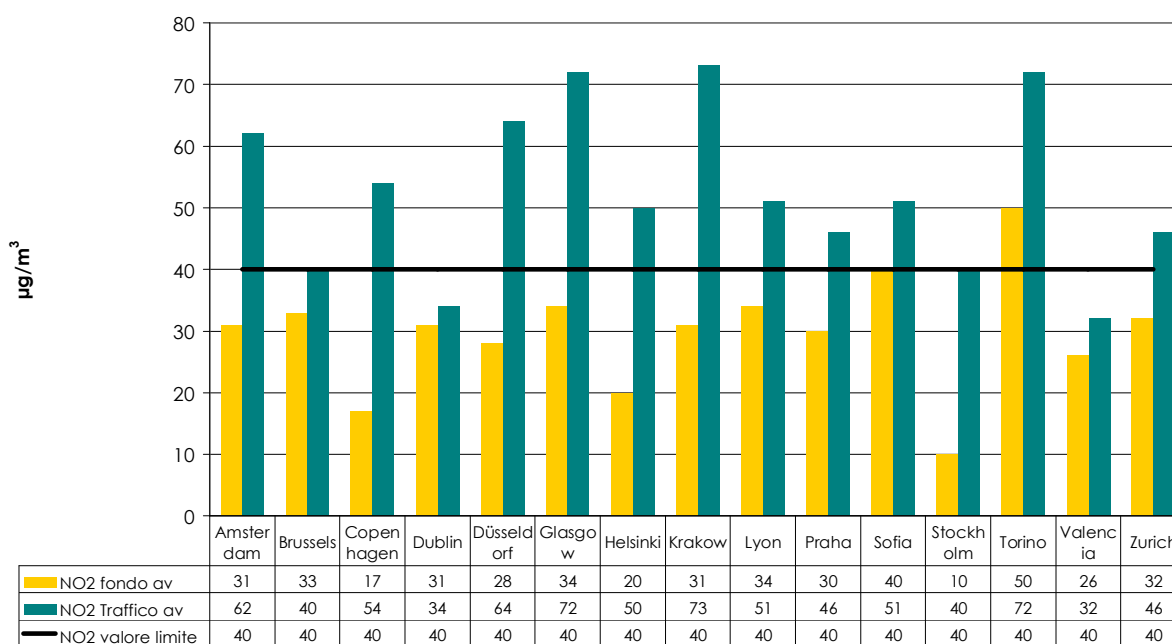


FIGURA 51: NO₂ media annuale – confronto con il valore limite.

NO₂ 2011 - NUMERO DI SUPERAMENTI

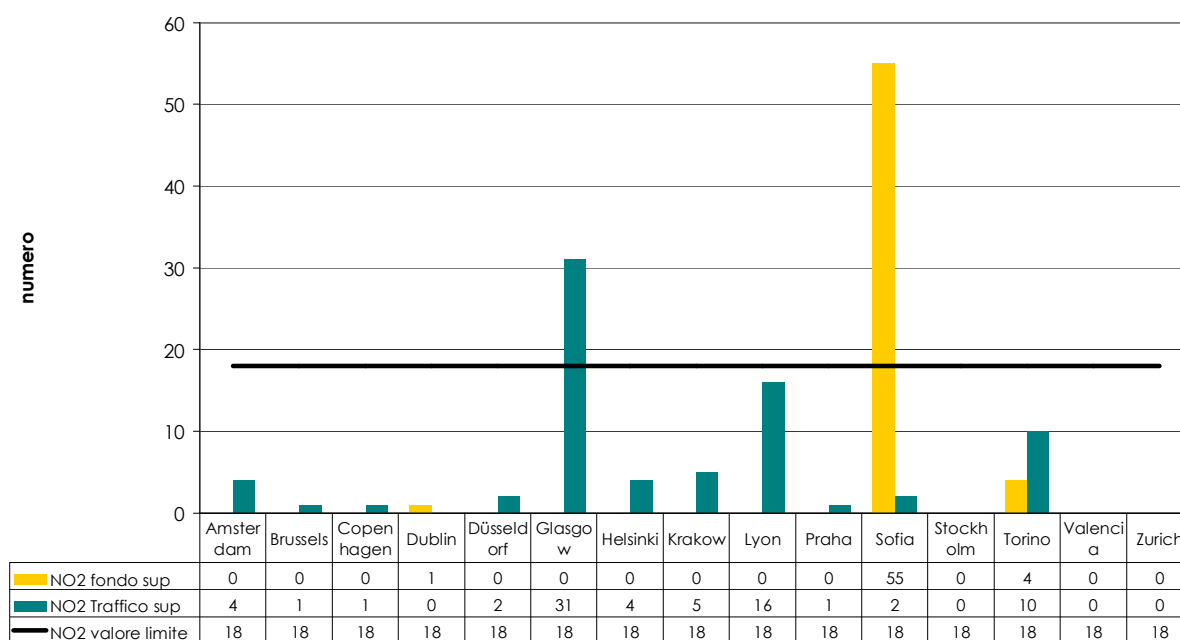


FIGURA 52: NO₂ numero di superamenti del valore medio orario di 200 µg/m³ – confronto con il valore limite.

Analizzando nel dettaglio i dati riportati in FIGURA 51 relativamente alle concentrazioni di fondo urbano si osserva che, similmente a quanto osservato per il PM₁₀, la città di Torino presenta i livelli di NO₂ più alti fra le realtà confrontate e superiori al valore limite. Concentrazioni elevate e superiori al valore limite sono invece frequenti nei siti di traffico in quasi tutte le città europee analizzate. In relazione a questo riferimento i dati dell'agglomerato torinese sono in linea con molte altre aree metropolitane.

Come per il PM₁₀ anche nel caso dell'NO₂ la peculiarità di Torino risiede negli elevati livelli di fondo che anche in questo caso, a seguito delle analisi dei dati emissivi riportati in TABELLA 31, sono da

imputarsi maggiormente alle condizioni meteorologiche piuttosto che ad una situazione emissiva particolarmente critica.

Relativamente al valore orario per la protezione della salute il grafico in FIGURA 52 mostra che tale limite è effettivamente molto meno stringente e che viene rispettato sostanzialmente in tutti i siti di fondo, con l'eccezione della città di Sofia, dove probabilmente è stata data una erronea descrizione della stazione di monitoraggio in AIRBASE, e in quasi tutti i siti di traffico.

Analizzando le serie storiche per le stazioni di fondo urbano (FIGURA 53) emerge una sostanziale stabilità delle concentrazioni con forse una lieve tendenza generale al miglioramento. Relativamente alle stazioni di traffico (FIGURA 54) tale tendenza è meno percettibile e anzi in taluni casi si osserva un lieve incremento delle concentrazioni

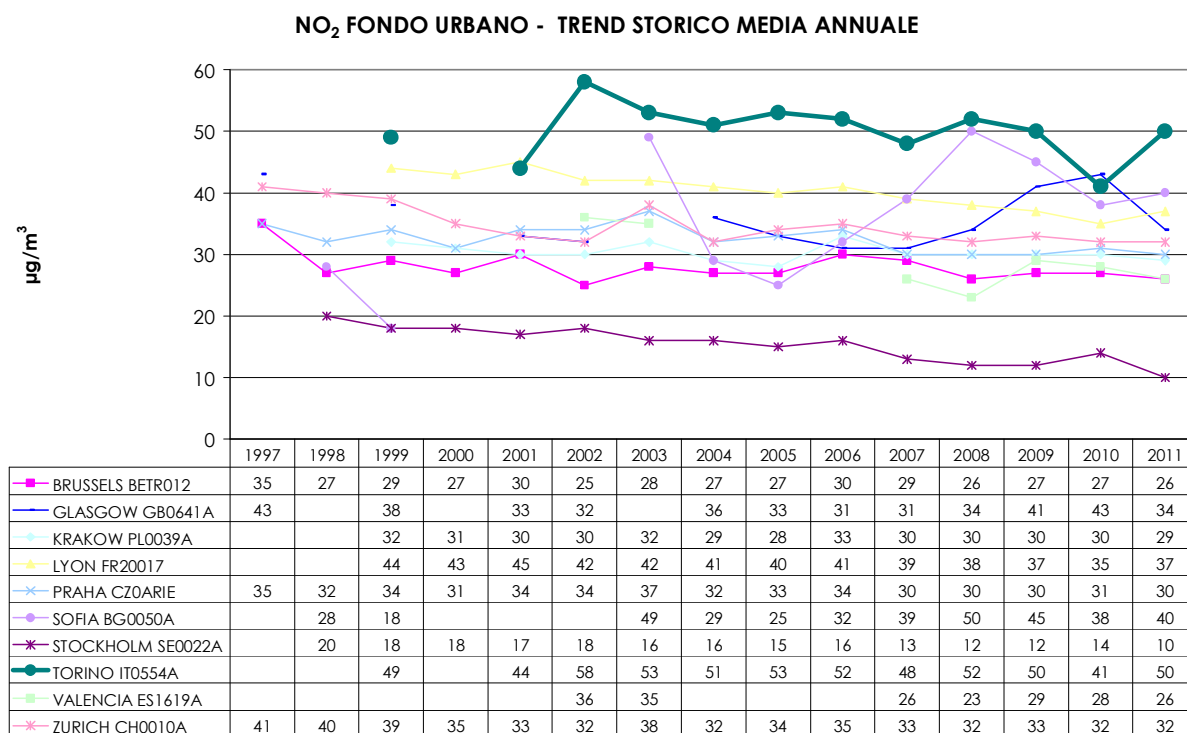


FIGURA 53: NO₂ - stazioni di fondo urbano. Andamento delle concentrazioni medie annuali rilevate negli ultimi 15 anni.

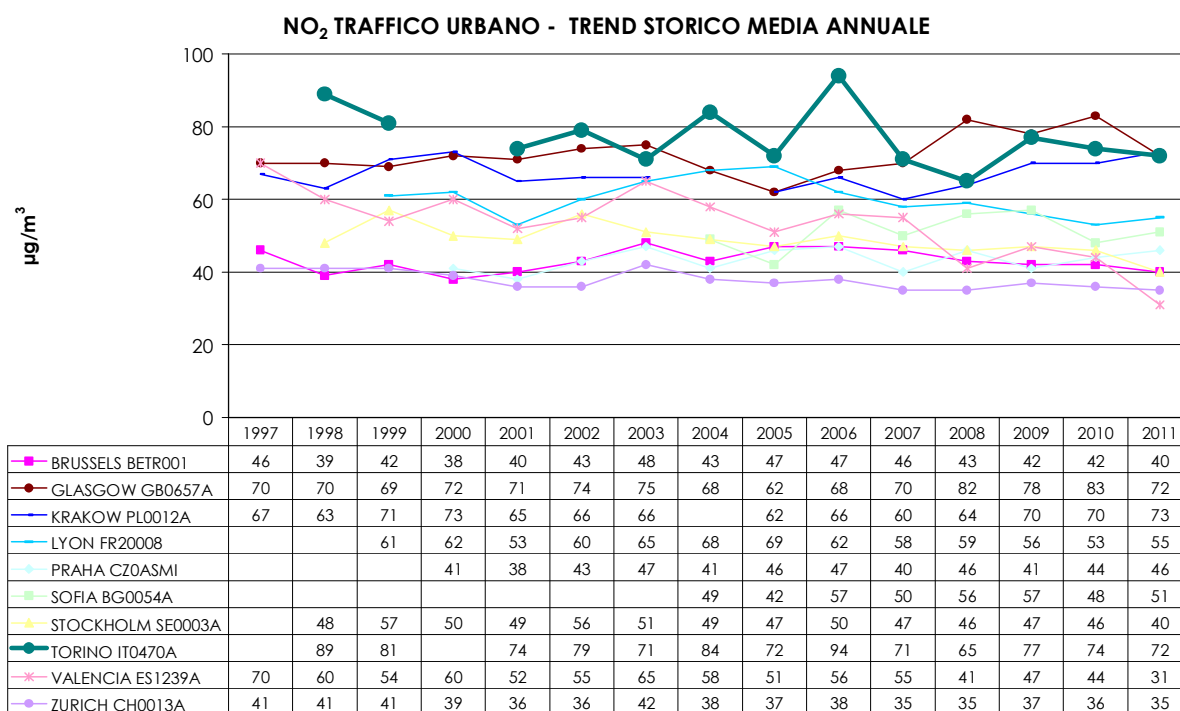


FIGURA 54: NO₂ - stazioni di traffico urbano. Andamento delle concentrazioni medie annuali rilevate negli ultimi 10 anni.

L'analisi di questi dati non è particolarmente confortante in quanto sembra evidenziare solo una lieve efficacia delle politiche di riduzione delle emissioni complessive, probabilmente dovuta alle migliorie apportate al settore energetico ed industriale (che rappresentano, insieme al traffico, i principali emettitori di ossidi di azoto) ed un parziale fallimento delle politiche di riduzione delle emissioni relative attribuibili al traffico veicolare.

Occorrerebbe però entrare nel dettaglio delle singole politiche al fine di analizzare puntualmente eventuali errori ed inefficienze, una valutazione così specifica non è però oggetto del presente capitolo.

Quello che si può ragionevolmente affermare, a fronte dei dati presentati, è che al fine di rispettare i valori limite per la protezione della salute occorre aumentare il livello di efficacia delle misure di contenimento delle emissioni a tutti i livelli istituzionali. Tale affermazione trae ancora più forza quando si analizza la situazione della città di Torino e della pianura padana dove, proprio a causa delle particolari condizioni meteo-climatiche, le misure adottate dovrebbero essere ancora più ambiziose e severe al fine di garantire gli stessi livelli di qualità ambientale riscontrabili nelle altre nazioni europee. Tali misure richiedono specifiche fonti di finanziamento e forse "regole speciali" che consentano, in aree particolarmente critiche dal punto di vista ambientale, l'adozione di misure anche in deroga ai principi della concorrenza e del mercato unico.

IL PROGETTO DI STUDIO DELLE SORGENTI DI INQUINAMENTO ATMOSFERICO NEL TERRITORIO CIRCOSTANTE LA CENTRALE TERMoeLETTRICA "TORINO NORD"

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

Francesco Lollobrigida, Fabio Pittarello, Annalisa Bruno - Arpa Piemonte, Dipartimento di Torino, Roberta De Maria, Valeria Garbero, Francesca Bissardella, Stefania Ghigo - Arpa Piemonte, Dipartimento Sistemi Previsionali

Stefano Buratto – Arpa Piemonte, Area Funzionale Tecnica

INTRODUZIONE

La quantificazione dell'impatto a livello di inquinamento atmosferico di un impianto industriale nelle reali condizioni di esercizio è - anche nei casi di impianti che sono stati sottoposti a procedure di V.I.A. - una delle problematiche ambientali più sentite da cittadini e amministrazioni locali, a cui non è possibile fornire una risposta attraverso le tradizionali attività di monitoraggio; queste ultime infatti non forniscono per loro natura informazioni sul contributo relativo delle varie fonti e quindi sulle possibili azioni di risanamento.

Nel caso in esame - a fronte della prevista entrata in esercizio della centrale termoelettrica "Torino Nord" - il tavolo tecnico a cui avevano dato vita l'anno precedente i Comuni di Collegno e Venaria Reale ha richiesto nel 2010 ad Arpa Piemonte di predisporre una serie di attività progettuali di approfondimento.

Il progetto - che si è focalizzato su PM10, PM2,5 e biossido di azoto, i tre inquinanti atmosferici più critici nell'area urbana torinese¹⁶, si è articolato su tre linee di attività, che verranno brevemente descritte nei paragrafi seguenti:

- verificare se, per i tre inquinanti citati, siano individuabili nell'area interessata variazioni significative della qualità dell'aria nel periodo successivo all'entrata in esercizio della centrale "Torino Nord" e se le eventuali variazioni possano essere ricondotte al contributo della centrale stessa;
- determinare, prima e dopo l'entrata in funzione della centrale, la percentuale della componente primaria del particolato aerodisperso, vale a dire di quella frazione che può essere oggetto di azioni di risanamento a scala locale;
- valutare, in relazione all'immissione di particolato atmosferico primario e di ossidi di azoto in aria ambiente, il contributo percentuale delle principali sorgenti emissive presenti nella medesima area, compresa la citata centrale termoelettrica.

Per ulteriori approfondimenti si rimanda alle relazioni tecniche prodotte all'interno del progetto, che sono disponibili sul sito web di Arpa Piemonte.

CONFRONTO DELLO STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA PRIMA E DOPO L'ENTRATA IN ESERCIZIO DELL'IMPIANTO

All'interno del progetto sono state effettuate mediante una stazione mobile di rilevamento quattro campagne di monitoraggio ante operam (108 giorni complessivi tra dicembre 2010 e ottobre 2011) e quattro post operam (109 giorni complessivi tra gennaio e ottobre 2012). La stazione mobile è stata collocata nella frazione Savonera del comune di Collegno, in un sito individuato, nell'area a carattere residenziale di potenziale massima ricaduta dell'impianto sulla base dell'analisi contenuta nello Studio di Impatto Ambientale. Il confronto dei dati ante e post operam è stato effettuato sia a livello di medie annuali che di medie giornaliere, in modo da verificare se le eventuali variazioni interessassero singoli episodi di picco e/o le concentrazioni di fondo dell'area.

Sul piano metodologico è fondamentale considerare che, per evidenziare se ci sono state variazioni significative della qualità dell'aria dovute a una specifica fonte (nel caso in esame la centrale "Torino Nord"), **non risulta corretto un semplice confronto numerico** tra le concentrazioni

¹⁶ Non è stato preso in considerazione l'ozono in quanto, pur presentando costantemente nei mesi estivi un superamento dei limiti di legge, richiede per sua natura interventi di risanamento a una scala spaziale (sopra provinciale o addirittura sopra regionale) ben superiore a quella del livello locale

rilevate in aria ambiente prima e dopo l'entrata in esercizio della fonte stessa, in quanto occorre tener conto delle diverse condizioni meteorologiche dei due periodi¹⁷.

Per quanto riguarda le medie giornaliere, proprio allo scopo di minimizzare l'effetto delle differenti condizioni meteorologiche in cui sono stati svolti i monitoraggi ante e post operam, si è cercato di individuare un modello statistico-matematico che mettesse in relazione l'escursione "ammissibile" delle concentrazioni di PM10, PM2,5 e NO₂ presso il sito di massima ricaduta alle concentrazioni rilevabili presso una stazione di riferimento ubicata in un'area non soggetta alle ricadute della centrale. Nel caso in esame con un'analisi statistica preliminare è stata scelta come riferimento la stazione di Borgaro Torinese.

Il modello statistico-matematico scelto si basa sulla individuazione delle curve previsionali di livello di probabilità del 95% (probabilità di inclusione $p=0,95$) a partire dai dati ante operam; in assenza di mutamenti significativi della situazione ambientale in cui tali curve previsionali sono state calcolate, ci si aspetta che un nuovo dato sia interno alle due curve con probabilità pari al 95%. Ciò implica anche che è ammissibile, ma deve essere un evento "raro" (probabilità $p < 5\%$), che un dato possa risultare al di fuori della zona previsionale, anche in assenza di variazioni ambientali significative. A titolo di esempio nella FIGURA 55 si riporta il grafico delle curve previsionali del PM2,5 nel sito di Savonera.

In sintesi la metodologia relativa alle medie giornaliere prevede i seguenti passaggi:

- verifica della significatività del modello di regressione lineare tra le concentrazioni medie giornaliere del punto di massima ricaduta (Y) e quelle del punto di riferimento (X), che nel caso in esame è risultata molto elevata;
- implementazione, per mezzo dell'analisi dei residui, delle curve previsionali¹⁸ di livello di probabilità del 95% a partire dai dati ante operam;
- analisi dei dati giornalieri post operam, sulla base dell'ipotesi conservativa secondo cui le situazioni in cui più del 5% delle coppie di medie giornaliere post operam si collocano al di fuori dell'intervallo previsionale sono da considerarsi "non conformi" al modello e pertanto richiedono una disamina approfondita.

Per quanto riguarda invece i valori medi di lungo periodo i dati della stazione di riferimento sono stati utilizzati per stimare le medie annuali ante e post operam nel sito di Savonera mediante una semplice proporzione; successivamente si è verificato se la criticità del sito di fraz. Savonera in ambito provinciale – vale a dire la posizione nella scala che va dalla stazione con la concentrazione minore a quella con la concentrazione maggiore – fosse mutata nel periodo post operam rispetto a quello ante operam.

Nel complesso non sono emersi, a livello né di medie giornaliere né di medie annuali, elementi che evidenzino una variazione significativa della qualità dell'aria nel sito dopo l'entrata in funzione dell'impianto considerato. Più in particolare:

- a livello di medie giornaliere è emerso che le differenze di qualità dell'aria tra ante e post operam si manifestano sia con situazioni peggiorative che con situazioni migliorative. Nel caso del PM10 le due tipologie di situazione si equivalgono, mentre per il PM2,5 prevalgono le situazioni migliorative; per il biossido di azoto tutte le variazioni rilevate sono peggiorative, ma in nessuna delle giornate interessate si sono verificati nel sito superamenti del valore limite orario. Per il PM10 15 valori (corrispondenti al 15% del totale) sono al di fuori dell'intervallo previsionale, di cui 8 al di sopra del limite superiore; per il PM2,5 il 7% dei dati esce dall'intervallo (7 valori), e di questi solo due valori sono superiori al limite superiore e per il biossido di azoto sei dati (che corrispondono al 7%) risultano al di fuori dell'intervallo previsionale, tutti collocati al di sopra del limite superiore. Le giornate che evidenziano un peggioramento per biossido di azoto e PM10 sono inoltre per la grande maggioranza (cinque su sei e cinque su otto, rispettivamente) comprese all'interno di un episodio meteorologico di freddo intenso del febbraio 2012. L'analisi della direzione del vento alla quota effettiva di emissione¹⁹ nel corso di tale episodio ha

¹⁷ Per un esempio dell'influenza delle condizioni meteorologiche si rimanda ai capitoli relativi al particolato e al biossido di azoto nell'edizione di "Uno sguardo all'aria" dell'anno 2011

¹⁸ Tali curve, spesso note con il termine di "iperboli previsionali", non devono essere assolutamente confuse con le iperboli fiduciali. Queste ultime infatti esprimono l'intervallo in cui ci si aspetta di trovare la media della variabile Y in relazione ai valori X_i della variabile X, mentre le curve previsionali stimano l'intervallo in cui ci si aspetta di trovare i singoli valori di Y in funzione di X

¹⁹ Per l'analisi della direzione prevalente del vento non possono essere utilizzati i dati anemologici al suolo perché il camino dell'impianto ha un'altezza fisica di 60 m, a cui va aggiunta la risalita del pennacchio dovuta alla temperatura elevata dei fumi e alla loro velocità di uscita. Di conseguenza sono stati utilizzati profili verticali di vento messi a disposizione dal Dipartimento Sistemi Previsionali di Arpa.

mostrato che il sito di Savonera si è trovato sottovento alla centrale solo nell'11% delle ore; in particolare il giorno 7 febbraio - in cui è stato registrato sia per il biossido di azoto che per il PM10 nel sito di massima ricaduta il valore di media giornaliera più elevato di tutto il monitoraggio post operam – il sito di misura non è mai risultato sottovento all'impianto.

- a livello di medie annuali, non si sono riscontrati durante il periodo post operam variazioni significative per PM10 e biossido di azoto, mentre si è osservato un miglioramento per il PM2,5.

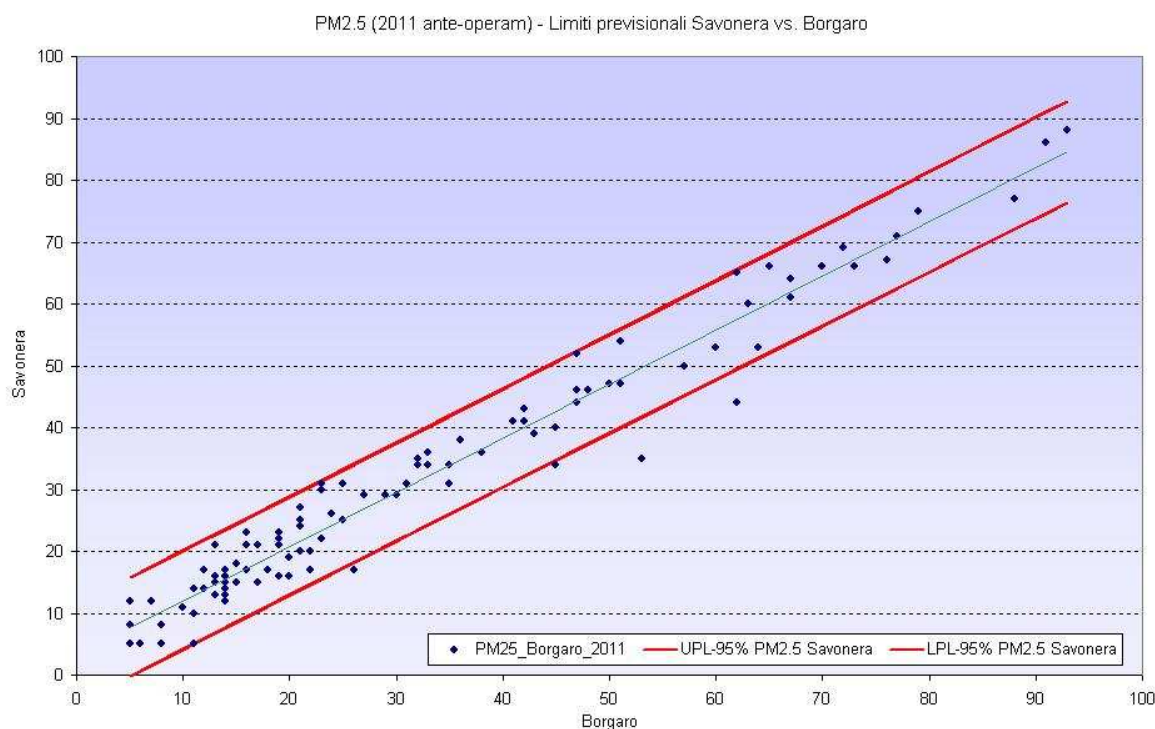


FIGURA 55: Limiti previsionali per il PM2,5.

ANALISI DELLE COMPONENTI PRIMARIA E SECONDARIA DEL PM2,5

La speciazione del particolato atmosferico riveste una particolare importanza per la programmazione delle azioni di risanamento. E' noto infatti che questo inquinante è costituito da una miscela molto complessa di sostanze, classificabili in due tipologie di componenti distinte in funzione della loro origine, entrambe costituite da sostanze di natura sia organica che inorganica:

- componente primaria, emessa direttamente come tale dalle fonti inquinanti;
- componente secondaria, originata da complessi fenomeni chimico-fisici che avvengono in atmosfera e comportano la trasformazione in particolato di sostanze che originariamente erano state emesse in forma gassosa (i cosiddetti "precursori")²⁰.

Sotto il profilo delle azioni di risanamento la componente primaria è quella su cui si può intervenire più efficacemente a livello locale, mentre la riduzione di quella secondaria può essere affrontata solo con provvedimenti a scala spaziale molto più ampia. Per quantificare nel sito di Savonera il peso percentuale della componente secondaria sono stati selezionati quaranta campioni giornalieri di PM2,5 nella fase ante operam e quaranta in quella post operam, scelti in modo da essere adeguatamente rappresentativi dei due periodi sotto il profilo della distribuzione dei valori, delle diverse condizioni meteorologiche e del giorno della settimana. Su ognuno di questi campioni è stata effettuata sia la determinazione dei componenti secondari inorganici (ammonio, solfato e nitrato) che del carbonio elementare (EC) e organico (OC), nonché di alcuni macrocomponenti inorganici primari (calcio, magnesio, sodio, potassio e cloruri). A partire dai dati di OC e EC è stata successivamente stimata la concentrazione della componente organica secondaria (SOA, Secondary Organic Aerosol) del PM2,5 mediante il cosiddetto "EC tracer

²⁰ Si rimanda a questo proposito ai capitoli dedicati al particolato secondario e al progetto iMonitraf! nelle edizioni 2007 e 2011 di Uno sguardo all'aria

method", ampiamente utilizzato in letteratura a questo scopo²¹ e basato sulla stima del rapporto $(OC/EC)_{\text{primario}}$. Oltre al rapporto calcolato in base ai dati sperimentali del sito di Savonera è stato anche utilizzato – allo scopo di ottenere una indicazione sul valore minimo di carbonio organico che ci può aspettare nel sito monitorato - un valore pari a 0,67, ricavato nella città di Milano all'interno di una galleria stradale, dove si suppone che la frazione carboniosa sia sostanzialmente legata alle emissioni da traffico e quindi di natura primaria²².

I risultati della speciazione del PM_{2,5} sono riportati nella FIGURA 56 per il periodo ante operam e nella FIGURA 57 per quello post operam²³. Nella campagna post operam si osserva che nel periodo freddo la quantità di nitrati è superiore a quanto osservato nell'anno precedente, mentre nella stagione calda il valore si riduce drasticamente di quasi un quinto, risultando inferiore a quanto misurato nell'ante operam. Nel post operam per i nitrati si evidenzia che, a differenza di quanto accade nell'ante operam, lo scarto tra stagione calda e fredda è decisamente più elevato. Le motivazioni che portano a tali differenze vanno ricercate nella differente meteorologia che ha caratterizzato i due anni, ante e post operam, soprattutto per quanto riguarda i mesi di gennaio e febbraio 2012 caratterizzati da condizioni meteorologiche estreme²⁴.

Sotto il profilo delle politiche di risanamento il dato più rilevante è che la frazione secondaria – per la quale come già richiamato non sono efficaci azioni svolte unicamente a livello locale - è stimabile in media tra il 60% ed il 67% del PM_{2,5} e quindi risulta nettamente prevalente su quella primaria.

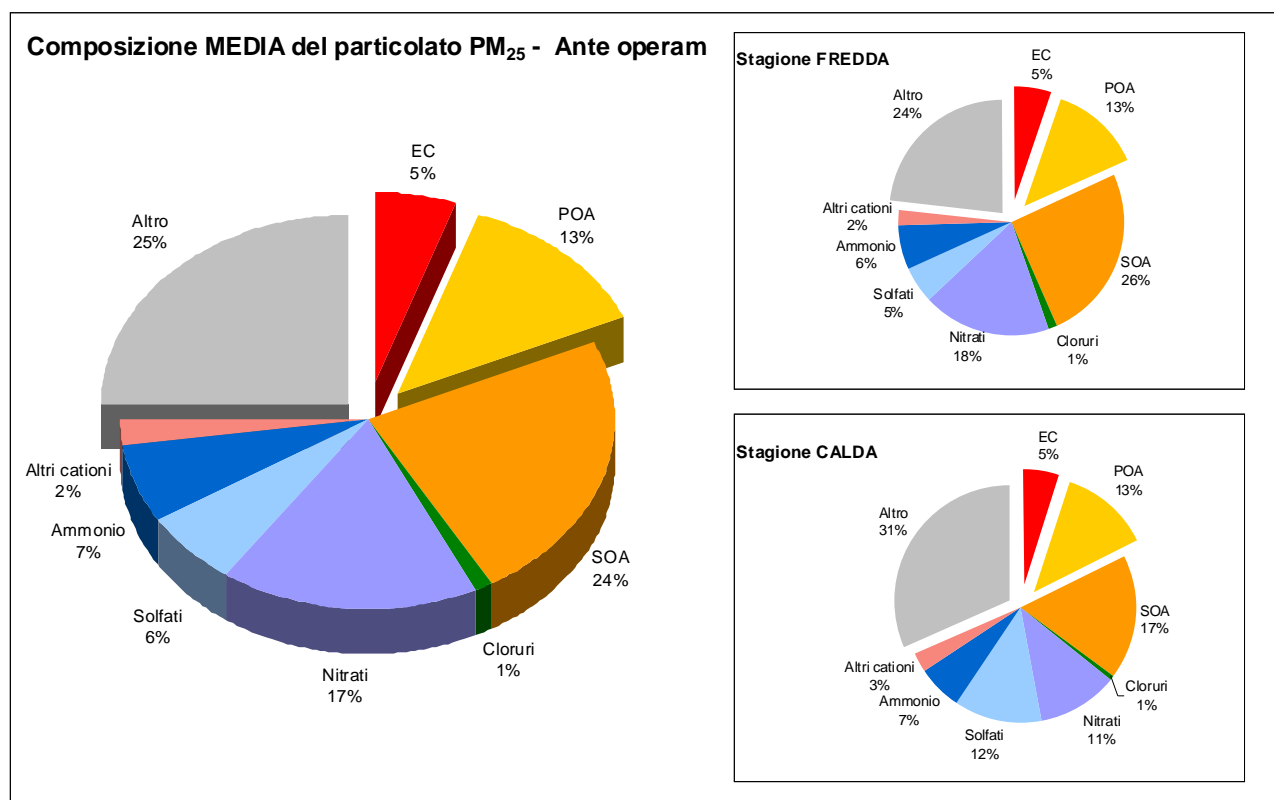


FIGURA 56: Composizione media del PM_{2,5} nel sito di Savonera nel periodo ante operam.

²¹ Si veda ad esempio:

Lonati et al., Primary and secondary carbonaceous species in PM_{2.5} samples in Milan (Italy), *Atm. Env.* 41 (2007);

Salma et al. Elemental and organic carbon in urban canyon and background environments in Budapest, Hungary, *Atm. Env.* 38 (2004);

Castro et al., Carbonaceous aerosol in urban and rural European atmospheres: estimation of secondary organic carbon concentrations, *Atm. Env.* 33 (1999)

²² Lonati et al., Primary and secondary carbonaceous species in PM_{2.5} samples in Milan (Italy), *Atm. Env.* 41 (2007)

²³ Le percentuali riportate nelle figure sono quelle ricavate dal rapporto $(OC/EC)_{\text{primario}}$ calcolato sulla base dei dati sperimentali. Utilizzando invece per il rapporto il citato valore di 0,67, nell'ante operam il POA passa da 13% a 5% e il SOA da 24% a 32%. mentre nel post operam il POA passa da 9% a 4% e il SOA da 22% a 27%.

²⁴ Il nitrato d'ammonio è un composto semivolatile, per cui in condizioni di bassa temperatura (in autunno-inverno) è favorita la sua condensazione nella fase particolata. Nel caso specifico si consideri che la temperatura media nel sito di Savonera è stata di +0,7 °C nella campagna invernale ante operam (dicembre 2010-gennaio 2011 e di -2,4 °C in quella post operam (gennaio-febbraio 2012)

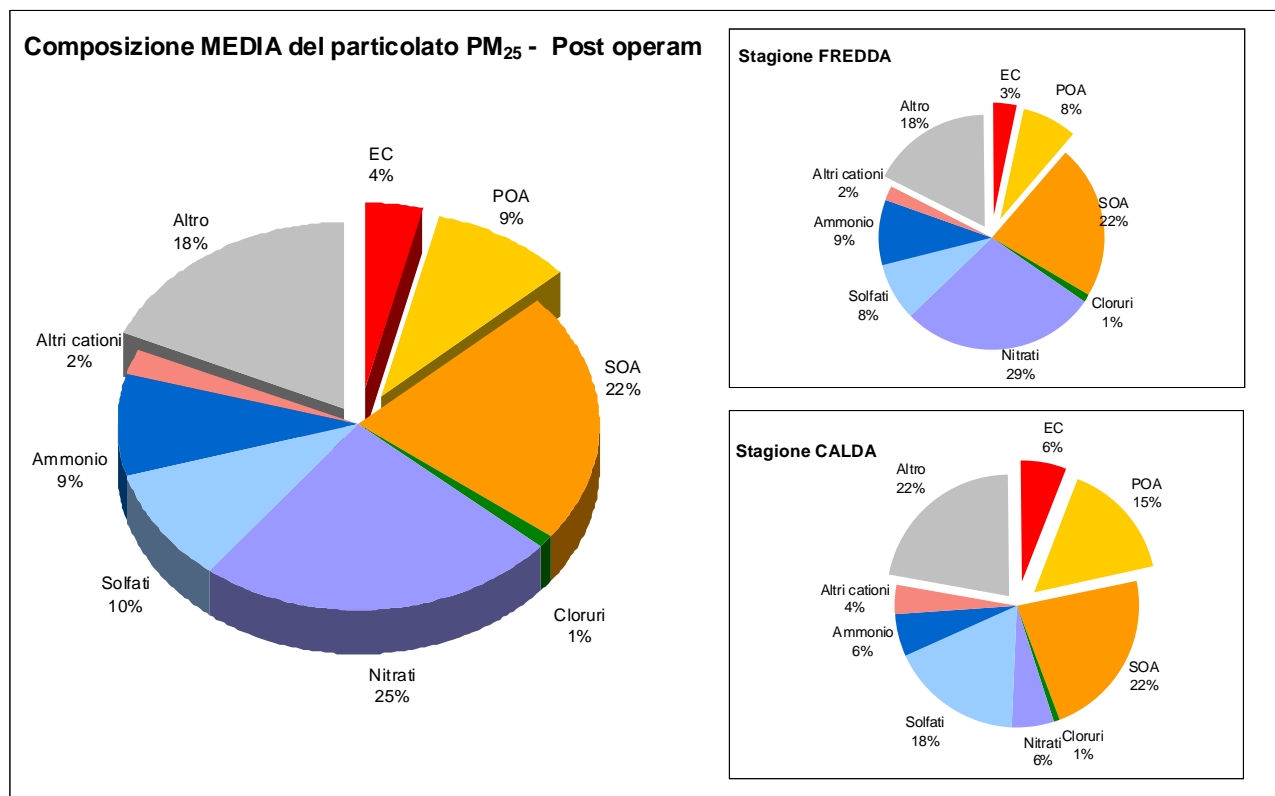


FIGURA 57: Composizione media del PM_{2,5} nel sito di Savonera nel periodo post operam.

VALUTAZIONE DELL'IMPATTO DELLE PRINCIPALI SORGENTI EMISSIVE PRESENTI NELL'AREA DI COLLEGNO E VENARIA

La valutazione del contributo, in termini di concentrazioni in atmosfera, delle sorgenti emmissive più significative presenti nell'area circostante la centrale Torino Nord ha permesso di indagare quali fonti di inquinanti primari, in particolare ossidi di azoto e PM10, potrebbero essere oggetto di provvedimenti a scala locale ai fini di un miglioramento della qualità dell'aria. Lo strumento più idoneo per questo tipo di approfondimento è rappresentato da un sistema modellistico tridimensionale integrato, basato su modelli meteorologici di tipo diagnostico, su un processore per le emissioni e su un codice dispersivo lagrangiano a particelle; quest'ultimo permette di simulare la dispersione di inquinanti primari (considerati come poco o non reattivi) emessi da diverse tipologie di sorgenti, stimandone il contributo relativo.

Lo studio di dispersione è stato realizzato su un'area avente superficie pari a 14 x 14 km², comprendente, fra gli altri, i comuni di Collegno e di Venaria e avente una risoluzione temporale oraria e spaziale di 250 metri. La meteorologia è stata ricostruita su un dominio più ampio rispetto a quello dispersivo, di 35 x 35 km² con risoluzione orizzontale di 500 metri, in modo tale da rappresentare al meglio le caratteristiche meteorologiche dell'area, tenendo conto anche dei rilievi orografici che, sebbene non interni al dominio di calcolo delle concentrazioni, ne possono influenzare l'anemologia e, quindi, la dispersione.

Nella fase preliminare dello studio sono state individuate le sorgenti più significative per l'area, in relazione agli inquinanti da simulare, attraverso un'analisi dei dati dell'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera (IREA). Considerando i comuni interni al dominio di calcolo delle concentrazioni, i comparti emissivi più rilevanti sono risultati essere per le emissioni diffuse il riscaldamento domestico e il trasporto su strada, che descrivono complessivamente circa l'85% delle emissioni di ossidi di azoto e il 96% di quelle di PM10 primari. Oltre a queste tipologie di categorie emmissive, sono stati simulati anche gli impianti presenti nel dominio e identificati nell'IREA come sorgenti puntuali, nonché la centrale termoelettrica "Torino Nord".

I criteri che hanno guidato l'individuazione del periodo di simulazione sono stati da un lato la necessità di rappresentare un episodio caratterizzato da condizioni meteorologiche sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti in atmosfera e, dall'altro, la disponibilità di misure di qualità dell'aria nell'area di studio che permettessero di valutare i risultati della ricostruzione modellistica attraverso il confronto con i dati osservati. L'analisi delle serie temporali di dati di qualità dell'aria nell'area ha portato a selezionare il periodo dal 1° dicembre 2010 al 28 febbraio 2011, durante il quale si sono osservati alcuni episodi di accumulo delle concentrazioni di inquinanti in atmosfera e, contemporaneamente, è stata effettuata una delle campagne di misura nel punto di massima ricaduta della centrale termoelettrica per la valutazione dello stato ante operam.

La simulazione modellistica dispersiva necessita in ingresso di campi di vento e di temperatura tridimensionali su base oraria, ricostruiti con un modello di tipo diagnostico (basato sulla conservazione della massa, MINERVE²⁵) a partire da informazioni al suolo e in quota, da dati orografici e di uso del suolo. Come dati al suolo sono stati analizzati quelli relativi alle stazioni appartenenti alla rete di monitoraggio meteoroidrografica di Arpa presenti nel dominio di calcolo e come dati di input in quota sono state acquisite le analisi del modello ECMWF (European Center for Medium Range Weather Forecast). Per la ricostruzione dei campi di turbolenza, delle diffusività orizzontali e di quelle verticali si è utilizzato un pre-processore meteorologico diagnostico (SURFPRO3²⁶), basato su metodi di bilancio energetico superficiale e sulla teoria di similarità di Monin-Obukhov, che utilizza in ingresso i campi meteorologici tridimensionali prodotti da MINERVE, un dataset di uso del suolo e i dati di radiazione solare di una stazione interna al dominio di calcolo. Nella FIGURA 58 sono illustrati i domini di calcolo e le stazioni meteorologiche al suolo selezionate per essere utilizzate ai fini della ricostruzione anemologica.

²⁵ ARIA Technologies (2001) MINERVE wind field model – General design manual – Version 7.0

²⁶ ARIANET (2011) SURFPRO3 User's guide (SURFACE-atmosphere interface PROCessor, Version 3)

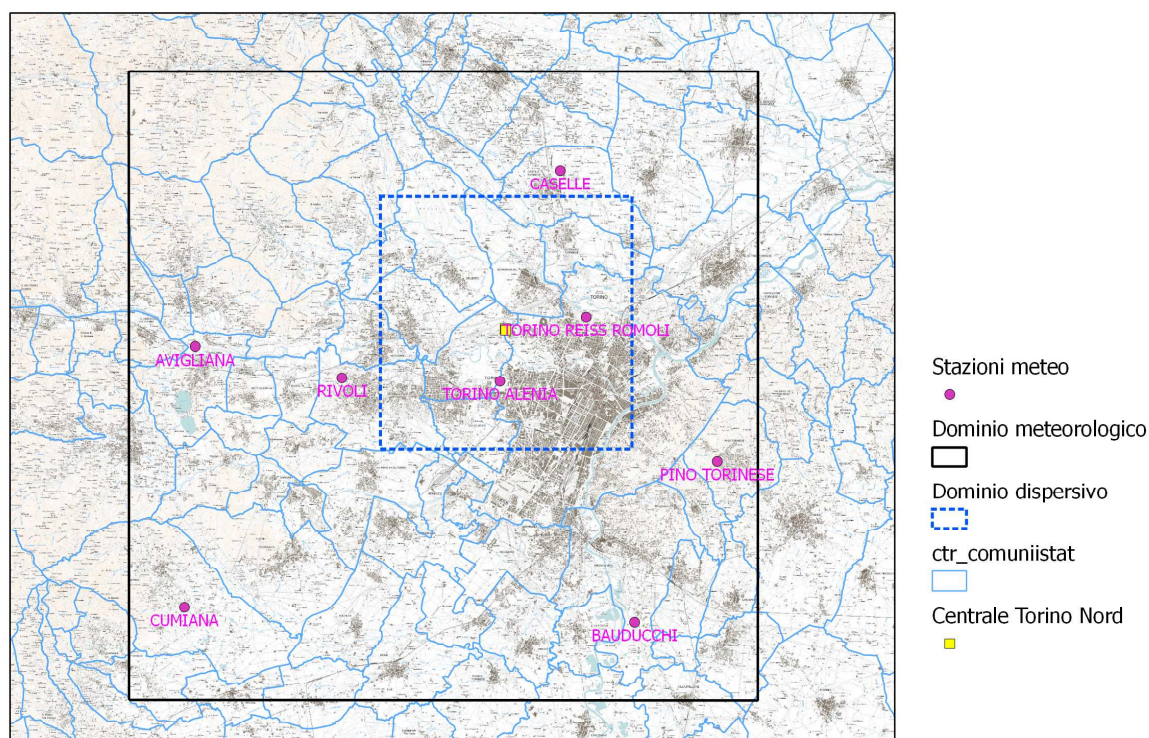


FIGURA 58: Domini di calcolo e stazioni al suolo utilizzate in ingresso al modello meteorologico

Le informazioni riguardanti le emissioni da riscaldamento domestico presenti nell'IREA e riferite ai territori comunali, sono state spazializzate dal modello per le emissioni (Emission Manager²⁷) sul grigliato di calcolo della simulazione modellistica, sulla base dell'uso del suolo ed in particolare sulla classe che rappresenta le aree edificate, permettendo di attribuire le emissioni alle zone che ne sono effettivamente responsabili. Le emissioni sono quindi state distribuite temporalmente a partire da modulazioni ricavate dagli orari (tipici di ogni fascia climatica) di normale funzionamento degli impianti domestici di produzione di energia.

Per la descrizione delle emissioni da traffico sono stati utilizzati i flussi veicolari della società 5T forniti dalla Provincia di Torino ottenuti da stime modellistiche calcolate sul grafo stradale provinciale, basate sui passaggi veicolari presso un certo numero di spire presenti sul grafo stesso. Le emissioni lineari associate a ciascun arco sono state calcolate, applicando la metodologia CORINAIR/COPERT IV²⁸, con un modello di stima delle emissioni da traffico (TREFIC²⁹), a partire dalla composizione del parco circolante della provincia di Torino, dai dati di flusso veicolare, dalle velocità di percorrenza per ciascun arco del grafo stradale e da dati ambientali quali temperatura e piovosità. La ripartizione dei veicoli nelle quattro macrocategorie previste da TREFIC (automobili, veicoli commerciali leggeri, veicoli commerciali pesanti e motoveicoli) è stata effettuata sulle diverse tipologie di strade (strade urbane, strade extraurbane e autostrade) sulla base di dati statistici³⁰. All'interno di ogni classe veicolare è stata poi effettuata una ripartizione in classi COPERT, che distinguono i veicoli sulla base di parametri quali standard emissivi, cilindrata ed alimentazione, a partire dal parco veicolare circolante. Non essendo disponibile, al momento della realizzazione del lavoro, il parco veicolare circolante nella Provincia di Torino aggiornato al 2010, lo si è stimato applicando al parco veicoli 2008 (fornito dal Settore Tributi della Regione Piemonte) i trend evolutivi al 2010 previsti da GAINS-Italy³¹.

27 ARIA Technologies – ARIANET (2008) Emission Manager 2.0 – Processing system for model-ready emission input – User's guide

28 <http://www.emisia.com/copert/General.html>

29 ARIANET (2009) TREFIC (TRaffic Emission Factors Improved Calculation) – User's guide

30 "Modellistica della qualità dell'aria nell'area metropolitana torinese (CIG 0418162631) – Relazione conclusiva" della Provincia di Torino http://www.provincia.torino.gov.it/ambiente/inquinamento/eventi/convegno_2011-11-30

31 Sistema modellistico che, integrato nel sistema MINNI, quantifica il potenziale ed i costi di riduzione delle emissioni dei gas ad effetto serra e dei principali inquinanti atmosferici (<http://www.minni.org/>)



FIGURA 59: Grafo stradale utilizzato in TREFIC: strade urbane in verde, strade extraurbane in blu e autostrade in rosso

Il grafo stradale utilizzato nella modellizzazione (riportato in FIGURA 59), derivato da quello provinciale per intersezione con l'area di studio, è costituito da 1989 archi, di cui 1774 urbani, 105 extraurbani e 110 autostradali, a ciascuno dei quali sono associati valori orari per tutto il periodo di simulazione. Al fine di limitare il numero di informazioni orarie (flusso e velocità) che il modello di stima delle emissioni dovrebbe gestire per una simile quantità di tratti stradali, gli archi con andamento temporale del traffico simile sono stati raggruppati in gruppi o *cluster* caratterizzati da una modulazione temporale rappresentativa, preservando al tempo stesso la variabilità temporale e spaziale dei dati di traffico della società 5T e ottenendo così un numero limitato di modulazioni. Per gli archi stradali urbani ed extraurbani sono stati individuati 5 gruppi, ognuno dei quali è quindi caratterizzato da una modulazione temporale oraria che rappresenta il valore di traffico più probabile per gli archi appartenenti allo stesso gruppo e per la stessa ora. Per le modulazioni degli archi autostradali invece ci si è basati sulle informazioni rilevate come passaggi alle barriere di esazione di Bruere, Settimo, Falchera, Beinasco e Trofarello forniti da ATIVA S.p.A. relativamente al periodo di simulazione; anche in questo caso la *cluster analysis* ha permesso di raggruppare le barriere caratterizzate da modulazioni temporali del traffico, differenziato in veicoli pesanti e leggeri, fra di loro simili.

Nel caso degli impianti le cui emissioni sono state simulate come sorgenti puntuali, sono state utilizzate le informazioni emissive presenti nell'IREA, applicando modulazioni temporali caratteristiche delle categorie emissive di appartenenza. A parte è stata simulata la centrale termoelettrica "Torino Nord", non ancora attiva nel periodo di studio; nel trimestre esaminato era invece ancora in funzione la centrale IRIDE Le Vallette, presente fra le sorgenti puntuali di IREA e quindi modellizzata. Per quanto riguarda la centrale "Torino Nord" le emissioni sono state descritte a partire dalle informazioni derivanti dal Sistema di Monitoraggio in continuo delle Emissioni (SME) di cui è provvisto l'impianto; sulla base dei dati disponibili (maggio – dicembre 2012) sono state individuate – in ottica conservativa - le caratteristiche attribuite all'impianto per la modellizzazione, ovvero quelle relative al mese di dicembre 2012 che è risultato caratterizzato dalle emissioni più significative.

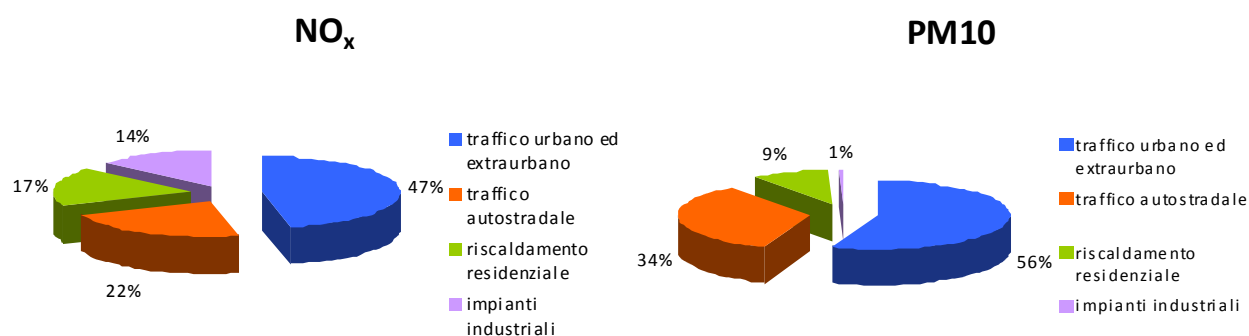


FIGURA 60: ripartizione delle emissioni nei comparti considerati nelle simulazioni modellistiche

Un quadro d'insieme delle pressioni sull'area di studio associate al traffico (autostradale, urbano ed extraurbano), al riscaldamento civile e agli impianti industriali (ad eccezione della centrale termoelettrica "Torino Nord") è riportato nella FIGURA 60 che illustra le ripartizioni percentuali dei contributi per NO_x e PM10 da parte dei diversi comparti emissivi. Per entrambi gli inquinanti il contributo più significativo risulta essere quello associato al traffico urbano ed extraurbano, seguito dal traffico autostradale. Per gli ossidi di azoto, riscaldamento civile e sorgenti industriali contribuiscono in modo confrontabile, mentre decisamente modesto è il contributo al particolato PM10 primario da parte delle sorgenti puntuali simulate.

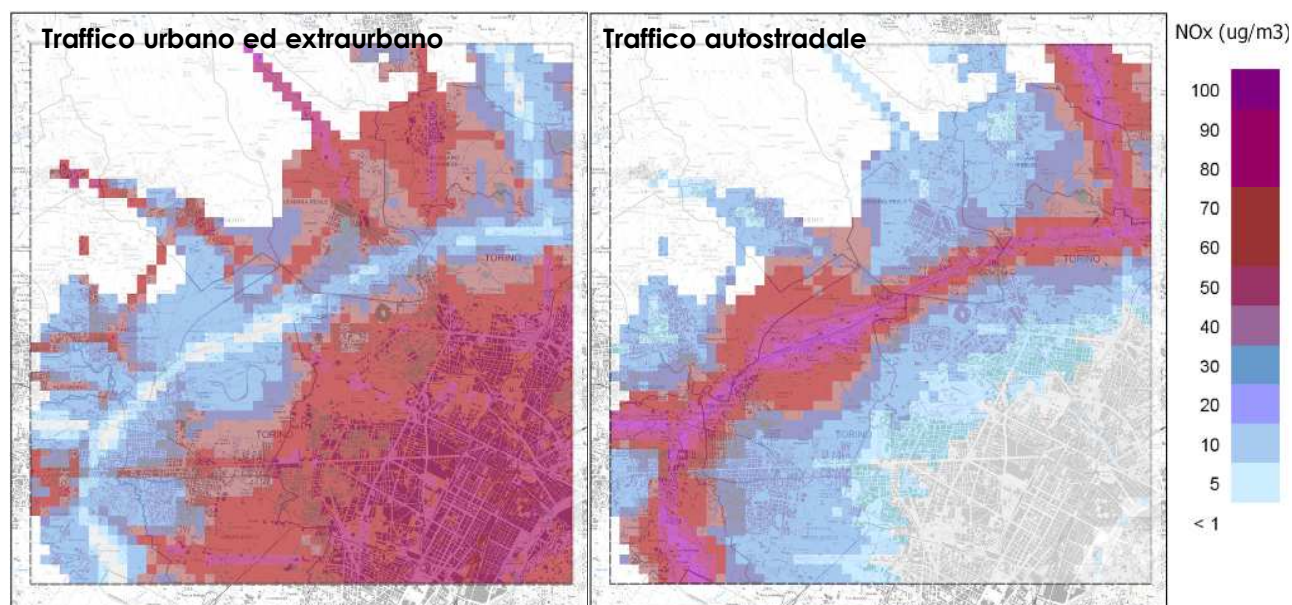


FIGURA 61: Contributo percentuale alle concentrazioni medie di NO_x sul periodo di simulazione dovuto al traffico

A seguito delle simulazioni dispersive (condotte con il modello SPRAY³²) sono state calcolate le mappe di concentrazione per i due inquinanti e per i diversi contributi emissivi, nonché le mappe che descrivono il contributo percentuale delle tipologie di sorgenti considerate rispetto alla loro sommatoria. Il contributo più significativo in termini di concentrazioni atmosferiche è sicuramente dovuto al traffico, in particolare quello sulla tangenziale torinese nelle aree ad essa limitrofe, sia per quanto riguarda gli ossidi di azoto sia per il particolato PM10. Nella FIGURA 61 sono riportati i contributi percentuali alla media sul periodo degli NO_x per il comparto traffico, suddiviso in urbano ed extraurbano e autostradale. E' stato quindi valutato il contributo percentuale dei diversi comparti presso il sito di monitoraggio di frazione Savonera a Collegno, riportato in FIGURA 62 per i

³² Tinarelli G. (2007) SPRAY3.1 – General description and User's Guide. ARIANET R2007.08

due inquinanti primari simulati, confermando che in quest'area le criticità maggiori sono attribuibili al traffico veicolare.

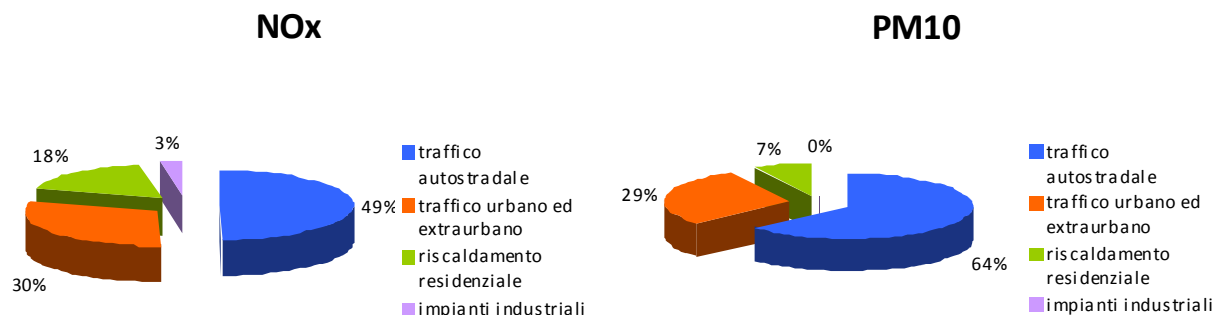


FIGURA 62: Contributo percentuale delle diverse sorgenti emittive alle concentrazioni simulate di NOx e PM10 primario presso il sito di monitoraggio in frazione Savonera a Collegno.

Di particolare interesse, per l'area oggetto di studio, sono le ricadute degli ossidi di azoto associate all'entrata in funzione della centrale termoelettrica "Torino Nord" (non sono previste emissioni di particolato PM10, almeno come inquinante primario). Le concentrazioni medie sul periodo e massime orarie stimate sono piuttosto modeste e inferiori a quelle originate dalla centrale IRIDE Le Vallette, che il nuovo impianto è andato a sostituire. In FIGURA 63 sono riportate le concentrazioni medie sul periodo per la centrale termoelettrica "Torino Nord" e la differenza fra le concentrazioni medie fra la nuova centrale e quella di IRIDE; si osserva che l'avvio del nuovo impianto, almeno in termini di impatto medio dovuto agli ossidi di azoto, prevede una situazione migliorativa rispetto alla precedente.

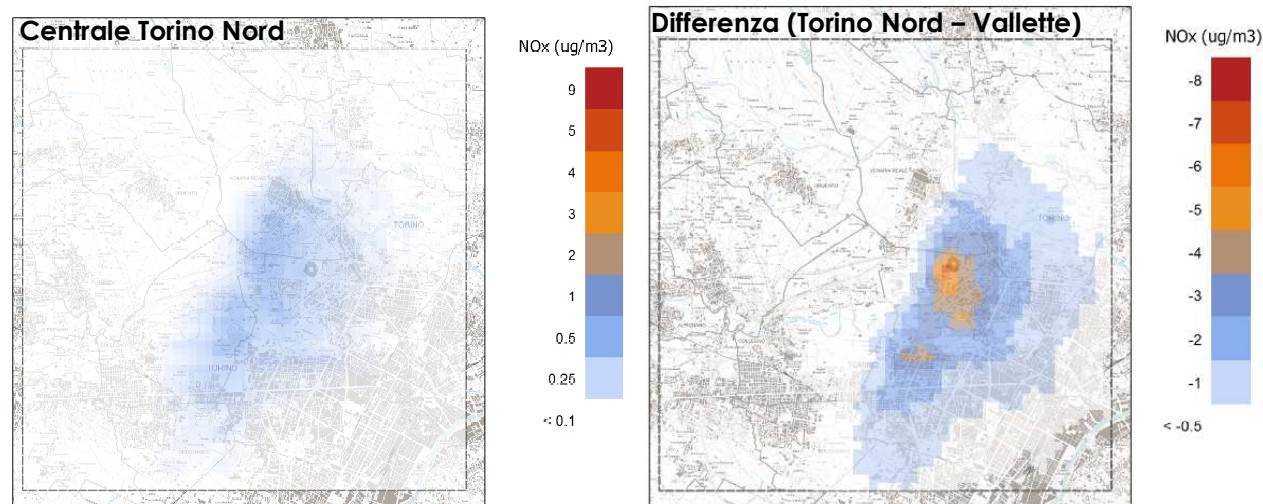


FIGURA 63: Concentrazioni medie di NOx: contributo della Centrale termoelettrica Torino Nord e differenza fra i contributi della centrale Torino Nord e Le Vallette

CONCLUSIONI

L'utilizzo integrato di misure in campo, analisi di composizione del PM_{2,5} e modellistica meteo-dispersiva ha permesso di quantificare l'importanza relativa delle diverse sorgenti locali di inquinamento atmosferico nell'area considerata e di fornire quindi indicazioni di dettaglio per le politiche di risanamento. Nel complesso non sono emersi, a livello né di medie giornaliere né di medie annuali, elementi che evidenzino una variazione significativa della qualità dell'aria nel sito di massima ricaduta dopo l'entrata in funzione dell'impianto considerato. L'analisi della composizione del PM_{2,5} mostra come le azioni di risanamento a scala locale possano nella migliore delle ipotesi incidere su un 30-40% della concentrazione totale di questo inquinante.

I risultati delle simulazioni modellistiche evidenziano che le concentrazioni di ossidi di azoto e di particolato PM₁₀ di origine primaria stimati a Savonera nel periodo descritto sono attribuibili prevalentemente al traffico sui grandi assi viari (principalmente la tangenziale di Torino) con percentuali che vanno dal 49% per gli NO_x al 64% per il PM₁₀; il traffico sulle arterie urbane ed extraurbane contribuisce a circa il 30% delle concentrazioni di entrambi gli inquinanti, mentre il riscaldamento civile è responsabile del 18% degli ossidi di azoto e il 7% del PM₁₀. Il contributo del nuovo impianto per ossidi di azoto risulta molto modesto anche ipotizzando condizioni di emissione a camino conservative.

ATTIVITÀ DI RICERCA E SVILUPPO NELL'AMBITO DELLA MODELLISTICA INTEGRATA PER LA VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA (AERA/ALCOTRA)

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

G. Calori, P. Radice (Arianet S.r.l.) - L. Pallavidino, R. Prandi (Simularia S.r.l.)

La Provincia di Torino, con D.D. 132-40251 del 28/11/2011 diventata efficace il 2/12/2011, ha aggiudicato alle società SIMULARIA Srl e ARIANET Srl (costituite in R.T.I. nelle proporzioni 55% e 45% rispettivamente) l'incarico di realizzare un'attività di ricerca e sviluppo nell'ambito della modellistica integrata per la valutazione della qualità dell'aria a supporto del Progetto Strategico "Aera – Air Environnement Regions ALCOTRA".

Come stabilito dalla stazione appaltante nel Capitolato d'Oneri, l'appalto riguarda la fornitura di servizi per le seguenti attività:

1. approfondimento su scala provinciale per quanto riguarda i principali comparti emissivi (sorgenti industriali, traffico veicolare, riscaldamento domestico) dell'inventario delle emissioni redatto dalla Regione Piemonte (IREA 2007);
2. realizzazione di simulazioni con discesa di scala a livello della Provincia di Torino, con il modello diagnostico tridimensionale attualmente in uso in Regione Piemonte;
3. predisposizione di servizi di previsione delle concentrazioni e dell'Indice di Qualità dell' Aria, con l'utilizzo di modelli prognostici sul territorio della Provincia di Torino.

Il documento descrive in maniera sintetica le attività svolte per il conseguimento degli obiettivi descritti (indicati con A1, A2 e A3), seguendo la suddivisione in specifiche sotto-azioni, nelle due lingue di riferimento (italiano e francese).

Per una descrizione più approfondita dei risultati raggiunti si rimanda alla relazione finale consegnata a gennaio 2013 (G. Calori et al., 2012b, Rif. SIMULARIA.R2012.17), che contiene anche i risultati relativi ai test di periodo effettuati separatamente con l'aggiornamento delle informazioni sui singoli comparti emissivi: le emissioni industriali, le emissioni del traffico stradale (in due varianti, incrementando anche la frazione di NO₂ emesso direttamente), il riscaldamento e l'agricoltura.

A supporto del servizio di previsione delle concentrazioni nell'area metropolitana svolto da Arpa Piemonte sono anche presentate le proposte di lavoro finalizzate a migliorare, in un'ottica 'dinamica', la trattazione delle emissioni predisposte per la catena prognostica a partire dai dati di inventario, in maniera da rendere più realistica la stima dell'inquinamento almeno in quelle parti che vengono a dipendere dalle variabili meteorologiche (riscaldamento vs. temperatura ambiente, risospensione vs. precipitazioni). Infine, è stata elaborata una proposta di estensione dell'Indice Previsionale di Qualità dell'Aria su tutto il territorio provinciale, attraverso l'accorpamento di comuni ricadenti in zone omogenee, sia dal punto di vista territoriale che emissivo.

APPROFONDIMENTO DELL'INVENTARIO DELLE EMISSIONI (A1)

Lo scopo principale di questa attività è la raccolta di informazioni aggiornate e di dettaglio, utili a migliorare l'attribuzione delle emissioni di inquinanti atmosferici alla realtà del territorio provinciale dal punto di vista della modellistica della qualità dell'aria.

Nel corso di questo lavoro è stata prestata una particolare attenzione alla definizione di fattori di emissione specifici per alcuni impianti, utilizzabili per l'aggiornamento annuale dell'inventario, e di una base emissiva più adatta all'analisi di scenari evolutivi della qualità dell'aria (traffico, riscaldamento), che possa essere impiegata dagli enti preposti non solo per le attività di valutazione ma anche per quelle di pianificazione.

Sorgenti industriali

Per aggiornare ed incrementare le informazioni sulle sorgenti puntuali si è deciso di fare riferimento principalmente agli impianti soggetti ad Autorizzazione Integrata Ambientale, procedimento autorizzativo in capo alla Provincia di Torino. L'AIA, infatti, essendo autorizzazione suscettibile di rinnovo con una frequenza tra i cinque e gli otto anni, fornisce una base dati rinnovata con regolarità, eventualmente integrabile con informazioni relative ai cicli temporali di lavorazione

(modulazioni), essenziali per una corretta modellazione della dispersione degli inquinanti in atmosfera.

L'attività ha richiesto l'analisi delle informazioni disponibili, la selezione degli impianti più rilevanti, la caratterizzazione emissiva degli stessi (numero e caratteristiche fisiche dei punti di emissione, flussi di massa e modulazioni temporali), l'assegnazione di codici SNAP³³ di attività (in sostituzione dei codici IPPC³⁴, NOSE-P³⁵ e NACE³⁶), il confronto con i dati preesistenti per la modifica dei dati contenuti in IREA e l'eventuale eliminazione, anche parziale, di emissioni diffuse imputabili alla stessa attività produttiva.

Gli impianti IPPC censiti su tutto il territorio provinciale sono 185. Molte aziende tuttavia non hanno emissioni in atmosfera rilevanti, ma impatti consistenti su altre matrici ambientali. Sono stati considerati in definitiva 57 impianti industriali al di sopra della soglia di 20 t/a di NO_x o 10 t/a di PM10, sia introducendo nuove sorgenti sia revisionando quelli già esistenti nell'inventario regionale, aggiornando al 2008 le loro caratteristiche emissive.

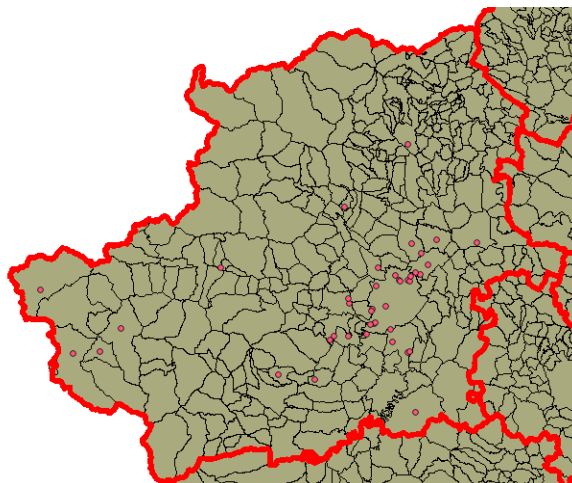


FIGURA 64: Sorgenti puntuali presenti nel nuovo inventario provinciale.

Su ogni impianto analizzato sono state prodotte delle schede conoscitive, raccolte in un documento indipendente (G. Calori et al., 2012, Ref. SIMULARIA.R2012.08), che contiene dati sensibili.

Rispetto all'inventario 2007, l'aggiornamento ha comportato una riduzione di tutti gli inquinanti, eccetto il biossido di zolfo. Le riduzioni più consistenti riguardano le emissioni di particolato primario (-10% del totale provinciale).

CO (t/a)	NH ₃ (t/a)	NM VOC (t/a)	NO _x (t/a)	SO ₂ (t/a)	PM10 (t/a)	
82606	11484	39879	33058	2217	6537	TOTALE IREA07
-2947 (-3,6%)	-12 (-0,1%)	-359 (-0,9%)	-1585 (-4,8%)	113 (5,1%)	-660 (-10,1%)	AERA - IREA07

TABELLA 32: Bilancio emissivo a valle delle modifiche apportate alle sorgenti industriali.

Nel corso degli anni passati la Provincia ha realizzato una piattaforma informatica appositamente progettata per inserire, consultare e aggiornare i dati relativi ad ogni impianto autorizzato, compresi i report ambientali di controllo e autocontrollo che periodicamente le aziende IPPC devono trasmettere all'Ente. Entro la fine di aprile di ogni anno è previsto che le aziende carichino i dati richiesti in maniera autonoma.

Per facilitare l'aggiornamento dell'inventario anche negli anni futuri, i dati necessari per il dimensionamento emissivo degli impianti sono stati inseriti in un database MS-Access, che contiene

33 Selected Nomenclature for Air Pollution

34 Integrated Pollution Prevention and Control

35 Standard Nomenclature for Sources of Emission

36 Nomenclature statistique des Activités économiques dans la Communauté Européenne

i fattori di emissione definiti specificatamente per ogni azienda considerata. Per i dettagli sulle caratteristiche e sulle funzionalità del database si rimanda alla relazione di accompagnamento (Prandi R. e Pallavidino L., 2013, Ref. SIMULARIA.R2013.02).

Trasporto su strada

La stima delle emissioni del trasporto stradale con metodologia bottom-up è basata sulla conoscenza dei flussi veicolari ricostruiti dal modello di traffico in uso presso la Provincia di Torino, che estende al di fuori dell'area metropolitana torinese i dati di flusso associati al grafo della società 5T (Pallavidino et al., 2011).

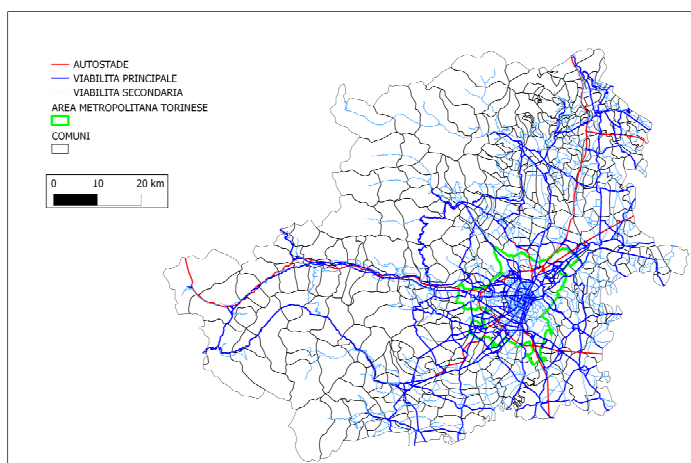


FIGURA 65: Grafo della mobilità privata nella provincia di Torino.

Tale modello, calibrato nel 2006, è stato recentemente aggiornato dalla società milanese Polinomia Srl su incarico della Provincia di Torino (Torriani L. et al., 2012) e restituisce i flussi relativi alla mobilità privata in un giorno feriale. Per la stima delle emissioni complessive del trasporto su strada con metodologia europea COPERT IV (Ntziachristos L. et al., 2009) è stato applicato il modello TREFIC (Nanni A. et al., 2009), ma le informazioni relative alla mobilità delle persone hanno dovuto essere integrate con i rilievi di traffico per includere il trasporto delle merci ed estendere l'analisi a giorni festivi e prefestivi. Le emissioni del TPL (bus urbani di GTT) sono state trattate separatamente e associate alle linee di trasporto pubblico.

Seguendo l'approccio adottato dal CSI Piemonte per la compilazione dell'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera del 2008, la ripartizione in classi COPERT dei veicoli è basata sulla definizione di un parco circolante, in cui i veicoli immatricolati in provincia di Torino nel 2008 sono 'pesati' con dei fattori d'uso indicativi di percorrenze medie (Caserini et al., 2011).

Infine, è stata stimata la risospensione di polveri applicando la metodologia più recente suggerita dall'U.S. EPA (EPA, 2011).

La stima dei consumi ricostruita a partire dal grafo costituisce il 63% dei consumi attribuibili alla provincia sulla base dei dati di vendita di combustibili per autotrazione pubblicati sul Bollettino Petroliero. Il residuo è stato attribuito a traffico urbano diffuso, ripartito tra i comuni in base alla popolazione residente.

	CO [t/a]	CO ₂ [kt/a]	NMVOC [t/a]	NH ₃ [t/a]	NO _x [t/a]	PM10 [t/a]	SO ₂ [t/a]
Trasporto su strada – lineare	16287	2440	1514	294	9009	630	59.6
Emissioni di GTT	176	64.9	89		626	23	0,1
Trasporto urbano su strada – emissioni diffuse	16042	1373	1734	210	4089	328	33.6
TOTALE TRASPORTO SU STRADA ALCOTRA	32505	3878	3337	504	13724	981	93.3
Risospensione						2218	

TABELLA 33: nuova stima delle emissioni del Macrosettore 07.

Rispetto alla stima delle emissioni del Macrosettore 07 contenuta nell'inventario regionale, la nuova stima comporta una riduzione di tutti gli inquinanti (tra il -86% del SO₂ al -5% del PM₁₀), ad eccezione dell'ammoniaca (+21%).

Se consideriamo il totale delle emissioni della provincia di Torino (TABELLA 34) la nuova stima comporta una riduzione dell'8% delle emissioni di ossidi di azoto, del 2.4% del PM₁₀ ed è superiore al 25% per CO e SO₂.

CO (t/a)	NH ₃ (t/a)	NMVOC (t/a)	NO _x (t/a)	SO ₂ (t/a)	PM ₁₀ (t/a)	
82606	11484	39879	33058	2217	6537	TOTALE IREA07
-22532 (-27.3%)	88 (0.8%)	-6077 (-15.2%)	-2646 (-8.0%)	-556 (-25.1%)	-159 (-2.4%)	AERA – IREA07

TABELLA 34: bilancio emissivo a valle delle modifiche apportate al trasporto su strada.

Combustione non industriale

Le emissioni del Macrosettore 02 sono state ottenute a partire dai consumi di combustibile su base comunale raccolti nel Bollettino Energetico Provinciale (Provincia di Torino, 2010).

Per la legna, si è fatto uso della stima dei consumi e delle informazioni relative ai dispositivi termici raccolti in RENERFOR per la Provincia di Torino (Fracastoro-Crocetta, 2012), mentre sono stati usati i fattori di emissione concordati in AERA (AERA/ALCOTRA, 2012). Rispetto alle categorie SNAP presenti nell'inventario regionale, lo studio RENERFOR attribuisce un maggior consumo di legna al territorio provinciale e una maggior penetrazione di dispositivi più innovativi.

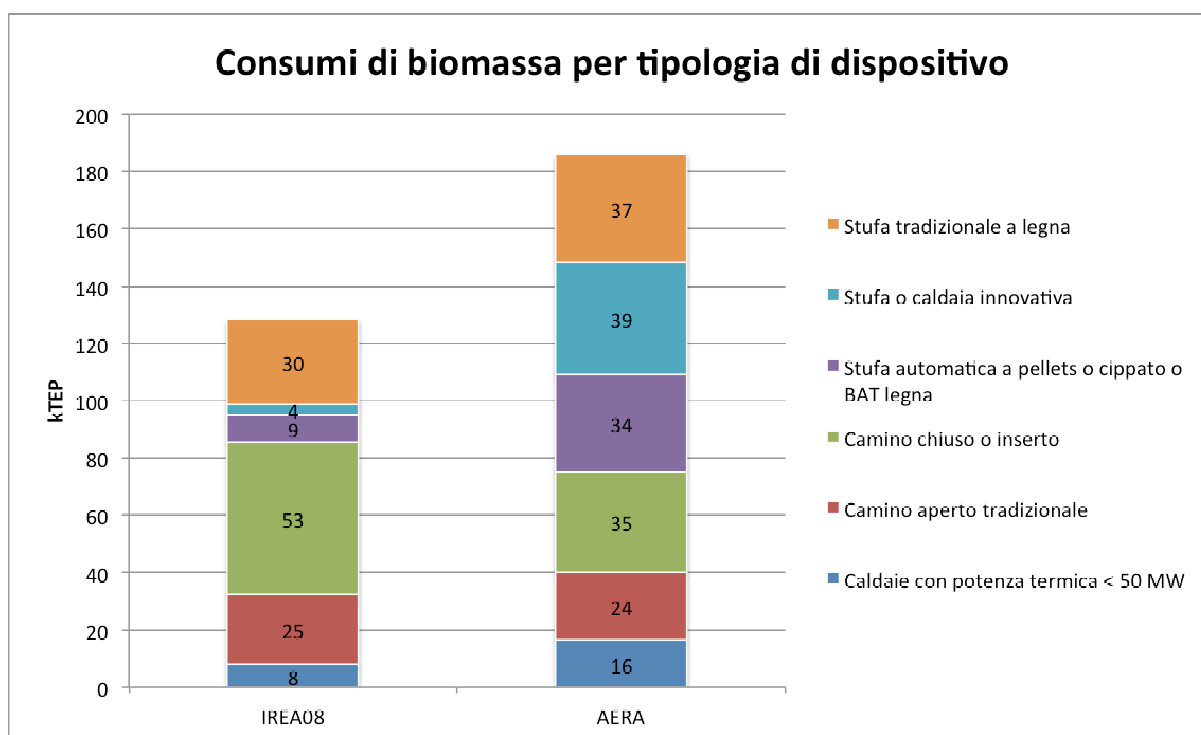


FIGURA 66: ripartizione dei consumi a biomassa nel territorio provinciale in classi SNAP: stima IREA e stima RENERFOR/AERA - Anno 2008.

Le emissioni complessive del riscaldamento sono riportate nella tabella seguente.

IMPIANTO	COMB.	CO	NMVOC	NOx	PM10	PM2,5	SO2
Cal. pot. Termica <50MW	Gasolio	20	3	59	3	3	99
	Metano	1215	243	1847	10	10	24
	Olio comb.	12	7	108	20	18	108
Cal. pot. Termica <50MW	Gpl	29	6	175	1	1	0
Cal. pot. Termica <50MW	Legna	3044	482	46	120	118	10
Camino aperto tradizionale	Legna	6934	2229	59	852	834	11
Camino chiuso o inserto	Legna	7665	1375	91	777	761	17
Stufa automatica a pellets o cippato o BAT legna	Legna	1701	121	128	137	134	16
Stufa o caldaia innovativa	Legna	6072	572	98	448	438	19
Stufa tradizionale a legna	Legna	10192	2195	94	1156	1132	18
TOTALE		36883	7232	2706	3524	3449	323

TABELLA 35: stima delle emissioni degli impianti da riscaldamento domestico e terziario (t/anno)

In questo Macrosettore sono state inserite anche le emissioni delle centrali a biomasse a servizio di piccole reti di teleriscaldamento (Politecnico di Torino/Enea, 2012) ed una stima delle emissioni delle pizzerie con forno a legna.

Per migliorare la spazializzazione delle emissioni, sono state inoltre georeferite le aree servite da reti di teleriscaldamento in modo da allocare più correttamente le emissioni alle aree non raggiunte dal servizio.

Rispetto al Macrosettore 02 presente in IREA07, la nuova stima comporta un aumento consistente di emissioni di tutti gli inquinanti ad eccezione di ossidi di azoto (-10%) e di biossido di zolfo (-43%).

Confronto al totale delle emissioni della provincia di Torino (v. TABELLA 36) si ha un incremento di circa il 40% delle emissioni di PM10, del 34% di quelle di monossido di carbonio e del 14.1% delle emissioni di NMVOC.

CO (t/a)	NH ₃ (t/a)	NMVOC (t/a)	NO _x (t/a)	SO ₂ (t/a)	PM10 (t/a)	
82606	11484	39879	33058	2217	6537	TOTALE IREA07
28528 (34,5%)	63 (0,5%)	5636 (14,1%)	-322 (-1,0%)	-244 (-11,0%)	2651 (40,6%)	AERA – IREA07

TABELLA 36: bilancio emissivo a valle delle modifiche apportate alla combustione non industriale.

Agricoltura: gestione dei reflui zootecnici

L'agricoltura ha un impatto predominante sulle emissioni di ammoniaca, la quale costituisce uno dei precursori del particolato secondario. L'ammoniaca gassosa reagisce in atmosfera con acido nitrico e acido solforico, a loro volta prodotti secondari delle emissioni di ossidi di azoto e di zolfo, con la formazione di sali (nitrato e solfato di ammonio), che costituiscono la frazione inorganica preponderante del PM10.

A partire dai dati presenti in Anagrafe Agricola su base comunale, è stata effettuata una stima delle emissioni di ammoniaca legate alla gestione dei reflui zootecnici, aggiornata al 2008, ed un controllo del bilancio dell'azoto su base comunale, confrontando l'azoto prodotto e la Superficie Agricola Utilizzabile (SAU), tenuto conto dei vincoli imposti allo spandimento nelle Zone Vulnerabili a Nitrati.

Nei comuni in cui risultavano presenti allevamenti con AIA (indicati in giallo nella figura seguente), sono state georeferite le emissioni corrispondenti, stimate considerando le tecnologie di abbattimento impiegate (BAT), e i capi allevati scorporati dal totale comunale.

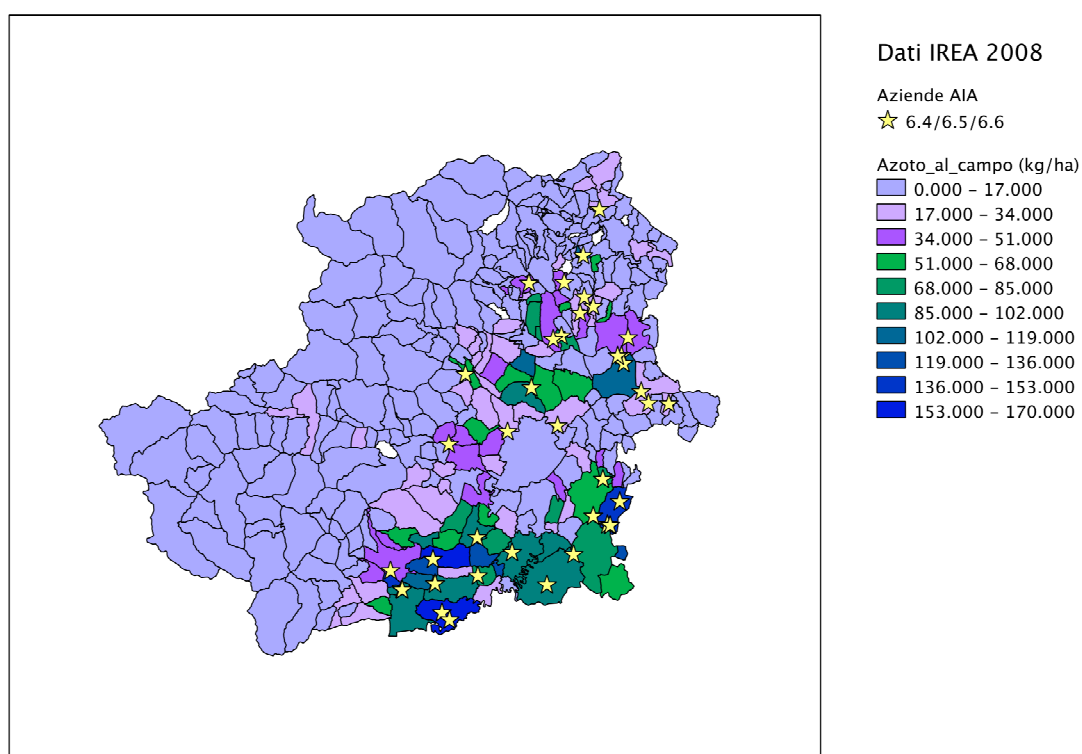


FIGURA 67: quantità di azoto al campo e localizzazione degli allevamenti in possesso di AIA.

Complessivamente, la nuova stima riduce di circa il 3% le emissioni di ammoniaca del Macrosettore 10 (e del 2% le emissioni totali di ammoniaca presenti in inventario).

L'analisi delle informazioni delle aziende in AIA ha mostrato che il 47% delle emissioni da reflui sono associate a stabulazione, il 26% e 27% rispettivamente a stoccaggio e spandimento.

Sulle base delle pratiche agricole locali e dei vincoli normativi, sono stati definiti dei profili di modulazione più realistici per distribuire le emissioni nel corso dell'anno.

Sintesi delle emissioni della Provincia di Torino

Nelle figure seguenti è rappresentato, inquinante per inquinante, il confronto tra la stima AERA e gli inventari IREA07 e IREA08 per le emissioni della Provincia di Torino.

La nuova stima del fabbisogno termico soddisfatta con legna, di fonte RENERFOR, comporta un incremento di emissioni di PM10 e CO, compensando la riduzione delle emissioni da traffico, con ripartizione simile al nuovo inventario regionale IREA08. Anche per i COVNM, rispetto ad IREA07, la nuova stima vede un incremento del contributo del Macrosettore 2 ed un decremento del 7. Nella versione IREA08 invece aumentano i COV di origine naturale, probabilmente per una variazione dei fattori di emissione utilizzati.

Gli ossidi di azoto risultano invece complessivamente ridotti (del 16% rispetto ad IREA07 e del 7% rispetto a IREA08), principalmente a causa della contrazione del Macrosettore 07 nell'approccio bottom-up.

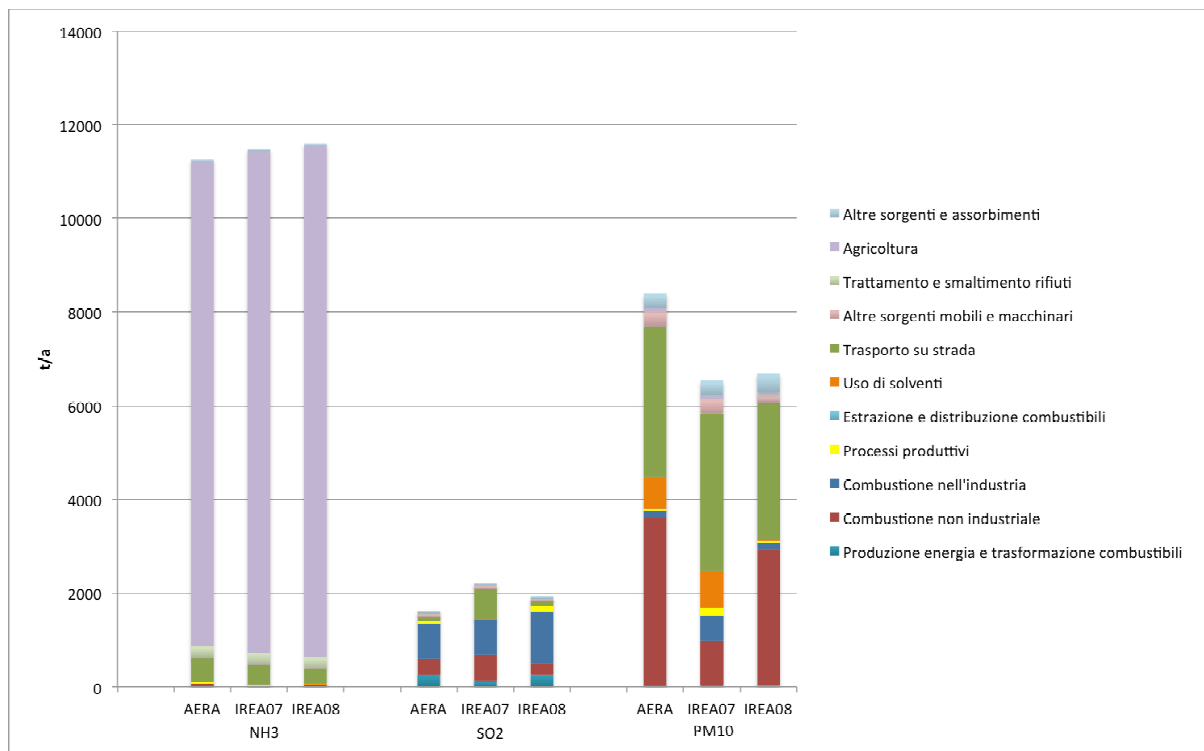
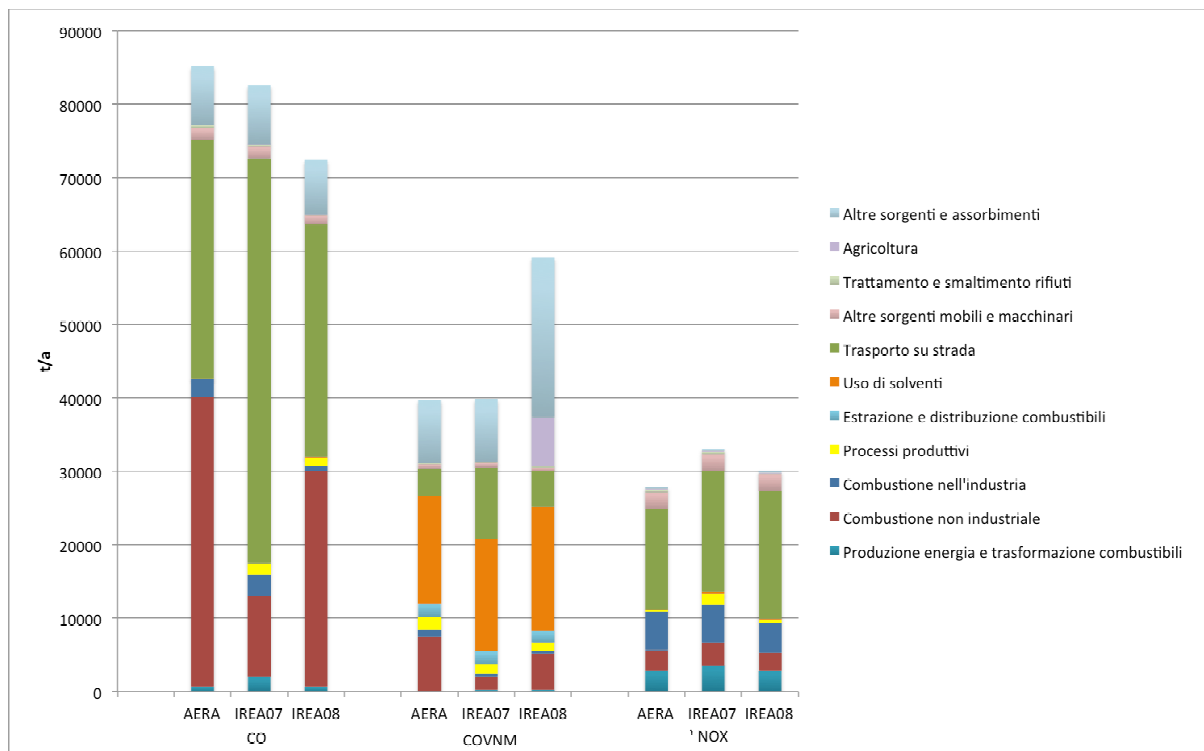


FIGURA 68: Ripartizione delle emissioni totali provinciali per macrosettore SNAP: confronto tra la stima effettuata in questo studio (AERA) e le stime presenti nell'inventario regionale per l'anno 2007 (IREA07) e 2008 (IREA08).

SIMULAZIONI CON DISCESA DI SCALA CON CATENA DIAGNOSTICA (A2)

Lo scopo principale di questa attività è stata:

- la traduzione delle informazioni raccolte e organizzate nel corso dell'attività A1 in un set di dati di input alla catena modellistica utilizzata da Arpa Piemonte per la valutazione annuale e la previsione giornaliera della qualità dell'aria,
- la verifica degli effetti delle modifiche emissive sulla simulazione delle concentrazioni, espressi quantitativamente in termini di indicatori statistici e indicatori di qualità, sia puntuali (confronto con i dati delle centraline di monitoraggio) che spaziali (mappe di concentrazione).

Per i confronti, Arpa Piemonte ha messo a disposizione i dati di input e i risultati orari di due simulazioni annuali relative all'anno 2008, la simulazione a scala regionale sulla griglia a 4 km (VAQ08) e la discesa di scala ad 1 km a parità di input emissivo da inventario regionale (DVQ08).

Aspetti metodologici

L'area su cui sono state condotte le simulazioni con inventario 'ottimizzato' (AERA) copre il territorio della Provincia di Torino e ha le seguenti proprietà:

- coordinate UTM32 del punto SW: (310000, 4950000)
- risoluzione orizzontale: 1000 m
- estensione lungo x: 126 km
- estensione lungo y: 106 km

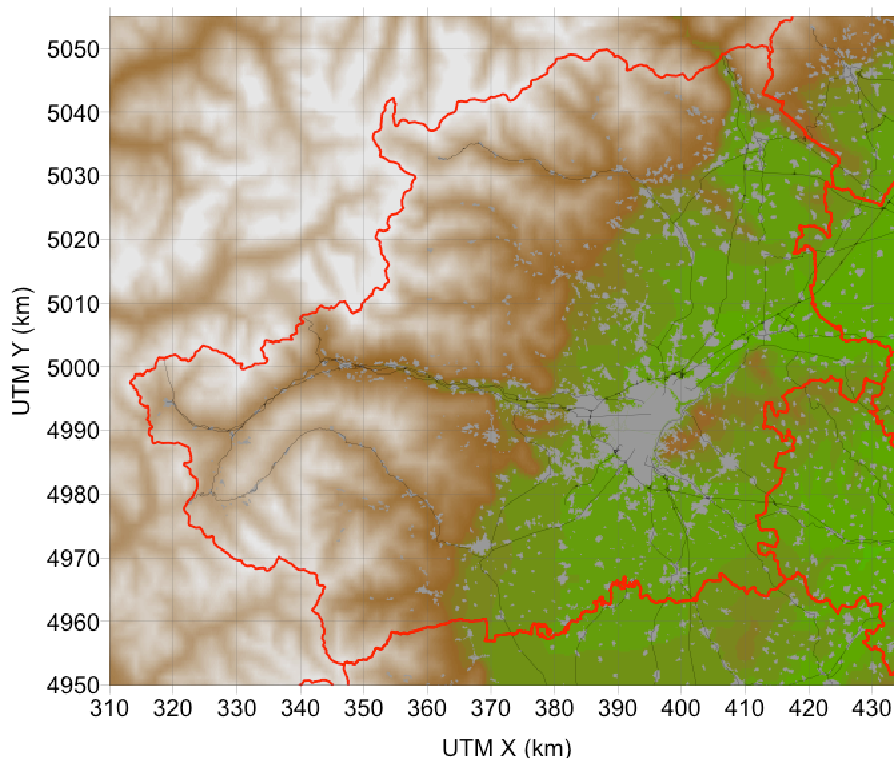


FIGURA 69: Dominio di calcolo: nella mappa sono indicati in rosso i confini provinciali, in nero le principali arterie di comunicazione viaria, in grigio l'estensione delle aree urbanizzate.

Le caratteristiche verticali del dominio sono mutuare dalle simulazioni condotte da Arpa Piemonte: la griglia di calcolo si estende su 16 livelli fino a circa 8000 m di quota, con le altezze di centro cella distribuite rispettivamente a 10, 25, 48, 81, 132, 208, 322, 493, 749, 1133, 1710, 25745, 3872, 5072, 6272, 7472 m rispetto al suolo.

Il codice di calcolo utilizzato è FARM (Flexible Air quality Regional Model) v. 3.1.5, un modello fotochimico euleriano tridimensionale (Silibello et al., 2011), con trasformazioni delle specie chimiche in fase gassosa secondo lo schema SAPRC99 e modulo AERO3 per la trattazione della chimica dell'aerosol (parte inorganica ed organica). La rimozione degli inquinanti avviene per deposizione secca, che dipende dalla meteorologia locale e dall'uso del suolo, e deposizione

umida attraverso i meccanismi di scavenging. Il modello, che permette one- o two-way nesting con un numero arbitrario di griglie computazionali, è stato applicato in configurazione one-way e alimentato con le condizioni al contorno provenienti dalla simulazione a 4 km realizzata da Arpa Piemonte.

Le emissioni sono state fornite in input come campi orari di SO₂, NO_x, NMVOC (speciati a seconda dell'attività SNAP nelle classi previste dal meccanismo chimico SAPRC99), NH₃, CO, PM₁₀ (speciato e suddiviso nelle classi dimensionali previste dallo schema AERO3), proiettati sulla griglia di calcolo e modulati nel tempo attraverso il pre-processore Emission Manager.

Il modello è alimentato da campi meteorologici orari 2D/3D relativi al 2008 di vento, temperatura, pressione, copertura nuvolosa ed altezza delle nubi, precipitazioni, diffusività orizzontali e verticali, velocità di deposizione ottenuti alla risoluzione orizzontale di 1 km con applicazione del modello diagnostico MINERVE/SWIFT e dal modello di turbolenza SURFPRO.

I campi orari di concentrazione ai bordi e al top del dominio tridimensionale (condizioni al contorno) sono stati preparati a partire dai risultati della simulazione a scala regionale su griglia a 4 km di risoluzione realizzata da Arpa Piemonte (DVQ08).

Simulazione annuale con input emissivo ottimale (AERA) e confronti

Il progetto si proponeva di valutare i benefici che si possono ottenere nella simulazione modellistica della qualità a scala locale (1 km) accompagnando la discesa di scala con un'ottimizzazione dell'input emissivo, in una prospettiva di inventario delle emissioni provinciale.

Sono stati quindi analizzate tre simulazioni di durata annuale: la simulazione a scala regionale di Arpa Piemonte (4 km, VAQ08), la discesa di scala ad 1 km con stesso input emissivo da inventario regionale (DVQ08) e la simulazione ad 1 km con inventario 'ottimizzato' su scala provinciale (AERA). Per evidenziare separatamente l'effetto delle modifiche ai singoli comparti emissivi (industria, combustione non industriale, traffico ed agricoltura) sono stati preliminarmente effettuati dei test di durata mensile (uno estivo ed uno invernale) alterando le emissioni di un comparto alla volta.

I risultati dei test sui diversi comparti emissivi mostrano in sintesi come la nuova stima delle emissioni della combustione non industriale porti ad un miglioramento nella riproduzione dei valori misurati generalizzata all'intero territorio provinciale, mentre la revisione delle sorgenti industriali ha effetti rivelabili presso pochi siti di misura (es. Torino Lingotto), posti più in prossimità delle sorgenti localizzate su cui si è agito. Per quanto riguarda il traffico, la trattazione delle emissioni a partire dal grafo lineare evidenzia un generale peggioramento, particolarmente evidente proprio nei siti di misura di traffico della città di Torino, mentre appaiono limitati miglioramenti nelle stazioni della prima cintura. Il test specifico condotto sulla frazione di NO₂ direttamente emesso dai veicoli mostra una più realistica riproduzione dei picchi orari di concentrazione nelle ore di punta dei mesi invernali. La revisione delle emissioni di ammoniaca associate alla gestione dei reflui zootecnici, con una definizione più puntuale delle aziende più impattanti sul territorio provinciale, una migliore definizione dei profili temporali delle attività di stabulazione, spandimento e stoccaggio e una più precisa attribuzione alle superfici agricole, non conduce invece a variazioni apprezzabili nelle concentrazioni di PM₁₀ durante i periodi di test.

Per quanto riguarda invece i run annuali, il confronto con i dati rilevati dalle centraline di monitoraggio (cfr.FIGURA 70) indica come, seppur in presenza di una generale sottostima, in particolare per il parametro PM₁₀, la sola discesa di scala non porti necessariamente ad un miglioramento univoco della descrizione modellistica, in particolare all'estremità dell'area metropolitana, dove a risoluzione più lasca sono presenti in parte le emissioni di Torino.

L'insieme delle modifiche apportate alle emissioni conduce complessivamente ad una migliore descrizione delle concentrazioni nei siti di fondo, urbano e suburbano rispetto alla sola discesa di scala, in particolare nei siti esterni all'area metropolitana.

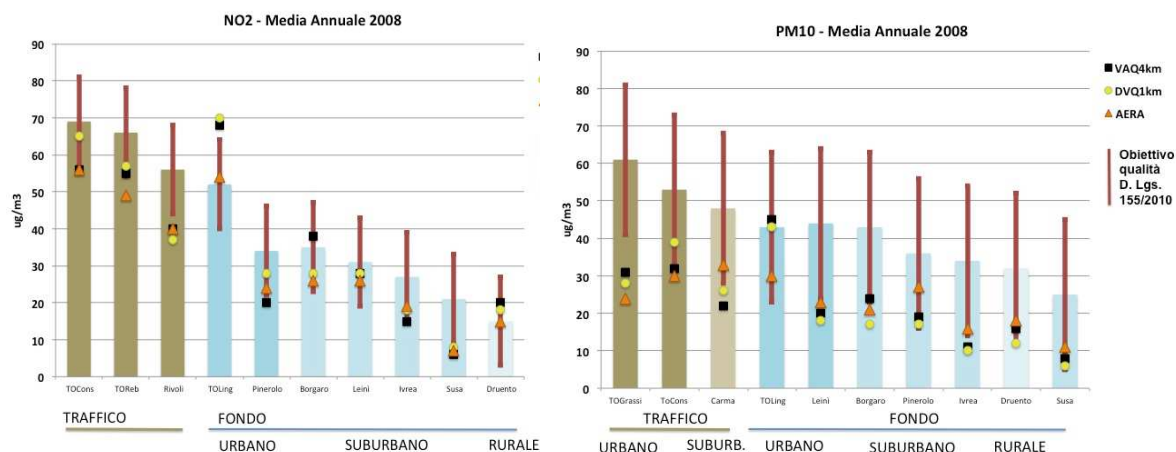
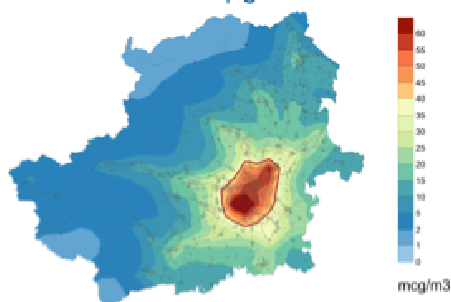


FIGURA 70: Confronto tra I valori misurati e i valori simulati presso le centraline della rete di monitoraggio – Anno 2008.

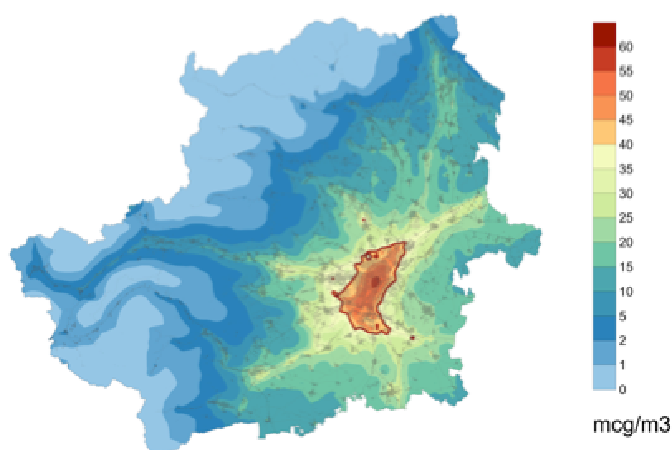
Nei siti di traffico urbano, invece, si evidenzia un peggioramento rispetto alla semplice discesa di scala, dovuto al ridimensionamento notevole delle emissioni di tutti gli inquinanti derivante dalla stima del traffico a partire dal grafo disponibile presso la Provincia, già evidenziata nelle simulazioni di test; si sottolinea tuttavia l'importanza di una descrizione di dettaglio di tale settore, per correlare in modo verosimile la distribuzione delle concentrazioni nello spazio con i cambiamenti legati alle politiche e alle misure sulla mobilità.

Anche a livello di distribuzione spaziale, la simulazione AERA08 mostra al di fuori dell'area metropolitana valori generalmente più alti, in particolare lungo le arterie di comunicazione per l'NO₂ (FIGURA 71) e nei centri abitati per il PM10 (FIGURA 72). A Torino si ha un ridimensionamento dei valori massimi, principalmente legati ad emissioni industriali. Nel caso del biossido di azoto, l'area di superamento del valore limite annuale assume una forma più realistica.

VAQ08 – max: 84 µg/m³



AERA08 – max: 58 µg/m³



DVQ08 – max: 85 µg/m³

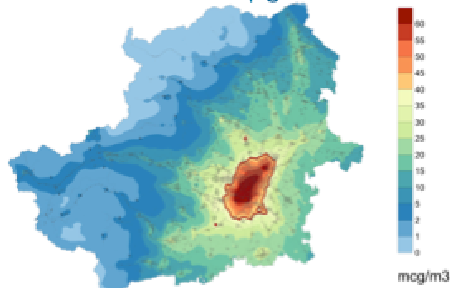
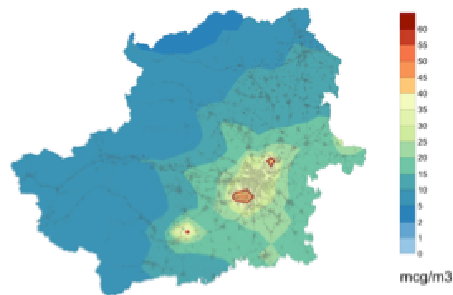
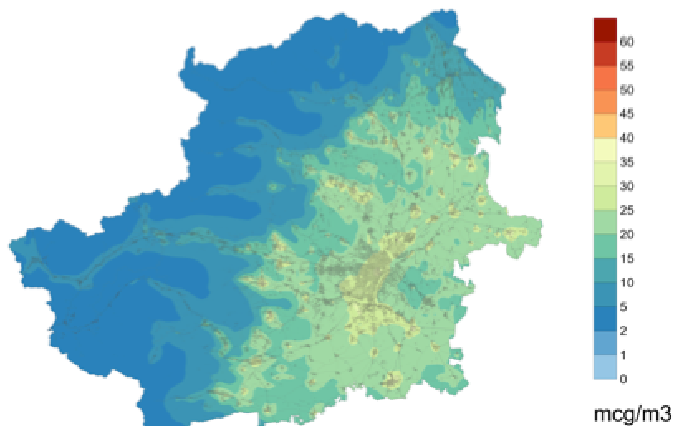


FIGURA 71: Concentrazione media annuale di biossido di azoto – Anno 2008.

VAQ08 – max: 47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



AERA08 – max: 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



DVQ08 – max: 73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

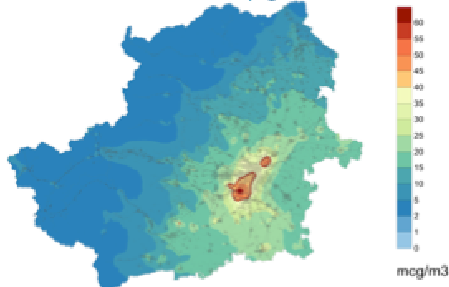


FIGURA 72: Concentrazione media annuale di PM10 – Anno 2008.

Oltre alla riproducibilità dei parametri statistici di lungo periodo, la simulazione 'ottimizzata' mostra una migliore aderenza alla misura in termini della variabilità temporale, sia in termini di distribuzione oraria che mensile nei siti di fondo, come mostrato nella figura seguente.

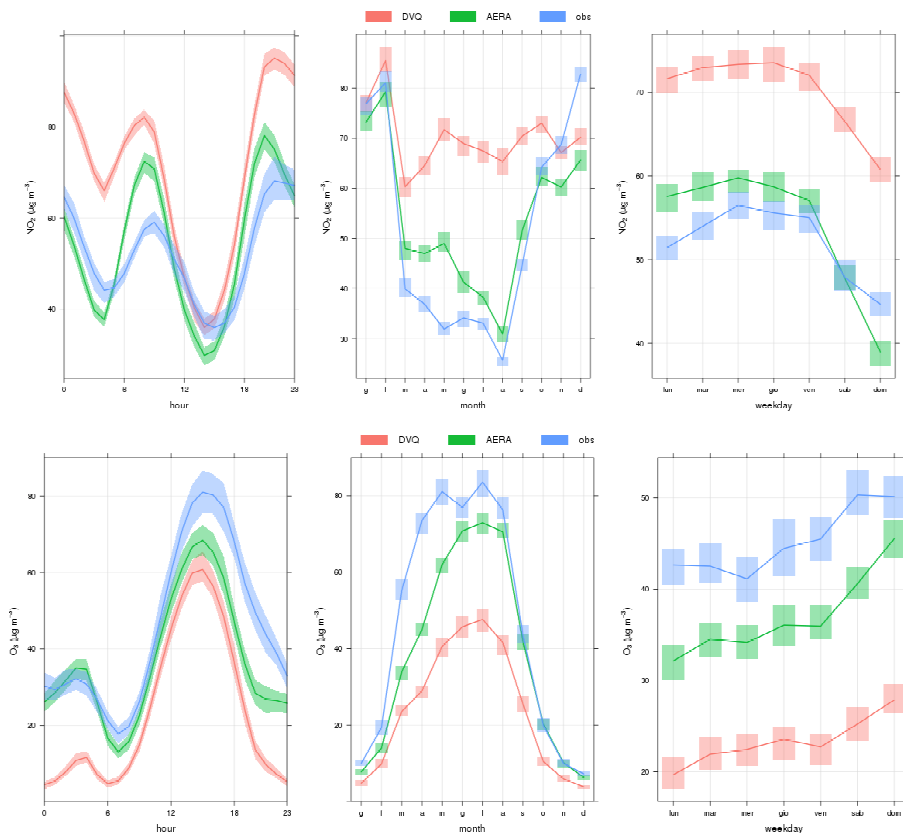


FIGURA 73: Confronto tra le concentrazioni di NO₂ e O₃ misurate (in blu), ottenute a 1 km con l'inventario standard (in rosso) e con l'inventario 'ottimizzato' (in verde) presso il sito di fondo urbano di Torino Lingotto. Da sinistra a destra: giorno medio, medie mensili e settimana media.

IMPLEMENTAZIONI ALLA CATENA OPERATIVA PREVISIONALE (A3)

In collaborazione con Arpa Piemonte, responsabile di una catena prognostica operativa sull'area metropolitana torinese, sono state esplorate alcune possibili integrazioni all'attuale sistema di previsione della qualità dell'aria.

Modellazione dinamica delle emissioni da riscaldamento civile in risposta alle anomalie termiche rispetto alla media climatologica

Nelle simulazioni VAQ e previsionali le emissioni da riscaldamento sono attualmente modulate su base oraria con profili diversificati per fasce altimetriche e basati sull'analisi delle temperature dell'anno tipo. Su base annuale invece, l'emissione dipende dai consumi di combustibili (stimati attraverso i dati di vendita o il fabbisogno energetico) dell'anno rispetto al quale si riferisce l'inventario in uso.

La variabilità meteorologica (interannuale e di breve periodo) può provocare invece differenze anche sensibili sia nella distribuzione temporale dei giorni più freddi, sia nella estensione e intensità dei periodi freddi.

In una catena prognostica, che è basata sulla conoscenza anticipata delle condizioni meteorologiche che si presenteranno nei giorni a seguire, è ragionevole cercare di definire una rimodulazione dell'emissione in funzione della temperatura prevista rispetto alla temperatura dell'anno di inventario di base, senza conservazione dell'emissione annuale totale. In questo modo si potrebbe tenere conto del maggiore carico emissivo che si verifica in inverni molto freddi o, al contrario, delle emissioni più contenute durante periodi più caldi della media.

In tale contesto è stata dunque messa a punto e sperimentata una possibile metodologia per la modellazione dinamica delle emissioni in funzione delle anomalie termiche in corso. Il metodo si basa sul calcolo dei gradi-giorno, effettuato su temperature "climatologiche" relative ad un periodo o anno di riferimento, poi corretto per il periodo in corso sulla base delle temperature giornaliere correnti; le temperature "climatologiche" e "correnti" vengono entrambe assegnate sotto forma di campi al suolo su griglia, per omogeneità nel confronto.

La modulazione lungo l'anno delle emissioni da riscaldamento secondo un profilo di temperature di riferimento risulta in tal modo corretta sulla base degli scostamenti delle temperature attuali da quelle di riferimento; le peculiarità climatiche del territorio vengono veicolate attraverso i campi di temperatura. E' preferibile che l'archivio di campi di temperature utilizzato per il calcolo dei profili di modulazione "a priori" si riferisca all'anno di riferimento dell'inventario, in modo da legare più strettamente e coerentemente l'andamento delle temperature ai consumi alla base della stima delle emissioni.

Nel calcolo viene considerato l'ulteriore vincolo relativo al periodo di accensione del riscaldamento, dettato dall'appartenenza di ciascun comune ad una determinata fascia climatica, secondo quanto stabilito dalla normativa italiana.

La metodologia è stata sottoposta ad un test funzionale preliminare sul dominio della DVQ08, considerando le emissioni da riscaldamento dell'inventario IREA 2008, come temperature orarie correnti l'archivio messo a punto per la DVQ08 e come temperature 'di riferimento' i dati dell'archivio del Progetto nazionale MINNI relativi al 2005. Le figure successive mostrano l'effetto complessivo per il mese di gennaio: le emissioni medie di ossidi di azoto risultanti dall'applicazione dei profili di modulazioni predefiniti utilizzati finora, associati alle fasce altimetriche, le differenze tra la modulazione 'dinamica' e quella 'a priori', e la differenza tra i valori di temperatura medi 'attuali' e 'di riferimento. Nel caso mostrato la differenza risulta positiva nella parte inferiore del dominio (emissioni 'dinamiche' superiori a quelle 'a priori') e negativa nelle altre aree, concordemente alle differenze tra le temperature 'attuali' e 'di riferimento', che mostrano la parte inferiore del dominio più fredda nel periodo in esame rispetto al riferimento preso, e più calde le altre aree.

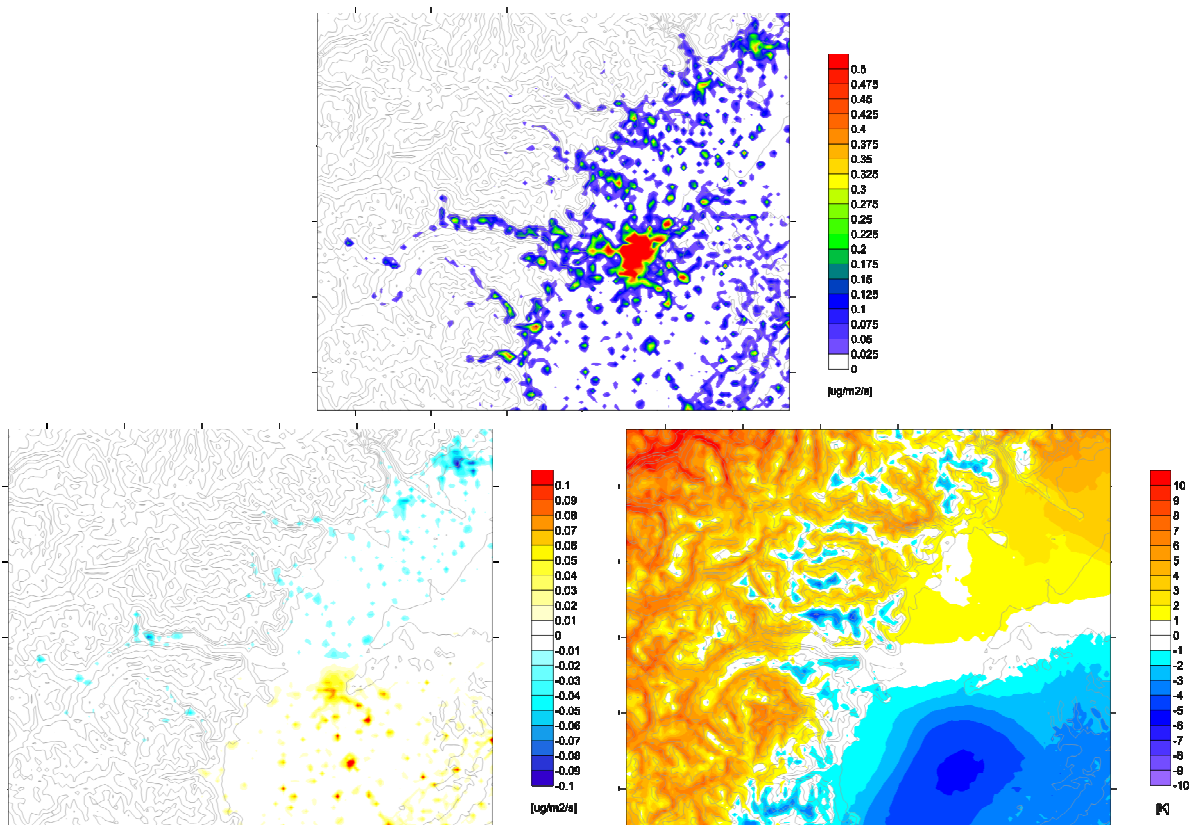


FIGURA 74: In alto: emissioni di NOx dal riscaldamento civile: medie per il mese di gennaio con modulazione 'a priori'. In basso: a sinistra, differenza media per il mese di gennaio tra le emissioni modulate in modo 'dinamico' e 'a priori'; a destra, differenza tra valori 'attuali' e 'di riferimento' per le temperature medie al suolo per il mese di gennaio.

Su periodi specifici le differenze possono risultare consistenti, come mostra il confronto tra le serie temporali delle emissioni complessive giornaliere per l'intero dominio calcolate con il metodo 'a priori' e con quello 'dinamico' (figura successiva).

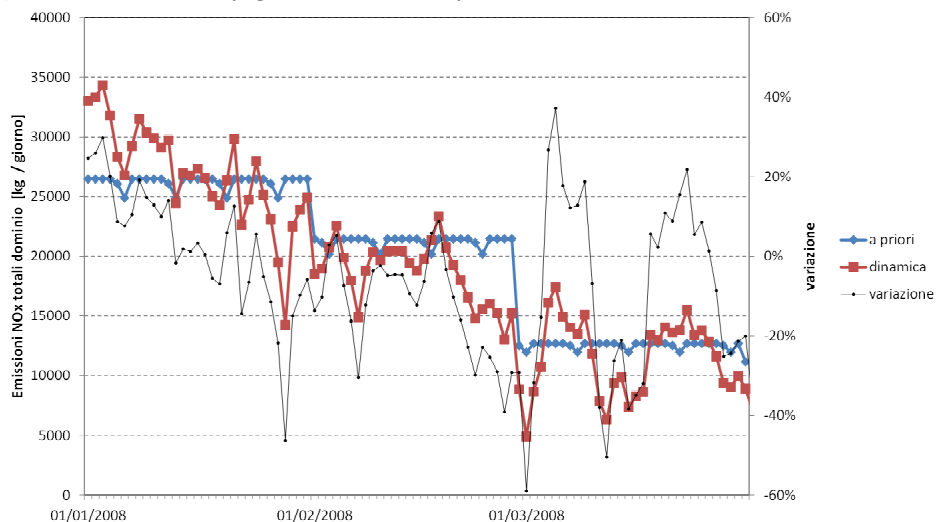


FIGURA 75: Emissioni totali giornaliere di NOx da riscaldamento per l'intero dominio: confronto tra emissioni modulate con i profili mensili 'a priori' e con la correzione 'dinamica' basata sulle temperature.

Un analogo confronto tra i due metodi in punti specifici del territorio mostra come localmente le differenze possono essere anche superiori. Tuttavia nel caso considerato l'applicazione del metodo 'dinamico' non porta ad una deriva sistematica delle emissioni complessive: la variazione tra le emissioni totali per l'intero dominio calcolate con il metodo dinamico e quelle 'a priori' è pari al +3% per il mese di gennaio -5% per l'intero trimestre.

Dal test preliminare condotto appare dunque come la metodologia delineata possa descrivere in modo coerente nello spazio e nel tempo la dipendenza delle emissioni da riscaldamento civile

dalle anomalie termiche, senza produrre tuttavia derive irrealistiche della massa complessiva emessa su tutto il dominio su periodi lunghi. Risulta dunque potenzialmente utilizzabile nel sistema modellistico previsionale sulla base dei dati routinariamente disponibili al suo interno, nonché nelle simulazioni annuali per la valutazione della qualità dell'aria.

Proposta metodologica per la predisposizione di servizi di previsione della qualità dell'aria al di fuori dell'area metropolitana torinese

L'articolo 26 "Informazioni al pubblico" della direttiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa prevede che siano rese disponibili previsioni relative alle aree territoriali potenzialmente interessate dal superamento delle soglie previste per gli inquinanti coperti dalla normativa, nonché la tendenza dei livelli di concentrazione per i giorni a venire (miglioramento, stabilizzazione o peggioramento), il motivo del cambiamento previsto, nonché informazioni relative all'esposizione ed ai possibili effetti sulla salute dei gruppi di popolazione a rischio.

L'attuale Indice di Qualità dell'Aria (IQA) per l'Area Metropolitana di Torino è calcolato a partire dalle concentrazioni grigliate prodotte dalla catena modellistica prognostica sul sottodominio di Torino, con un algoritmo analogo a quello utilizzato per il calcolo a partire dai dati osservati, pesando i valori dei diversi punti griglia con una pesatura che privilegia le aree residenziali o produttive.

La possibilità di rendere operativa la catena prognostica su tutto il territorio provinciale e di disporre di uno strumento di comunicazione sullo stato della qualità dell'aria su area vasta fa sorgere la necessità di definire degli indicatori sintetici per aree al di fuori dell'area metropolitana. L'estensione della metodologia all'intero territorio provinciale necessita peraltro di un'analisi preliminare congiunta dell'IQA desunto sia dalle osservazioni alle stazioni della rete di monitoraggio, sia dai valori forniti dalla catena modellistica. L'analisi, svolta su un periodo di un anno, è volta ad evidenziare da un lato l'aderenza dell'indice calcolato in prossimità dei punti di misura, dall'altro la sua articolazione sul territorio.

In tale contesto è stata dunque dapprima elaborata un'ipotesi di estensione alla provincia di Torino dell'IQA, calcolato a partire dai campi di concentrazione prodotti con la simulazione a 1 km. L'approccio utilizzato è stato mutuato da quello utilizzato per l'indice attualmente in uso sull'area metropolitana torinese, valutandone l'applicabilità a realtà diverse dall'agglomerato urbano esteso su cui esso è stato definito, al fine di mantenerne l'utilità informativa al pubblico.

La prima considerazione in questo senso è che il territorio provinciale copre aree diverse fra loro, sia in termini di densità emissiva (dall'area metropolitana ai piccoli centri alpini), sia in termini di meteorologia e qualità dell'aria (zone di pianura o fondovalle con frequenti inversioni termiche invernali e conseguente aumento delle concentrazioni e superamento dei limiti, aree collinari sottovento rispetto alle emissioni, aree remote con insolazione estiva e formazione di ozono, eccetera), sia per identità socioeconomica (comunità montane, aree non direttamente gravitanti su Torino).

In via preliminare si è quindi deciso di suddividere la provincia in zone che avessero caratteristiche di maggiore omogeneità rispetto alla qualità dell'aria, e significative per i destinatari dell'informazione che si intende fornire. Come punto di partenza è stata utilizzata la proposta di nuova zonizzazione regionale elaborata da ARPA Piemonte nel 2011, che si articola nell'agglomerato torinese esteso a tutti i comuni serviti dall'azienda di trasporto GTT, una fascia di pianura, una collinare e una montana. Tali fasce sono poi state ulteriormente divise seguendo un criterio geografico, per ottenere zone più circoscritte e con un'identità riconoscibile. Tali zone sono state infine in parte accorpate (fig. seguente), mantenendo la divisione fra le aree montane e il resto del territorio, ma unendo le aree collinari alle adiacenti porzioni di pianura e ai comuni dell'agglomerato torinese esteso (area GTT) che non ricadono nell'agglomerato ristretto su cui è calcolato l'IQA di Torino. Ne risultano tre zone montane (valli di Lanzo, Orco, Soana e Chiusella; alta Valsusa; valli Chisone, Germanasca e Pellice), la zona collinare a est di Torino (con l'aggiunta dei comuni collinari dell'agglomerato esteso), tutto il nord torinese unito al Canavese ed Eporediese, il sud unito al Pinerolese, la bassa Valsusa unita ai comuni occidentali dell'agglomerato esteso, oltre alla zona dell'IPQA torinese attuale.

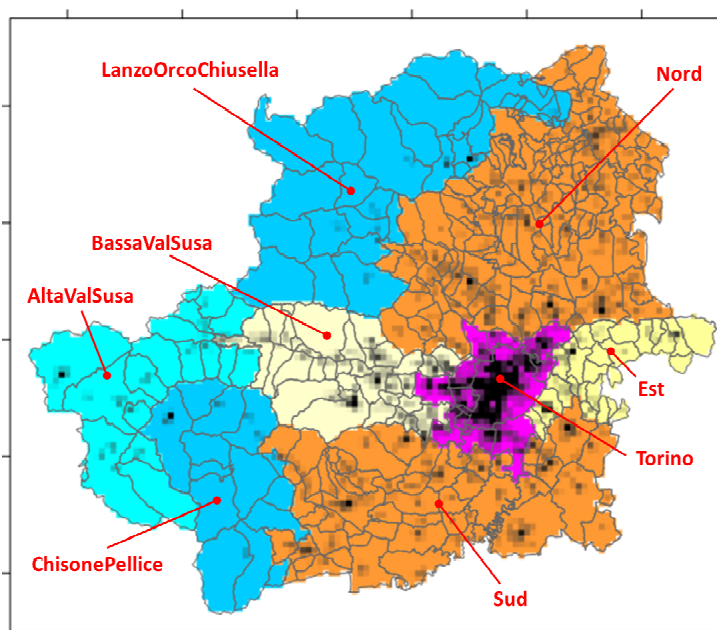


FIGURA 76: Suddivisione in zone proposta per l'indice di qualità dell'aria (in grigio le celle urbanizzate su maglie di 1 km, con gradazione tanto più scura quanto più la percentuale di uso del suolo si avvicina al 100% di urbanizzato).

Oltre alla ridefinizione delle zone, anche il procedimento di calcolo dell'indice di qualità dell'aria subisce una modifica. Il calcolo dell'IQA attuale sulla città di Torino prevede che dei campi di concentrazione calcolati si considerino solamente i valori nei punti griglia che ricadono sulle aree urbanizzate, individuate a partire da mappe di uso del suolo: solo le celle del dominio di calcolo in cui prevale l'edificato sono utilizzate per determinare l'indice, mentre le altre sono scartate. Ciò deriva dall'esigenza di fornire un'informazione che caratterizzi i luoghi dove la maggior parte della popolazione vive e lavora, ma risulta limitante nel caso delle zone esterne alla città, caratterizzate da maggiori disomogeneità fra urbanizzato ed il resto del territorio, ed a maggior ragione nelle valli alpine, dove la superficie antropizzata è una parte minima del territorio complessivo. Per tenere conto di ciò, l'IQA complessivo per le nuove zone proposte viene dunque calcolato pesando le concentrazioni di tutte le celle comprese nella zona di interesse secondo la frazione di uso del suolo edificato di ciascuna cella.

Una volta calcolati gli IQA sulle diverse zone con il metodo descritto, per valutare quanto gli indici siano rappresentativi nei singoli comuni, è stata confrontata la distribuzione annuale dell'indice di ciascuna zona con quella di ciascuno dei comuni che la compongono. Come termine di paragone sono stati utilizzati i dati di IQA comunale prodotti da ARPA Piemonte, che giornalmente li stima a partire dalla simulazione a 4 km di risoluzione sull'intera regione, con assimilazione dei dati misurati nelle stazioni di monitoraggio (si considera dunque che i campi in questione rappresentino quanto sia attualmente disponibile di più aderente alla realtà riguardo alla qualità dell'aria in provincia di Torino). Il confronto ha evidenziato come nonostante le discrepanze presenti in diverse zone della provincia, le medie annuali degli IQA e delle classi calcolate basandosi sulle due fonti siano coerenti, in particolare nella zona collinare dove non differiscono per più del 20% del limite di legge, corrispondente a circa mezza classe.

Come ulteriore riscontro gli IQA di ciascuna zona sono stati inoltre confrontati con gli analoghi indici calcolati puntualmente a partire dai dati misurati nelle centraline di monitoraggio di ARPA Piemonte in essa situate. Ciò ha confermato la diversa rappresentatività dei due approcci, quello di zona portatore di un'informazione media su un'area vasta, mentre quello relativo ai punti di monitoraggio potenzialmente sempre meno rappresentativi della realtà man mano che ci si allontana dal punto di campionamento.

Nel loro complesso le analisi effettuate mostrano come, al fine della definizione di un indice per la comunicazione sintetica della qualità dell'aria sulle rimanenti aree del territorio provinciale, gli accorpamenti esplorati dei comuni in zone costituiscano insieme non meno omogenei al loro interno di quanto sia l'agglomerato torinese attualmente impiegato. Ciò accade in particolar modo per le aree di pianura e collina; sulla fascia montana le differenze all'interno delle zone

risultano invece superiori. Queste aree peraltro sono in genere meno affette da episodi critici di inquinamento, se si escludono casi circoscritti a realtà specifiche (es. Susa).

Conclusioni e prospettive

Il progetto si proponeva di valutare i benefici che si possono ottenere nella simulazione modellistica della qualità a scala locale (1 km) accompagnando la discesa di scala con un'ottimizzazione dell'input emissivo, in una prospettiva di inventario provinciale.

L'attività di aggiornamento sulle **sorgenti industriali**, con la definizione di fattori di emissione specifici per ogni impianto analizzato, è confluita nella definizione di un database MS-Access che permette la consultazione delle caratteristiche di impianto e un dimensionamento immediato delle sorgenti negli anni successivi al 2008, sulla base di dati di produzione o di consumo. Su questo fronte sarebbe auspicabile da una parte una piena integrazione con il database che attualmente gestisce l'iter e gli adempimenti autorizzativi presso la Provincia, dall'altra, l'evoluzione verso uno strumento che consenta la definizione di scenari e l'esportazione di file di input emissivi utilizzabili direttamente dal sistema modellistico.

La nuova stima delle emissioni della **combustione non industriale** ha messo in luce differenze notevoli a livello comunale per il gas naturale, dovute all'utilizzo del combustibile erogato e non ripartito con variabili proxy (superfici riscaldate, popolazione residente). La disponibilità di nuove informazioni regolarmente raccolte dai comuni più popolosi aderenti al Patto dei Sindaci suggerisce la transizione verso un metodo misto per la stima delle emissioni di questo comparto, limitando l'uso di variabili proxy ai comuni più piccoli che rappresentano quote di consumo residuale. Sul fronte della biomassa, l'utilizzo di informazioni sul parco di impianti di combustione ha restituito una stima più attendibile e più adatta alla definizione di scenari energetici futuri. Anche in questo caso, resta cruciale la scelta della variabile proxy da utilizzare per la ripartizione del consumo provinciale, che al momento è rappresentata dalle superfici riscaldate mutate dal censimento ISTAT 2001. Indagini specifiche, anche attraverso il canale scolastico, potrebbero consentire una definizione più realistica dei fattori di utilizzo dei dispositivi nelle diverse zone (area metropolitana, pianura, collina, montagna) e anche della penetrazione della legna in aree tradizionalmente escluse.

L'approccio bottom-up ha restituito emissioni probabilmente sottostimate del **traffico**, evidenziando una notevole sensibilità di questo metodo alla scelta dei parametri quali la velocità di percorrenza sugli archi e le caratteristiche del parco circolante. La possibilità di disporre di informazioni relative alla sola mobilità privata, quali quelle contenute nel grafo provinciale, ha introdotto una certa arbitrarietà nella stima delle emissioni della mobilità commerciale, che costituiscono una percentuale importante delle emissioni complessive. In particolare, riguardo alla stima delle emissioni del traffico urbano diffuso in un territorio così vasto e con caratteristiche di spostamenti non sistematici così diverse, sarebbe opportuno disporre di un grafo multi-modale per differenziare le aree in cui è grande l'offerta di mezzi pubblici. Stante la rilevanza delle emissioni da traffico, anche nella prospettiva dell'utilizzo di modelli di dispersione a risoluzione maggiore o ibridi, è necessario uno sforzo maggiore nella direzione di fonti di informazione più solide e specifiche, quale il ricorso ai dati acquisiti da telecamere in città e tutor fuori città per la conoscenza dei parchi circolanti e delle velocità medie.

Una stima più dettagliata delle emissioni di ammoniaca dal **settore zootecnico** non sembra invece portare apprezzabili benefici nella ricostruzione della qualità dell'aria a scala locale (perlomeno per ciò che riguarda gli inquinanti normati e regolarmente monitorati). Per la rilevanza nella formazione della frazione secondaria del particolato, sarebbe opportuno però affinare la stima delle emissioni di ammoniaca non legate all'agricoltura, sia per quanto riguarda le attività suscettibili di politiche di riduzione (trasporti, industria, rifiuti, etc.), che per quelle umani o naturali, che si concentrano in aree diverse da quelle agricole, dove nella descrizione attuale le emissioni di ammoniaca sono quasi assenti.

Sebbene sia stata prestata una grande attenzione alla distribuzione spaziale e alla modulazione delle emissioni considerate, dal punto di vista del pre-processamento delle emissioni da fornire in input al modello nel prossimo futuro sono auspicabili i seguenti ulteriori miglioramenti:

- trattazione dinamica del plume rise delle sorgenti puntuali tenendo in considerazione temperatura e direzione del vento istantanea;

- predisposizione degli input emissivi di tutte le sorgenti (dunque anche diffuse e lineari) su griglia tridimensionale, per permettere la differenziazione delle diverse tipologie di emissioni (es. riscaldamento, traffico, attività produttive) in termini di altezza media del punto di emissione in atmosfera;
- trattazione "dinamica" delle emissioni da riscaldamento (in funzione delle temperature correnti) e della risospensione da traffico veicolare (in funzione del campo di precipitazione), in questo progetto elaborati solo in termini metodologici.

Per valutare l'effetto delle modifiche sulla simulazione modellistica, sono state analizzate tre simulazioni di durata annuale: la simulazione a scala regionale di Arpa Piemonte (4 km, VAQ08), la discesa di scala ad 1 km a parità di input emissivo da inventario regionale (DVQ08 di Arpa Piemonte) e la simulazione ad 1 km con inventario 'ottimizzato' su scala provinciale (AERA). Per evidenziare separatamente l'effetto delle modifiche ai singoli comparti emissivi sono stati preliminarmente effettuati dei test di durata mensile (uno estivo ed uno invernale), considerando una modifica alla volta.

Complessivamente, l'insieme delle modifiche apportate alle emissioni conduce ad una migliore descrizione delle concentrazioni nei siti di fondo, urbano e suburbano rispetto alla sola discesa di scala, in particolare nei siti esterni all'area metropolitana. Nei siti di traffico urbano, invece, si evidenzia un peggioramento rispetto alla semplice discesa di scala, dovuto al ridimensionamento notevole delle emissioni di tutti gli inquinanti derivante dalla stima del traffico a partire dal grafo disponibile presso la Provincia, evidenziata anche nelle simulazioni di test. Si ritiene tuttavia che l'integrazione delle informazioni legate ad un grafo dettagliato nell'inventario delle emissioni sia fondamentale per correlare in modo verosimile la distribuzione delle concentrazioni nello spazio con i cambiamenti legati alle politiche e alle misure sulla mobilità.

La riproduzione modellistica nelle concentrazioni orarie di biossido di azoto mostra una sottostima dei valori di picco collegati ai flussi di traffico e in generale nelle concentrazioni diurne. Su questo fronte è auspicabile una migliore trattazione delle reazioni fotolitiche, sia utilizzando degli schemi di calcolo dei ratei di fotolisi che tengano conto degli effetti delle particelle di aerosol e gassose presenti in atmosfera, come per esempio il modulo TUV già implementato nel modello FARM ma non utilizzato per questo studio, sia tenendo conto degli effetti 'medi' della canopy urbana (presenza di edifici di varia altezza, rispetto alla larghezza delle strade) sulla radiazione solare rispetto al caso di campo libero.

La tipologia di modello adottata, pur consentendo una completa trattazione della chimica non consente di spingersi alle scale richieste per la riproduzione delle concentrazioni registrate in un sito da traffico, che sono invece rappresentative delle concentrazioni presenti a qualche decina di metri dall'asse stradale. Nell'ottica di integrazione tra misura e modelli delineata dalla Direttiva Europea 2008/50/EU, anche ai fini della progressiva riduzione delle centraline di monitoraggio e dell'ottimizzazione delle reti, è auspicabile l'evoluzione verso un sistema modellistico a multiscala di tipo ibrido che permetta l'individuazione di criticità di tipo hot-spot di traffico.

L'evoluzione verso un sistema di questo tipo non può però prescindere da una trattazione delle emissioni da traffico del tipo 'bottom-up', su grafo lineare anche in ambito urbano, e quindi dall'integrazione di questo approccio di stima delle emissioni con la tradizionale stima 'top-down' degli inventari utilizzati per la valutazione modellistica della qualità dell'aria su scala regionale.

Bibliografia

- AERA/ALCOTRA (2012), "AZIONE 4.2 – Risultati dell'armonizzazione delle emissioni di riscaldamento autonomo con il legno", Settembre 2012.
- Calori G., Pallavidino L., Prandi R. e Radice P. (2012), "Attività Di Ricerca E Sviluppo Nell'ambito Della Modellistica Integrata Per La Valutazione Della Qualità Dell'aria (AERA/ALCOTRA) - C.I.G. 2380688DDF – Schede tecniche degli impianti industriali - Aggiornamento al 2008", Rapporto SIMULARIA R2012.08.
- Calori G., Pallavidino L., Prandi R. e Radice P. (2012b), "Attività Di Ricerca E Sviluppo Nell'ambito Della Modellistica Integrata Per La Valutazione Della Qualità Dell'aria (AERA/ALCOTRA) - C.I.G. 2380688DDF – Relazione finale", Rapporto SIMULARIA R2012.17.
- Caserini S., Gaifami M. e Moretti M., (2011), "Stima delle percorrenze di automobili, mezzi leggeri, mezzi pesanti e motocicli in funzione dell'età", http://groupware.sinanet.isprambiente.it/expert_panel/library/ept16/caserini_percorrenze, Expert Panel Emissioni da Trasporti, 20-21 giugno 2011, Milano.
- EPA (2011), "AP 42 Section 13.2.1 Paved Roads", Update January 2011.
- Fracastoro G. V., Crocetta A. (2012), "Indagine sull'utilizzo di dispositivi termici a fonti energetiche rinnovabili in provincia di Torino", Report RENERFOR, Provincia di Torino/Politecnico di Torino, Settembre 2012.
- Nanni A., Radice P. e Smith P. (2009) "TREFIC (Traffic Emission Factors Improved Calculation) User's guide", Rapporto ARIANET R2009.19.
- Ntziachristos L. e Samaras Z. (2009), "Exhaust emissions from road transport", EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook 2009.
- Pallavidino L., Prandi R., P. Costa M., Nanni A., Bertello A., Bracco E., Pavone F., (2011), "Top-down vs. bottom-up approach in delineating traffic role in air quality scenarios", Proceedings of HARMO14 – 14th International Conference on Harmonisation within atmospheric dispersion modeling for regulatory purpose.
- Politecnico di Torino/Enea (2012), "Identificazione del parco impianti territoriale degli utilizzi energetici di biomassa legnosa forestale", Rapporto Renerfor 2.1.E, Marzo 2012.
- Prandi R., Pallavidino L. (2013), "Attività Di Ricerca E Sviluppo Nell'ambito Della Modellistica Integrata Per La Valutazione Della Qualità Dell'aria (AERA/ALCOTRA) - C.I.G. 2380688DDF - Estensione: Aggiornamento Al 2010 Delle Emissioni Delle Sorgenti Puntuali", Rapporto SIMULARIA R2013.02.
- Provincia di Torino (2010), "Settimo Rapporto sull'Energia", Novembre 2010.
- Torriani L., Debernardi A. e Ferrara E. (2012), "Sviluppo del modello di simulazione del traffico provinciale (modulo trasporto privato)", Rapporto intermedio, Febbraio 2012.

EMISSIONI INQUINANTI DEI VEICOLI A MOTORE

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

A. Bertello, D. Maria, Provincia di Torino.

I LIMITI DI EMISSIONE DEI VEICOLI A MOTORE

I veicoli a motore sono ritenuti tra i maggiori responsabili dell'inquinamento atmosferico presente nelle aree urbane. In particolare, il censimento delle emissioni relativo all'anno 2007 redatto dalla Regione Piemonte secondo la metodologia Corinair, stima che il traffico contribuisca nell'area metropolitana torinese alle emissioni di particolato primario (PM10) per il 59% e alle emissioni di ossidi di azoto (NO_x) per il 57%.

Poiché il problema è comune a tutte le grandi aree urbane, le direttive europee hanno cercato di affrontare la questione sia imponendo dei limiti sempre più restrittivi alle emissioni degli autoveicoli nuovi che richiedendo la commercializzazione di combustibili sempre più ecologici.

Si riporta di seguito una tabella che riassume il quadro delle emissioni associate alle diverse tipologie di veicoli a motore in relazione alle omologazioni ambientali. I valori sono stabiliti dalle Direttive Europee per le autovetture a benzina e diesel dal 1970 ad oggi, e dal Regolamento 715/2007 relativamente ai requisiti per i veicoli Euro5 e Euro6.

DIRETTIVA DI RIFERIMENTO	CO (g/km)		NO _x (g/km)		HC+NO _x (g/km)		HC (g/km)	PM10 (g/km)
	benz.	diesel	benz.	diesel	benz.	diesel	benz.	diesel
Direttiva 70/220 (1971-1974)	21,5				7,3			
Direttiva 74/290 (1975-1976)	18				6,5			
Direttiva 77/102 (1977-1978)	18				6,5			
Direttiva 78/665 (1979-1983)	14,2				5,7			
Direttiva 83/351 (1984-1992)	12				4,2			
Direttiva 88/436 (1988-1992)						1,6		0,27
Euro1 (1993-1996) Dir. 91/441	2,72	2,72	-	-	0,97	0,97/1,36*	-	0,14/0,19*
Euro2 (1997-2000) Dir. 94/12	2,2	1	-	-	0,5	0,7/0,9*	-	0,08/0,1*
Euro3 (2001-2005) Dir. 98/69	2,3	0,64	0,15	0,5	-	0,56	0,2	0,05
Euro4 (2006-2010) Dir. 98/69	1	0,5	0,08	0,25	-	0,3	0,1	0,025
Euro5 (2011-09/2015) *** Reg. 715/2007	1	0,5	0,06	0,18	-	0,23	0,1	0,005**
Euro6 (09/2015-....) *** Reg. 715/2007	1	0,5	0,06	0,08	-	0,17	0,1	0,005**

(*) Motori diesel a iniezione indiretta/iniezione diretta

(**) Il limite si applica anche a motori a benzina a iniezione diretta che operano sia in condizione magra che stechiometrica

(***) I limiti previsti per i veicoli a benzina dal reg. 715/2007 si applicano anche ai veicoli alimentati a GPL e Metano

TABELLA 37: limiti di emissione fissati dalle direttive europee per autovetture benzina e diesel.

Ogni nuova Direttiva ha fissato dei limiti inferiori di circa il 50% rispetto alla direttiva precedente e con la direttiva 98/69 sono stati introdotti contemporaneamente i due diversi standard, Euro3 e Euro4, obbligatori per le auto di nuova immatricolazione a partire rispettivamente dal 2001 e dal 2006, offrendo così l'opportunità ai costruttori di adeguare i loro modelli ai limiti individuati prima della loro obbligatorietà.

Contrariamente a quanto avvenuto in passato i limiti della "normativa Euro5" non corrispondono a un dimezzamento delle emissioni previste dalla norma Euro4. In particolare l'emissione di PM dei veicoli Euro5 è stata ridotta di 5 volte rispetto a quanto previsto per gli Euro4 al fine di forzare l'adozione dei Filtri AntiParticolato (FAP) su tutti i veicoli di nuova immatricolazione; una decisione più blanda avrebbe infatti consentito il rispetto della norma con tecnologie meno efficaci. Le emissioni di ossidi di azoto previste dalla norma Euro5 risultano, invece, pari a circa il 70% di quanto prescritto dalla Euro4 poiché le case automobilistiche non sono riuscite a sviluppare una tecnologia abbastanza efficace per l'abbattimento di questi inquinanti. La norma Euro6 agisce più efficacemente su questo inquinante e fissa un limite pari a circa un terzo rispetto a quanto previsto per i veicoli Euro4.

Analizzando le emissioni dei veicoli Euro5 con quelle dei veicoli "Pre-Euro" è evidente che l'evoluzione tecnologica delle marmitte catalitiche, dei filtri e dei sistemi di gestione elettronica della combustione hanno consentito una riduzione del carico inquinante dei veicoli compreso tra le 6 e le 50 volte, a seconda del parametro considerato.

Per comprendere l'impatto del traffico veicolare sulla qualità dell'aria è utile riportare anche un confronto tra i limiti delle emissioni di diverse tipologie di veicoli quali autovetture, ciclomotori, motocicli, e mezzi commerciali diesel di massa compresa tra i 1760 kg e i 3500 kg. Si è scelto per brevità di riportare in FIGURA 77 i limiti previsti per la somma di idrocarburi incombusti (HC) e ossidi di azoto (NO_x), che rappresentano una delle principali criticità in ambito urbano.

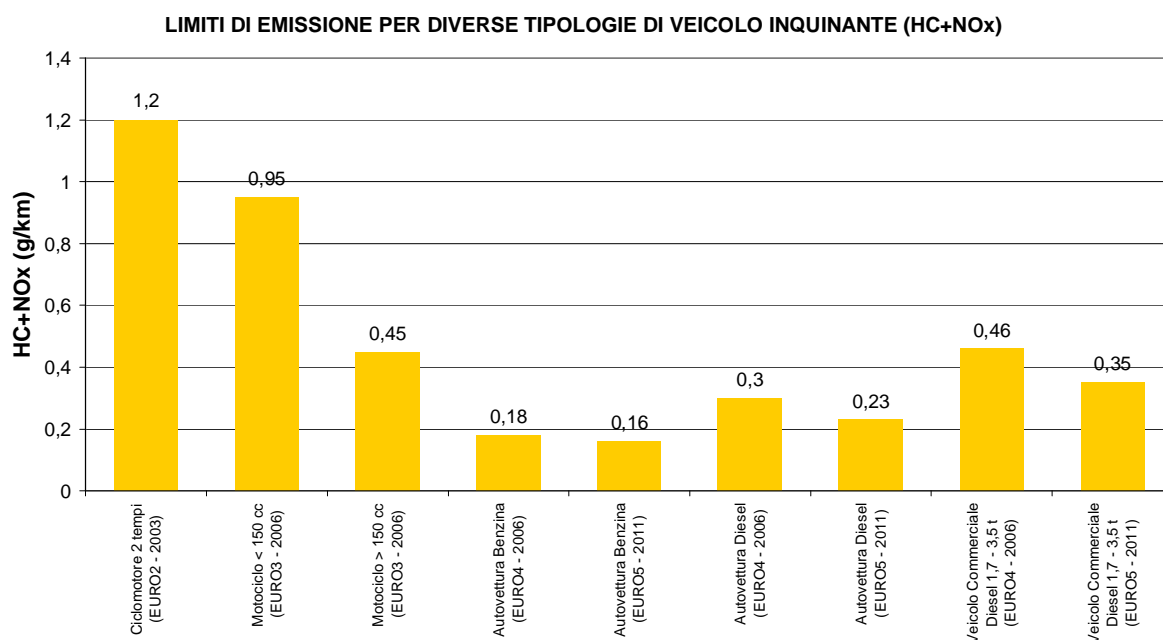


FIGURA 77: limiti di emissione definiti dalle normative più recenti per diverse tipologie di veicolo.

I ciclomotori risultano essere il mezzo più inquinante per la somma di questi due parametri mentre le autovetture a benzina quello più ecologico. Per gli autoveicoli sono infatti molto avanzate le tecnologie del controllo della combustione e del catalizzatore, che invece risultano di complessa applicazione sui ciclomotori e motocicli di piccola cilindrata.

IL PARCO VEICOLARE IN PROVINCIA DI TORINO

Si riportano di seguito per il periodo 2008-2012 i dati (forniti dal servizio tributi della Regione Piemonte) relativi alla composizione del parco veicolare immatricolato in Provincia di Torino.

I grafici e le tabelle, a causa di una riclassificazione effettuata dal DTT (dipartimento dei trasporti terrestri) e di una revisione delle banche dati, possono differire dai valori pubblicati nelle precedenti edizioni di "Uno sguardo all'aria".

Dall'analisi dell'attuale composizione del parco veicolare e dalla sua evoluzione negli ultimi anni emergono alcune considerazioni.

- il numero di autoveicoli immatricolati in provincia di Torino è aumentato di 9170 unità rispetto al 2011, il tasso di motorizzazione resta quindi molto alto nonostante la crisi economica, la diffusione di una cultura di mobilità sostenibile ed il miglioramento del trasporto pubblico.
- la somma dei veicoli Euro4, Euro5 ed Euro6 raggiunge rappresenta il 53% del totale degli autoveicoli.
- confermata la tendenza alla diminuzione della percentuale di veicoli non ecologici (dal 9,3% al 8,7%) ai sensi del piano regionale di risanamento della qualità dell'aria (pre-Euro, Euro1 diesel e Euro2 diesel più vecchi di 10 anni - DGR 64-6526 del 2007). Il 50% di questi sono mezzi diesel, caratterizzati da forti emissioni di particolato (64117). Questo dato conferma l'attualità dei divieti alla circolazione contenuti nel suddetto provvedimento amministrativo.
- aumenta rispetto al 2010 la percentuale degli autoveicoli a gasolio (dal 37,7% al 38,3%), mentre per quelli a GPL e metano sale dall' 9,3% al 10,5%.

Emissioni inquinanti dei veicoli a motore

		2008		2009		2010		2011		2012										
Autoveicoli "pre-EURO"	numero	106.331	87.555	benzina	97.718	81.046	benzina	91.100	68.879	benzina	87.030	65.667	benzina	83.980	63.395	benzina				
			8.147	gasolio			7.821		gasolio			13.843	gasolio			13.610	gasolio		13.358	gasolio
			10.629	GPL-CH4			8.851		GPL-CH4			8.378	GPL-CH4			7.753	GPL-CH4		7.227	GPL-CH4
	%	7,1	5,9	benzina	6,5	5,4	benzina	6,3	4,8	benzina	6,0	4,5	benzina	5,8	4,4	benzina				
		0,5	gasolio			0,5	gasolio			1,0		gasolio			0,9	gasolio		0,9	gasolio	
		0,7	GPL-CH4			0,6	GPL-CH4			0,6		GPL-CH4			0,5	GPL-CH4		0,5	GPL-CH4	
Autoveicoli "EURO1"	numero	85.015	70.026	benzina	68.898	55.934	benzina	59.033	45.900	benzina	52.518	40.371	benzina	47.452	36.090	benzina				
			8.514	gasolio			7.475		gasolio			7.796	gasolio			7.268	gasolio		6.857	gasolio
			6.475	GPL-CH4			5.489		GPL-CH4			5.337	GPL-CH4			4.879	GPL-CH4		4.505	GPL-CH4
	%	5,7	4,7	benzina	4,6	3,7	benzina	4,1	3,2	benzina	3,6	2,8	benzina	3,3	2,5	benzina				
		0,6	gasolio			0,5	gasolio			0,5		gasolio			0,5	gasolio		0,5	gasolio	
		0,4	GPL-CH4			0,4	GPL-CH4			0,4		GPL-CH4			0,3	GPL-CH4		0,3	GPL-CH4	
Autoveicoli "EURO2"	numero	380.194	291.893	benzina	331.441	250.027	benzina	284.602	211.948	benzina	259.293	191.976	benzina	235.639	173.038	benzina				
			69.786	gasolio			63.731		gasolio			53.079	gasolio			48.127	gasolio		43.902	gasolio
			18.515	GPL-CH4			17.683		GPL-CH4			19.575	GPL-CH4			19.190	GPL-CH4		18.699	GPL-CH4
	%	25,4	19,5	benzina	22,0	16,6	benzina	19,8	14,8	benzina	17,9	13,3	benzina	16,2	11,9	benzina				
		4,7	gasolio			4,2	gasolio			3,7		gasolio			3,3	gasolio		3,0	gasolio	
		1,2	GPL-CH4			1,2	GPL-CH4			1,4		GPL-CH4			1,3	GPL-CH4		1,3	GPL-CH4	
Autoveicoli "EURO3"	numero	387.180	188.428	benzina	379.438	182.570	benzina	344.818	168.833	benzina	329.825	161.653	benzina	314.902	153.717	benzina				
			190.038	gasolio			187.857		gasolio			165.472	gasolio			157.006	gasolio		148.969	gasolio
			8.714	GPL-CH4			9.011		GPL-CH4			10.513	GPL-CH4			11.166	GPL-CH4		12.216	GPL-CH4
	%	25,9	12,6	benzina	25,2	12,1	benzina	24,0	11,8	benzina	22,8	11,2	benzina	21,6	10,6	benzina				
		12,7	gasolio			12,5	gasolio			11,5		gasolio			10,9	gasolio		10,2	gasolio	
		0,6	GPL-CH4			0,6	GPL-CH4			0,7		GPL-CH4			0,8	GPL-CH4		0,8	GPL-CH4	
Autoveicoli "EURO4"	numero	536.007	243.566	benzina	605.201	262.689	benzina	583.952	254.044	benzina	561.065	241.322	benzina	552.319	233.364	benzina				
			268.198	gasolio			288.640		gasolio			250.869	gasolio			238.775	gasolio		235.367	gasolio
			24.243	GPL-CH4			53.872		GPL-CH4			79.039	GPL-CH4			80.968	GPL-CH4		83.588	GPL-CH4
	%	35,9	16,3	benzina	40,2	17,4	benzina	40,7	17,7	benzina	38,8	16,7	benzina	37,9	16,0	benzina				
		17,9	gasolio			19,2	gasolio			17,5		gasolio			16,5	gasolio		16,2	gasolio	
		1,6	GPL-CH4			3,6	GPL-CH4			5,5		GPL-CH4			5,6	GPL-CH4		5,7	GPL-CH4	
Autoveicoli "EURO5"	numero	410	121	benzina	24.427	6.978	benzina	71.621	30.582	benzina	156.193	64.028	benzina	220.913	85.771	benzina				
			289	gasolio			15.918		gasolio			36.726	gasolio			81.264	gasolio		108.431	gasolio
			0	GPL-CH4			1.531		GPL-CH4			4.313	GPL-CH4			10.901	GPL-CH4		26.711	GPL-CH4
	%	0,0	0,0	benzina	1,6	0,5	benzina	5,0	2,1	benzina	10,8	4,4	benzina	15,2	5,9	benzina				
		0,0	gasolio			1,1	gasolio			2,6		gasolio			5,6	gasolio		7,4	gasolio	
		0,0	GPL-CH4			0,1	GPL-CH4			0,3		GPL-CH4			0,8	GPL-CH4		1,8	GPL-CH4	
Autoveicoli "EURO6"	numero							54	1	benzina	107	0	benzina	536	288	benzina				
										52		gasolio			106	gasolio		244	gasolio	
												1	GPL-CH4			1	GPL-CH4		4	GPL-CH4
	%							0,0	0,0	benzina	0,0	0,0	benzina	0,0	0,0	benzina				
									0,0	gasolio			0,0		gasolio		0,0	gasolio		
									0,0	GPL-CH4			0,0		GPL-CH4		0,0	GPL-CH4		

TABELLA 38: autoveicoli immatricolati in provincia di Torino dal 2008 al 2012, suddivisi per tipo di omologazione ambientale .

Emissioni inquinanti dei veicoli a motore

		2008			2009			2010			2011			2012		
Autocarri <3,5 t "pre-EURO"	numero	39.895	5.063	benzina	34.868	3.201	benzina	24.923	2.028	benzina	23.899	1.997	benzina	22.779	1.969	benzina
			34.158	gasolio		31.322	gasolio		22.552	gasolio		21.574	gasolio		20.503	gasolio
			674	GPL-CH4		345	GPL-CH4		343	GPL-CH4		328	GPL-CH4		307	GPL-CH4
	%	20,9	2,6	benzina	17,5	1,6	benzina	15,3	1,2	benzina	14,7	1,2	benzina	13,6	1,2	benzina
			17,9	gasolio		15,7	gasolio		13,9	gasolio		13,3	gasolio		12,3	gasolio
			0,4	GPL-CH4		0,2	GPL-CH4		0,2	GPL-CH4		0,2	GPL-CH4		0,2	GPL-CH4
Autocarri <3,5 t "EURO1"	numero	9.769	937	benzina	9.053	815	benzina	11.525	1.618	benzina	10.914	1.508	benzina	10.290	1.435	benzina
			8.720	gasolio		8.158	gasolio		9.743	gasolio		9.246	gasolio		8.704	gasolio
			112	GPL-CH4		80	GPL-CH4		164	GPL-CH4		160	GPL-CH4		151	GPL-CH4
	%	5,1	0,5	benzina	4,5	0,4	benzina	7,1	1,0	benzina	6,7	0,9	benzina	6,2	0,9	benzina
			4,6	gasolio		4,1	gasolio		6,0	gasolio		5,7	gasolio		5,2	gasolio
			0,1	GPL-CH4		0,0	GPL-CH4		0,1	GPL-CH4		0,1	GPL-CH4		0,1	GPL-CH4
Autocarri <3,5 t "EURO2"	numero	39.832	6.479	benzina	37.499	5.773	benzina	28.856	2.949	benzina	27.381	2.680	benzina	25.853	2.425	benzina
			32.853	gasolio		31.245	gasolio		25.540	gasolio		24.341	gasolio		23.093	gasolio
			500	GPL-CH4		481	GPL-CH4		367	GPL-CH4		360	GPL-CH4		335	GPL-CH4
	%	20,8	3,4	benzina	18,8	2,9	benzina	17,8	1,8	benzina	16,8	1,6	benzina	15,5	1,5	benzina
			17,2	gasolio		15,7	gasolio		15,7	gasolio		15,0	gasolio		13,8	gasolio
			0,3	GPL-CH4		0,2	GPL-CH4		0,2	GPL-CH4		0,2	GPL-CH4		0,2	GPL-CH4
Autocarri <3,5 t "EURO3"	numero	64.089	5.976	benzina	63.421	3.235	benzina	45.722	2.673	benzina	44.131	2.636	benzina	43.006	2.698	benzina
			57.709	gasolio		59.688	gasolio		42.648	gasolio		41.068	gasolio		39.878	gasolio
			404	GPL-CH4		498	GPL-CH4		401	GPL-CH4		427	GPL-CH4		430	GPL-CH4
	%	33,5	3,1	benzina	31,9	1,6	benzina	28,2	1,6	benzina	27,1	1,6	benzina	25,7	1,6	benzina
			30,2	gasolio		30,0	gasolio		26,3	gasolio		25,3	gasolio		23,8	gasolio
			0,2	GPL-CH4		0,3	GPL-CH4		0,2	GPL-CH4		0,3	GPL-CH4		0,3	GPL-CH4
Autocarri <3,5 t "EURO4"	numero	37.219	1.370	benzina	48.122	1.700	benzina	47.925	1.553	benzina	49.762	1.460	benzina	52.380	1.450	benzina
			34.747	gasolio		44.415	gasolio		43.668	gasolio		45.584	gasolio		48.223	gasolio
			1.102	GPL-CH4		2.007	GPL-CH4		2.704	GPL-CH4		2.718	GPL-CH4		2.707	GPL-CH4
	%	19,5	0,7	benzina	24,2	0,9	benzina	29,5	1,0	benzina	30,6	0,9	benzina	31,3	0,9	benzina
			18,2	gasolio		22,3	gasolio		26,9	gasolio		28,0	gasolio		28,8	gasolio
			0,6	GPL-CH4		1,0	GPL-CH4		1,7	GPL-CH4		1,7	GPL-CH4		1,6	GPL-CH4
Autocarri <3,5 t "EURO5"	numero	445	0	benzina	6.068	1	benzina	3.414	25	benzina	6.505	139	benzina	12.915	213	benzina
			445	gasolio		5.907	gasolio		2.663	gasolio		5.385	gasolio		11.012	gasolio
			0	GPL-CH4		160	GPL-CH4		726	GPL-CH4		981	GPL-CH4		1.690	GPL-CH4
	%	0,2	0,0	benzina	3,0	0,0	benzina	2,1	0,0	benzina	4,0	0,1	benzina	7,7	0,1	benzina
			0,2	gasolio		3,0	gasolio		1,6	gasolio		3,3	gasolio		6,6	gasolio
			0,0	GPL-CH4		0,1	GPL-CH4		0,4	GPL-CH4		0,6	GPL-CH4		1,0	GPL-CH4
Autocarri <3,5 t "EURO6"	numero													3	0	benzina
															3	gasolio
															0	GPL-CH4
	%													0	0,0	benzina
															0,0	gasolio
															0,0	GPL-CH4

TABELLA 39: veicoli commerciali leggeri (< 3,5 t) immatricolati in Provincia di Torino dal 2008 al 2012, suddivisi per tipo di omologazione ambientale.

**AUTOVEICOLI IMMATRICOLATI IN PROVINCIA DI TORINO (2008-2012)
SUDDIVISIONE PER OMOLOGAZIONE AMBIENTALE
BANCA DATI REGIONE PIEMONTE**

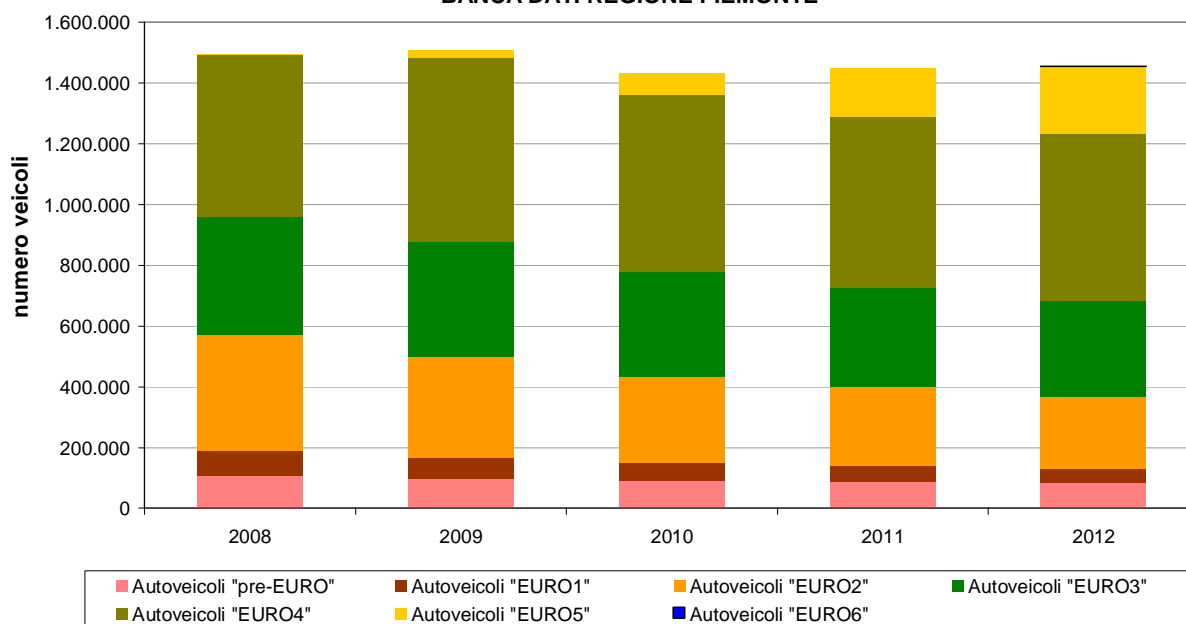


FIGURA 78: autoveicoli immatricolati in Provincia di Torino dal 2007 al 2012, suddivisi per tipo di omologazione ambientale (Banca Dati di Regione Piemonte).

**AUTOCARRI (<3,5t) IMMATRICOLATI IN PROVINCIA DI TORINO (2008-2012)
SUDDIVISIONE PER OMOLOGAZIONE AMBIENTALE
BANCA DATI REGIONE PIEMONTE**

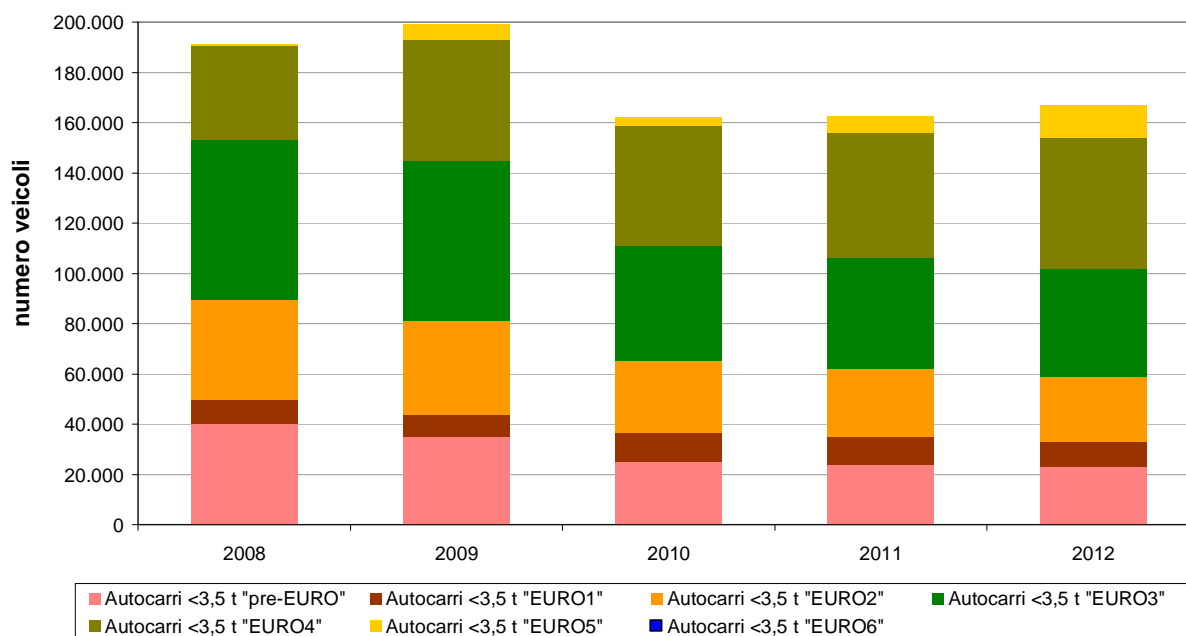


FIGURA 79: veicoli commerciali leggeri (< 3,5 t) immatricolati in Provincia di Torino dal 2008 al 2012, suddivisi per tipo di omologazione ambientale (Banca Dati di Regione Piemonte).

EMISSIONI VEICOLI IN CICLI DI GUIDA REALI ³⁷

Nel corso degli ultimi anni si è prepotentemente sollevata la questione delle emissioni dei veicoli nei cicli di guida reali in particolar modo per quanto riguarda l'emissione di NO_x. Analizzando i fattori di emissione recentemente sviluppati e i dati relativi ad alcuni studi sulle emissioni reali di NO_x ci si accorge che:

- per i veicoli a benzina le emissioni reali sono in linea con i limiti EURO;
- per i veicoli diesel le emissioni reali sono di gran lunga superiori rispetto ai limiti EURO 3, 4 e 5;
- per quanto riguarda gli EURO 6 non sono ancora disponibili dati circa il rispetto dei valori limite in condizioni reali;
- per quanto riguarda i veicoli diesel le emissioni reali sono sostanzialmente stabili dal EURO1 all'EURO5;

Relativamente al PM10 escludendo il fenomeno della risospensione e del consumo di gomme freni e frizioni si può sostenere che l'emissione di tale inquinante è un fenomeno legato ai motori diesel non dotati di filtro anti particolato (sostanzialmente obbligatorio con lo standard EURO5).

La definizione delle limitazioni veicolari dovrà pertanto tenere in considerazione questi elementi ed essere indirizzata al "blocco" dei veicoli effettivamente più inquinanti.

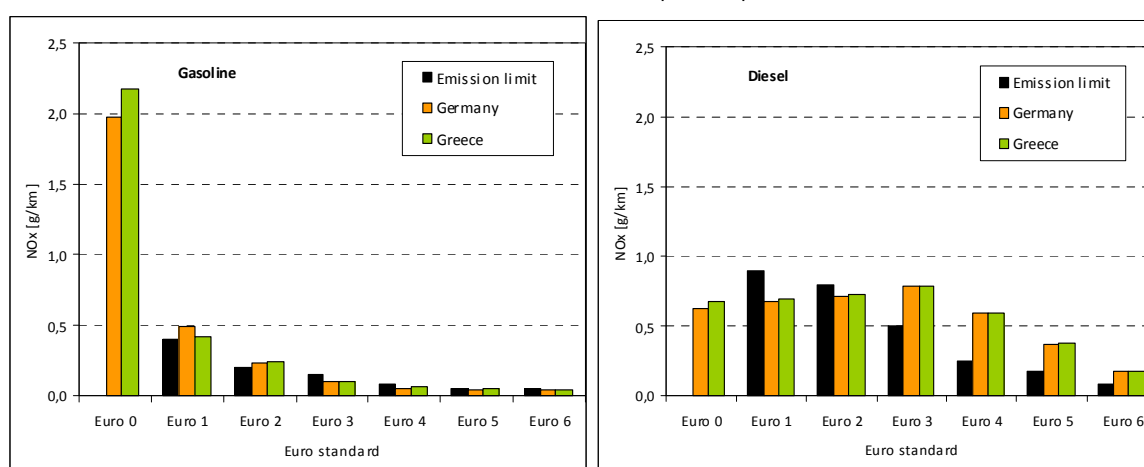


FIGURA 80: Fattori di emissione per guida reale implementati in Copert IV (Leonidas Ntziachristos - LAT-Laboratory of Applied Thermodynamics, Thessaloniki, GR).

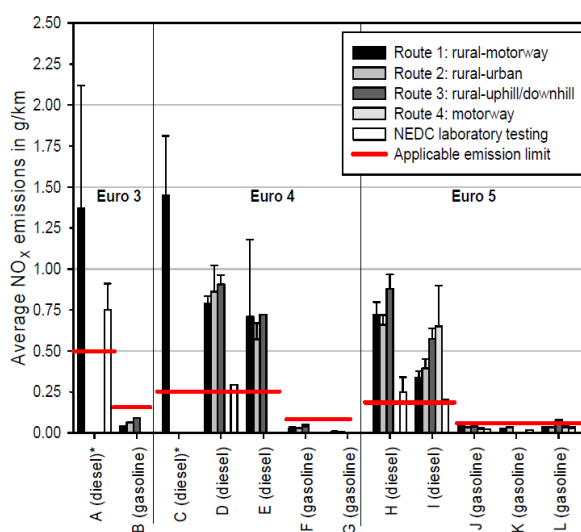


FIGURA 81: Performance emissive di NO_x di alcuni autoveicoli su percorsi di guida reali (JRC – CARS 21 – Brussels 15 april 2011).

³⁷ CARS 21:WORKING GROUP 4 (Internal market, emissions and CO₂ policies), discussion paper, real driving emissions of vehicles - http://circa.europa.eu/Public/irc/env/cape_baseline/library?l=/thematic_strategy/01-meetings/01-stakeholder_expert/2011-06-0607_meeting/information_documents/real-driving_emissionspd/_EN_1.0_&a=d



<http://www.provincia.torino.gov.it>



<http://www.arpa.piemonte.it>