



Uno sguardo all'aria



2008



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

Anno 2008

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, E. Bracco, S. Marchese, D. Maria, L. Pallavidino, R. Prandi.

ARPA Dipartimento di Torino:

C. Bussi, F. Lollobrigida, M. Maringo, F. Romeo, M. Sacco.

ARPA Area Previsione e Monitoraggio Ambientale:

S. Bande, M. Muraro, M. Nicolella, G. Paesano.

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

ARPA Dipartimento di Torino:

M. Pereno, F. Pettinato, S. Bertero, D. Budano, C. Bugnone, M. Cadeddu, G. Castrogiovanni, A. D’Agostino, S. Dignani, D. Di Martino, C. Duretti, G. Gallina, P. Giansanti; V. Guelpa, G. Prano, M. Radeschi, P. Rosina, V. Sciortino, D. Simondi, E. Vicenzino, V. Zulian.

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.

G. Tarizzo, O. Munafò, G. Truffo.

INDICE

PRESENTAZIONE	5
PREFAZIONE	6
CONSIDERAZIONI SULLE CARATTERISTICHE METEOROLOGICHE DELL'ANNO 2008	7
GENNAIO-FEBBRAIO	7
MARZO	8
APRILE	9
MAGGIO	9
GIUGNO	10
LUGLIO	11
AGOSTO	11
SETTEMBRE	12
OTTOBRE	12
NOVEMBRE-DICEMBRE	13
LA NORMATIVA IN MATERIA DI QUALITÀ DELL'ARIA	19
LA NUOVA DIRETTIVA EUROPEA SULLA QUALITÀ DELL'ARIA – 2008/50/CE	19
LA NORMATIVA NAZIONALE	21
PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI	30
LA RETE DI MONITORAGGIO OPERANTE SUL TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI TORINO	31
MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)	38
DESCRIZIONE	38
DANNI CAUSATI	38
METODO DI MISURA	38
ESAME DEI DATI	38
BIOSSIDO D'AZOTO (NO₂)	41
DESCRIZIONE	41
DANNI CAUSATI	41
METODO DI MISURA	41
ESAME DEI DATI	41
BIOSSIDO DI ZOLFO (SO₂)	47
DESCRIZIONE	47
DANNI CAUSATI	47
METODI DI MISURA	47
ESAME DEI DATI	48
OZONO (O₃)	50
DESCRIZIONE	50
DANNI CAUSATI	50
METODO DI MISURA	50
ESAME DEI DATI	50
BENZENE (C₆H₆)	59
DESCRIZIONE	59
DANNI CAUSATI	59
METODO DI MISURA	59
ESAME DEI DATI	59
METALLI	61
DESCRIZIONE	61
DANNI CAUSATI	61
METODO DI MISURA	62

ESAME DEI DATI	62
PARTICOLATO SOSPESO (PM₁₀, PM_{2.5}, PTS)	72
DESCRIZIONE	72
DANNI CAUSATI	72
METODO DI MISURA	72
ESAME DEI DATI	73
DEPOSIZIONI ATMOSFERICHE	81
DESCRIZIONE	81
METODO DI MISURA	81
ESAME DEI DATI	82
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (I.P.A.) E BENZO(A)PIRENE	86
DESCRIZIONE	86
DANNI CAUSATI	87
METODO DI MISURA	88
ESAME DEI DATI	88
LA STAZIONE MOBILE DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	100
ANALISI DEI DATI METEOROLOGICI	109
PREMESSA	109
ELABORAZIONI DEI DATI RILEVATI	110
EMISSIONI INQUINANTI DEI VEICOLI A MOTORE	124
I LIMITI DI EMISSIONE DEI VEICOLI A MOTORE	124
IL PARCO VEICOLARE IN PROVINCIA DI TORINO	126
ANALISI DELLA QUALITÀ DELL'ARIA NELL'AREA DEL PIEMONTE SUD-ORIENTALE MEDIANTE TECNICHE SPETTROMETRICHE	131
SOMMARIO	131
INTRODUZIONE	131
METODOLOGIA	133
ANALISI DI UN TRANSITORIO AMBIENTALE RILEVANTE.....	136
CONCLUSIONI	140
INFLUENZA DELLA MODELLISTICA METEOROLOGICA SULLA PREDICIBILITÀ DELL'INQUINAMENTO DELL'ARIA A SCALA REGIONALE E URBANA	141
INTRODUZIONE	141
ARCHITETTURA DEL SISTEMA MODELLISTICO.....	141
IMPLEMENTAZIONE DIAGNOSTICA DI LUNGO PERIODO	143
IMPLEMENTAZIONE PROGNOSTICA	144
CONFRONTO DELLE PRESTAZIONI DEI SISTEMI MODELLISTICI	146
CONFRONTI SUL LUNGO PERIODO	146
CONFRONTI SUL BREVE PERIODO	156
CONCLUSIONI	159

Il rapporto annuale sullo stato della qualità dell'aria rappresenta ormai da anni un punto fermo fra le attività dell'Ente e fornisce un elemento di riflessione molto importante per lo sviluppo di strategie ambientali sempre più efficaci.

I dati raccolti nel corso del 2008 confermano il progressivo miglioramento della qualità dell'aria sebbene emergano con evidenza alcune criticità.

Le concentrazioni di ozono, biossido di azoto e particolato fine (PM₁₀) permangono superiori ai limiti di legge in una parte del nostro territorio, sebbene, soprattutto per il PM₁₀, si rafforzi il dato di progressiva riduzione già evidenziato negli anni passati. Il limite sulla media annuale del PM₁₀ è ormai rispettato in quasi tutte le centraline esterne all'area metropolitana torinese e le stazioni di fondo urbano ubicate nel Comune di Torino misurano livelli appena superiori alla soglia indicata dalla normativa.

L'analisi dei rilevamenti della qualità dell'aria e la valutazione delle emissioni conducono ad alcune considerazioni.

Le azioni intraprese a livello locale, nazionale ed europeo si dimostrano efficaci per tutti i parametri monitorati, ma purtroppo un contributo importante alla riduzione delle emissioni è dovuto alla crisi economica che ha determinato una contrazione dei consumi energetici e tagli significativi della produzione industriale.

Le caratteristiche climatiche del nostro territorio e della pianura padana in generale comportano concentrazioni di inquinanti piuttosto elevate che richiedono uno sforzo costante e coordinato per limitare le emissioni di tutte le tipologie di sorgenti. A questo proposito è importante sottolineare le novità introdotte dalla direttiva europea 2008/50/CE che prevede la possibilità di proroga per il rispetto dei limiti nel caso si siano adottati adeguati piani di risanamento della qualità dell'aria e sia dimostrabile una situazione meteorologica sfavorevole alla dispersione degli inquinanti.

Questi fattori devono dunque spingere la nostra amministrazione in collaborazione con i comuni, la Regione Piemonte e le istituzioni coinvolte, a dare una sempre più proficua attuazione delle normative elaborando piani che siano applicati in modo omogeneo e diffuso sul territorio e incidano costantemente nel tempo proseguendo il lavoro di questi anni.

Tra le azioni volte al raggiungimento degli obiettivi di miglioramento della qualità dell'aria che la Provincia di Torino ha attivato e che intende portare avanti, sono state particolarmente rilevanti:

- il rilascio di autorizzazioni IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control – Direttive 96/61/CE e 2008/1/CE) alle aziende con impatto rilevante su tutte le matrici ambientali; ciò ha garantito l'applicazione delle migliori tecnologie disponibili per la prevenzione dell'inquinamento;
- la promozione della mobilità sostenibile attraverso la realizzazione dei piani di mobilità aziendale e il coordinamento degli stessi ad opera del mobility manager di area;
- il cofinanziamento degli impianti di riscaldamento e climatizzazione a basse emissioni e alto rendimento energetico e l'attivazione degli "Sportelli energia" per la consulenza gratuita circa l'uso delle fonti rinnovabili e il miglioramento dell'efficienza energetica.

Convinti che la maturazione di una coscienza civica che privilegi una forte sensibilità al rispetto dell'ambiente non possa avere luogo senza l'approfondimento scientifico e la divulgazione del patrimonio di conoscenze acquisite, e con l'auspicio che le attività istituzionali siano espressione fedele dell'impegno quotidiano dei singoli, vi invitiamo anche quest'anno ad una attenta e proficua lettura del presente lavoro.

L'Assessore all'Ambiente
Roberto Ronco

Il Presidente
della Provincia di Torino
Antonio Saitta

Nel 2008 si riconferma la forte attenzione dell'Unione Europea al tema del miglioramento della qualità dell'aria che si è tradotta nell'entrata in vigore l'11 Giugno 2008 della nuova Direttiva 2008/50/CE la quale semplifica la normativa esistente riunendo in un unico atto le passate Direttive relative a NO₂, NO_x, PM₁₀, Piombo, CO, Benzene, e O₃.

La Direttiva conferma l'approccio metodologico che ha già dimostrato notevole efficacia in passato, il quale prevede di dare particolare importanza all'utilizzo degli strumenti di modellistica della dispersione degli inquinanti nonché alla definizione dei metodi analitici di riferimento e alla attività di comunicazione ed informazione nei confronti della cittadinanza e della Commissione Europea.

Essa contiene inoltre alcune disposizioni per il monitoraggio del particolato PM_{2,5} e definisce nuovi valori limite: nelle aree urbane gli stati membri dovranno ridurre del 20% l'esposizione a questo inquinante entro il 2020 rispetto ai valori del 2010 ed entro il 2015 il valore non dovrà superare i 20 µg/m³. Sempre entro il 2015 la media annuale di PM_{2,5} sull'intero territorio nazionale di ciascun stato membro non dovrà superare i 25 µg/m³.

Gli stati membri, fatta salva la predisposizione di un piano per la qualità dell'aria, avranno la facoltà di posticipare il termine per il conseguimento dei valori limite fissati per il PM₁₀ (prorogato al 11/06/2011), per l'NO₂ ed il Benzene (prorogati al 01/01/2015), potendo sottrarre dal computo delle concentrazioni il contributo all'inquinamento causato da sorgenti naturali, quali il trasporto di sabbia del Sahara, lo spray marino, gli incendi boschivi non di origine dolosa, le eruzioni vulcaniche, e la risospensione di polveri dovute a spargimento invernale di sale sulle strade.

Per quanto riguarda il nostro territorio, si può notare per la quasi totalità delle stazioni di rilevamento una tendenza significativa alla diminuzione rispetto all'anno precedente dei valori delle medie annuali per il PM₁₀ e l'NO₂, nonostante per circa la metà delle stazioni continui a non essere rispettato il valore limite di 40 µg/m³ fissato dal D.M. 60/2002.

Tale valore risulta rispettato per entrambi gli inquinanti solo all'esterno dell'area metropolitana torinese nelle stazioni di: Alpignano, Buttigliera, La Mandria, Ivrea, Leini, Orbassano, Oulx, Pinerolo, Susa, Baldissero, Borgaro, Chieri, Ciriè, Vinovo.

Per il parametro PM₁₀ il numero di superamenti del valore medio giornaliero di 50 µg/m³ risulta in costante diminuzione rispetto al 2007 nella quasi totalità dei siti di misura. Per tre stazioni di traffico urbano a Torino (Consolata, Grassi e Rivoli) si registra inoltre un notevole decremento del suddetto valore con punte del 38% (TO - I.T.I.S. Grassi).

Ciononostante per undici centraline su quindici il limite di 35 superamenti per anno civile del valore limite giornaliero del PM₁₀ risulta disatteso già entro i primi due mesi dell'anno.

Per l'NO₂, analogamente al 2007, quattro centraline (Grugliasco, Nichelino, TO-Consolata, TO-Rivoli) registrano una non conformità nel numero di superamenti del limite orario (200 µg/m³ da non superare più di 18 volte per anno civile), anche se si nota un decremento dei valori di questo parametro rispetto all'anno precedente.

Per quanto riguarda l'ozono, si nota una forte riduzione dei superamenti della soglia di informazione stabiliti dal D.Lgs. 183 del 21/05/2004. Diminuisce inoltre per tutte le stazioni il numero dei giorni con la media massima su 8 ore superiore a 120 µg/m³ anche se la media degli ultimi tre anni è condizionata negativamente dai valori del 2007 particolarmente alti. Pur considerando la particolare condizione meteorologica del nostro territorio, sfavorevole alla dispersione degli inquinanti, risulta comunque evidente il permanere di ampi margini di miglioramento della qualità dell'aria specificatamente per quanto riguarda il contenimento delle emissioni per i parametri più critici (PM₁₀, NO₂ e O₃).

In un'ottica di approfondimento delle conoscenze sulle polveri sottili, l'Ente in collaborazione con ARPA Piemonte ha programmato l'installazione di uno strumento per la misura della concentrazione delle nanoparticelle presso la propria sede di corso Inghilterra a Torino a partire dal 2009.

**Il Direttore Generale
dell'ARPA Piemonte**
Ing. Silvano Ravera

**Il Direttore dell'Area Risorse Idriche e
Qualità dell'Aria della Provincia di Torino**
Dott. Francesco Pavone

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

M. Nicoletta e G. Paesano, ARPA PIEMONTE, Area Previsione e Monitoraggio Ambientale

La relazione "Uno sguardo all'aria" costituisce un utile documento per la conoscenza e la comprensione dei fenomeni di inquinamento atmosferico. A tale fine, oltre alla consueta analisi dei dati chimici e meteorologici rilevati nel corso del 2008, è stata effettuata una breve caratterizzazione meteorologica dell'anno in esame, suddiviso nei periodi: Gennaio–Febbraio, Marzo, Aprile, Maggio, Giugno, Luglio, Agosto, Settembre, Ottobre, Novembre–Dicembre.

Nella caratterizzazione dei vari periodi temporali del 2008 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 geopotenziale è un parametro meteorologico fondamentale per caratterizzare sinteticamente la configurazione meteorologica.

I valori climatologici presi in esame, per quanto riguarda i dati puntuali misurati a terra, sono relativi al periodo 1998–2007; per quanto riguarda i campi in quota (altezza del geopotenziale a 500 hPa e temperatura a 850 hPa) sono state considerate come riferimento le re-analisi del Centro Meteorologico Europeo di Reading (ECMWF) dal 1957 al 2002 (noto come "archivio ERA40"). Anche se i periodi di riferimento sono diversi, l'analisi delle anomalie dei campi in quota permette di interpretare la fenomenologia dell'anno 2008.

Il testo è associato ad alcune mappe meteorologiche di sintesi: per meglio comprendere le informazioni contenute nelle mappe viene qui riportata una breve definizione dell'altezza del geopotenziale, parametro molto usato nelle caratterizzazioni meteorologiche.

L'altezza del geopotenziale (espressa in decimetri) indica a quale altezza si trova un determinato valore di pressione atmosferica, che nelle mappe seguenti è la pressione di 500 hPa o millibar. Le linee che uniscono punti di uguale valore di geopotenziale, dette isoipse, possono assumere la forma di "promontori" (simili a montagne) o di "saccature" (simili a valli): in sintesi, all'altezza definita dalle isoipse, i "promontori" sono aree di alta pressione, mentre le "saccature" sono aree di bassa pressione. Queste mappe sono simili alle carte della pressione al suolo, ma si riferiscono ad una superficie in quota (a circa 5500 metri).

Le mappe di pressione in quota sono importanti perché il flusso dominante a grande scala è fondamentalmente governato dalla configurazione meteorologica in quota (sinottica), in quanto segue proprio le isolinee di geopotenziale (le "isoipse") muovendosi da ovest verso est.

GENNAIO-FEBBRAIO

L'inizio del 2008 ha in principio avuto il tipico carattere invernale, abbastanza allineato alla norma stagionale, che era stato invece del tutto assente l'inverno precedente.

Nella prima parte del mese di Gennaio, la depressione d'Islanda (FIGURA 1 a sinistra) è stata più profonda ed estesa della media (mappa al centro) sulla parte più nordoccidentale dell'Europa, come confermato dall'anomalia negativa su quell'area (mappa a destra), e ha così portato condizioni di tempo instabile sul Piemonte con precipitazioni a carattere nevoso anche in pianura.

Al contrario, a partire dalla seconda metà del mese, l'alta pressione nord-africana (con una pressione più alta della climatologia sul sud dell'Atlantico e dalle coste settentrionali dell'Africa a tutta l'Europa centrale come evidenziato dall'anomalia positiva di FIGURA 1 a destra) ha bloccato le depressioni sul nord Atlantico e ha dominato dall'Algeria all'Italia, riportando tempo stabile e temperature in rialzo sul Piemonte.

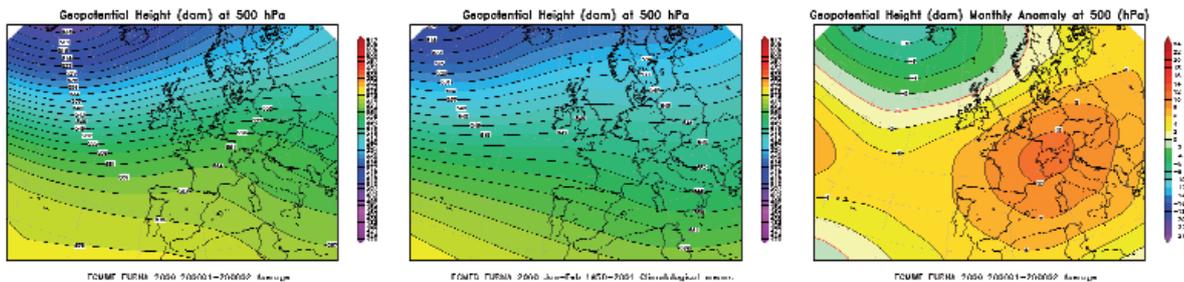


FIGURA 1 - Gennaio-Febbraio. Geopotenziale a 500 hPa del 2008 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1957-2002 (al centro) e loro differenza (a destra): media sui 2 mesi insieme. Nella figura dell'anomalia [ultima figura a destra] la linea tratteggiata in rosso segna lo "0" e separa i valori di anomalia negativa (dal verde al blu-viola) da quelli positivi (dal giallo al rosso).

La stabilità atmosferica con temperature miti (che alla fine del mese di Gennaio sono risultate anche superiori alla media mensile) è poi perdurata per tutto il mese di Febbraio, con una pressione superiore alla media (FIGURA 1 a destra), che ha dominato su gran parte del continente europeo.

Le mappe di FIGURA 1 mostrano la configurazione media sui due mesi insieme e così risultano essere un segnale evidente dell'alta pressione che ha finito per dominare tutto il bimestre. La forma di un promontorio, che dall'Europa sudoccidentale si spinge su quasi tutto il continente (mappa a sinistra), del tutto assente nella mappa climatologica (mappa al centro), è associata ad un'area anticiclonica che, in realtà centrata il più delle volte sulla Francia e sulla Manica nel mese di Febbraio, da lì si è spesso allargata a tutta l'area circostante e al Piemonte, ostacolando le precipitazioni (limitate a davvero rare e deboli occasioni, da metà Gennaio in avanti) e favorendo, come facilmente avviene in inverno sulla Pianura Padana, frequenti episodi di inversione termica, con la formazione di foschie e nubi basse in pianura.

MARZO

Il mese di Marzo è stato un mese decisamente ventoso in Piemonte. Nella mappa della pressione in quota (FIGURA 2 a sinistra) si nota che le linee appaiono più fitte rispetto alla climatologia (mappa al centro), sia alle medie latitudini atlantiche sia sull'Europa centrale sotto la saccatura polare che si protende dalla Scandinavia. Le isolinee indicano che la direzione del flusso in quota sul Piemonte è stato nordoccidentale, e il fatto che siano così dense e ravvicinate tra loro indica che l'intensità del flusso è stata molto forte.

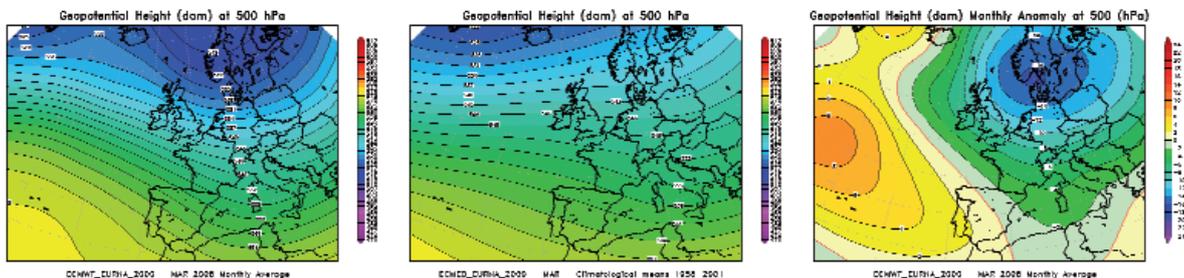


FIGURA 2 - Marzo. Geopotenziale a 500 hPa del 2008 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1957-2002 (al centro) e loro differenza (a destra).

L'anticiclone delle Azzorre è stato più ampio della climatologia sull'Atlantico (anomalia positiva su quell'area in FIGURA 2 a destra), mentre la pressione è stata più bassa della media (anomalia negativa) su quasi tutta l'Europa a causa della depressione polare (mappa a sinistra), che dalla Scandinavia si è allungata fin sul Mediterraneo centrale. In tal modo lo

scontro così ravvicinato delle due opposte strutture ha mantenuto un flusso molto intenso. Il flusso nordoccidentale sul Piemonte ha portato l'aria fredda e poco umida del nord (non quella mite e umida sud-atlantica), con precipitazioni quasi assenti, e, così intenso proprio a cavallo dell'arco alpino piemontese, ha favorito l'innesco di venti di foehn sulla regione, con conseguenti rialzi termici (per il riscaldamento locale da compressione) anche notevoli su vallate e pianure, in diverse giornate del mese e fino all'inizio di Aprile.

APRILE

Dopo la prolungata fase di stabilità atmosferica con scarsità di precipitazioni (da metà Gennaio all'inizio di Aprile), la variabilità meteorologica, che ha caratterizzato il mese di Aprile, ha segnato l'inizio di un lungo periodo di crescente instabilità atmosferica, che ha portato piogge talvolta abbondanti nel corso della primavera sul Piemonte, facendo salire la piovosità sulla regione sopra la media stagionale, e ha mantenuto le temperature lievemente inferiori alla media fino alla prima parte dell'estate (Luglio).

Ad Aprile (FIGURA 3 a sinistra), una vasta area di bassa pressione ha occupato quasi tutta l'Europa, con una saccatura molto larga che dall'Atlantico si è estesa fino all'Europa orientale. Questa saccatura ha mantenuto la pressione più bassa della climatologia alle latitudini centrali dell'Europa (mappa a destra), con un'anomalia negativa che è stata ancora più accentuata sul sud Atlantico. Infatti in quest'area l'anticiclone delle Azzorre, presente nella mappa climatologica (FIGURA 3 al centro), nel 2008 è rimasto schiacciato sotto la saccatura nord-atlantica a latitudini ben più meridionali, risultando praticamente assente (FIGURA 3 a sinistra).

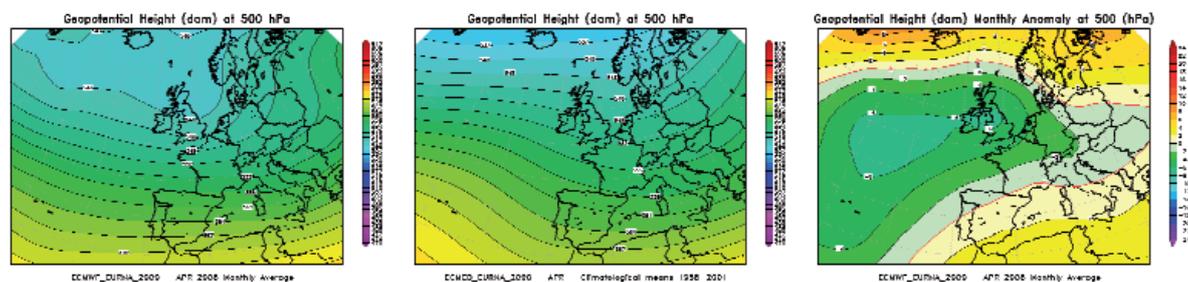


FIGURA 3 - Aprile. Geopotenziale a 500 hPa del 2008 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1957-2002 (al centro) e loro differenza (a destra).

Una tale configurazione ha evidentemente favorito il flusso oceanico verso l'Europa, fin dalle latitudini più meridionali, che sono quelle che coinvolgono meglio il bacino del Mediterraneo e l'Italia (oltre che quelle più miti e umide), e ha quindi favorito l'instabilità e le precipitazioni sul Piemonte. I passaggi di depressioni nord-atlantiche sono stati frequenti, con una successione continua lungo il mese, determinando un'alternanza di periodi piovosi e giornate di tregua. Infatti ogni volta che un impulso perturbato atlantico transitava sulla regione proprio grazie all'estensione così ampia della saccatura, poteva poi normalmente procedere nel suo moto verso est, senza nessun blocco anticiclonico sull'Europa orientale, che lo fermasse a insistere lungamente sul Piemonte.

MAGGIO

Il mese di Maggio ha visto precipitazioni particolarmente abbondanti sul Piemonte che alla fine del mese hanno provocato anche fenomeni di dissesto idrogeologico sui versanti alpini della regione, con danni e vittime. La causa dell'insistente maltempo sulla regione è stata la depressione nord-atlantica che si è estesa profondamente verso sud, sul Mediterraneo occidentale, come si nota dalla mappa della pressione media in quota (di FIGURA 4 a sinistra) e anche dall'anomalia negativa su quell'area (mappa a destra).

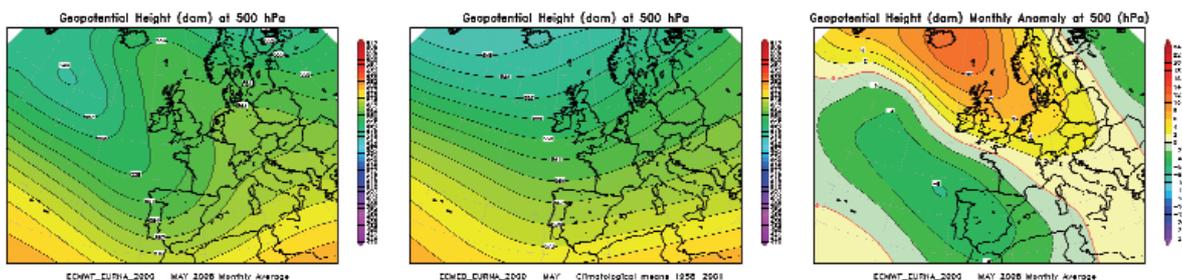


FIGURA 4 - Maggio. Geopotenziale a 500 hPa del 2008 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1957-2002 (al centro) e loro differenza (a destra).

Come ad Aprile, nella prima parte del mese le onde depressionarie atlantiche sono transitate sull'Italia e hanno potuto continuare a muoversi verso est nel loro naturale moto longitudinale. A partire dalla metà del mese, invece, un'area di alta pressione si è consolidata sull'Europa centro-orientale, con un promontorio in allungamento dalla Libia fin verso il Mare del Nord e l'Islanda, ben visibile sia nella mappa a sinistra che nella mappa a destra (con l'anomalia positiva su quell'area) di FIGURA 4. Tale promontorio anticiclonico ha esercitato un'azione di blocco al moto verso est delle depressioni atlantiche, che così sono state prima rallentate e poi anche bloccate (come in occasione dell'evento alluvionale del 28-30 Maggio) ad insistere pesantemente sull'Europa occidentale e sull'Italia settentrionale.

GIUGNO

Giugno ha avuto una prima parte del mese particolarmente fresca e piovosa, a proseguimento del maltempo di Maggio, seguita poi da una seconda parte stabile e calda. Dal 1° al 17 del mese una continua successione di impulsi perturbati, prima da ovest-sudovest (dall'area di Spagna, Baleari e Corsica) e poi più da nord (direttamente dall'Europa nordoccidentale verso l'Italia centrale), ha mantenuto una fase prolungata di giornate instabili con ripetute occasioni piovose. La depressione d'Islanda è scesa più a sud della climatologia verso le Isole Britanniche e la Scandinavia (FIGURA 5 a sinistra), come confermato anche dall'anomalia negativa su quell'area (mappa a destra). Inoltre questa maggiore discesa verso sud della saccatura nord-atlantica si è sentita anche nel bacino del Mediterraneo sudoccidentale. Infatti la piega dell'onda depressionaria, che nella mappa climatologica (mappa al centro) sarebbe centrata sul Portogallo, nel 2008 (mappa a sinistra) è più spostata verso la Spagna e le Baleari e si estende a tutto il Mediterraneo meridionale, come confermato dall'anomalia negativa (mappa a destra). Questo spiega perché le depressioni nord-atlantiche sono riuscite a penetrare bene nel Mediterraneo apportando ancora maltempo prolungato sull'Italia per buona parte del mese.

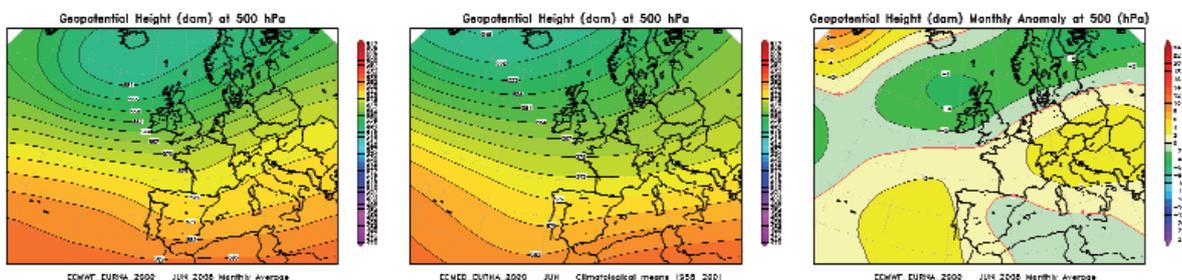


FIGURA 5 - Giugno. Geopotenziale a 500 hPa del 2008 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1957-2002 (al centro) e loro differenza (a destra).

Poi, dal 18 fino quasi alla fine del mese, la rimonta dell'alta pressione nord-africana sul bacino del Mediterraneo ha riportato tempo più stabile e caldo, dal carattere più tipicamente estivo, allineato alla norma della stagione.

LUGLIO

A Luglio è rimasta spiccata la variabilità meteorologica, con condizioni di temporanea instabilità, che hanno proseguito la lunga fase fresca e piovosa, iniziata dalla primavera. Dal confronto delle mappe di FIGURA 6 si osserva che la depressione d'Islanda ancora una volta è stata più accentuata (mappa a sinistra) della climatologia (mappa al centro), con una conseguente anomalia negativa di pressione (mappa a destra), che, localizzata sull'Europa occidentale-sudoccidentale fino alle latitudini più meridionali dell'Atlantico, ha influenzato con l'instabilità oceanica il Piemonte ed il nord Italia.

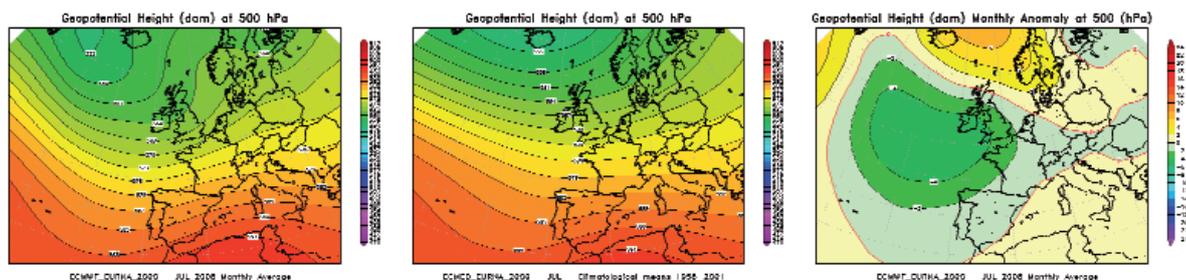


FIGURA 6 - Luglio. Geopotenziale a 500 hPa del 2008 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1957-2002 (al centro) e loro differenza (a destra).

Lungo il corso del mese, c'è stata una continua alternanza tra periodi di alta pressione nord-africana o (in un'occasione) alta pressione delle Azzorre, con giornate normalmente calde per la stagione (mai con caldo eccessivo), e momenti temporaleschi dovuti al transito di basse pressioni atlantiche (o dalla Scandinavia in un'occasione). A fine mese il maggior dominio dell'anticiclone africano sul Mediterraneo ha portato tempo più classicamente estivo, con caldo intenso, pur sempre ancora accompagnato da temporali estivi localizzati, determinando così alla fine precipitazioni sopra la media e temperature generalmente allineate alla media del periodo.

AGOSTO

Agosto è stato abbastanza simile al mese di Luglio, per l'andamento meteorologico piuttosto dinamico, a parziale proseguimento di una stagione estiva normalmente calda e talvolta temporalesca. Tuttavia una pressione relativamente più alta sul Piemonte ed il nord Italia (confronto della mappa destra di FIGURA 7 con FIGURA 6) ha portato una maggiore stabilità. Il continuo alternarsi di brevi ondate di calore nord-africano e veloci transiti di depressioni nord-atlantiche ha frammezzato giornate caldo-estive ed occasioni temporalesche. Inoltre, in tre casi, dietro al passaggio dei fronti freddi atlantici si sono innescati venti di foehn con condizioni di tempo stabile e più fresco. Anche quando la presenza dell'alta pressione africano-mediterranea manteneva belle giornate, non sono mancati rovesci temporaleschi convettivi locali. Tuttavia erano sempre fenomeni molto localizzati, così alla fine le precipitazioni mensili sono rimaste perlopiù sotto la media (per la prima volta, a partire da Aprile): sopra la media solo sui rilievi settentrionali e, localmente, sulle pianure centro-orientali.

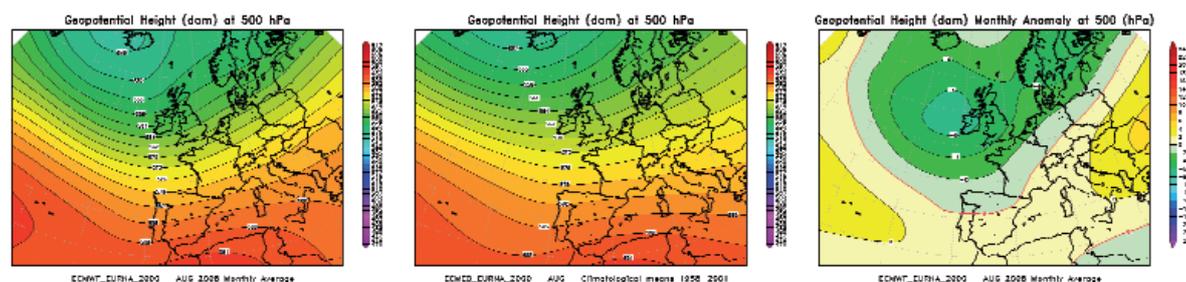


FIGURA 7 - Agosto. Geopotenziale a 500 hPa del 2008 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1957-2002 (al centro) e loro differenza (a destra).

Rispetto a Luglio, dal confronto delle mappe di FIGURA 7 con quelle di FIGURA 6, si nota che l'anomalia negativa di pressione sull'Atlantico (mappa a destra), ancora associata ad una depressione d'Islanda più profonda e attiva (mappa a sinistra) della media (mappa al centro), ad Agosto è rimasta su latitudini meno meridionali, lasciando più spazio all'espansione dell'alta pressione nord-africana sull'Europa mediterranea ed orientale, compresa tutta l'Italia. Così Agosto è risultato prevalentemente più stabile di Luglio e le temperature medie mensili sono risultate lievemente sopra la media (per la prima volta da Aprile), in relazione perlopiù alle giornate di caldo intenso di inizio mese e dell'ultima decade.

SETTEMBRE

Settembre è stato un mese nel complesso fresco (con temperature inferiori alla media), asciutto sul settore centro-meridionale della regione e piovoso solo al nord per il transito di onde depressionarie atlantiche.

La saccatura nord-atlantica infatti (FIGURA 8 mappa a sinistra) è tornata a scendere oltre la media (mappa al centro) fino alle latitudini più meridionali dell'Atlantico e dell'Europa, accendendo un'anomalia negativa (mappa a destra) proprio sull'Europa meridionale (mentre al contrario l'alta pressione si è spinta e isolata sulle latitudini settentrionali più estreme della Scandinavia: con l'anomalia positiva nella mappa destra di FIGURA 8).

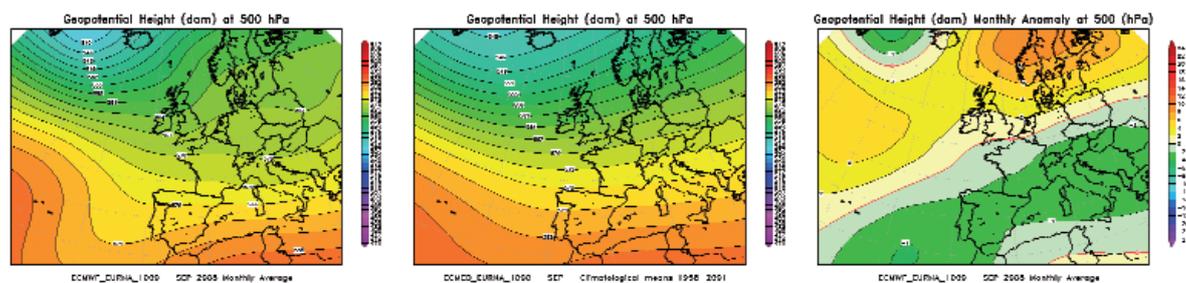


FIGURA 8 - Settembre. Geopotenziale a 500 hPa del 2008 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1957-2002 (al centro) e loro differenza (a destra).

Così il libero passaggio delle perturbazioni atlantiche (lungo quel canale di anomalia negativa dal Portogallo ai Balcani nella mappa destra) ha portato veloci precipitazioni, perlopiù limitate al nord della regione dove l'effetto orografico delle Alpi ben interagiva con il debole flusso meridionale sud-oceanico. Le piogge sono state più estese sulla regione solo quando (a metà mese) una bassa pressione atlantica chiusa, dalla Francia, è transitata completamente sopra il Piemonte. Quando poi la bassa pressione si è posizionata, ed è diventata stazionaria, tra i Balcani e l'area adriatica (ancora anomalia negativa nella mappa destra), ha mantenuto tempo freddo sul Piemonte da metà mese fino alla fine, con un sensibile e duraturo calo delle temperature minime al di sotto della media climatologica, a causa del flusso orientale (tipicamente freddo e poco piovoso), che sul Piemonte porta anche nubi basse in pianura con scarse precipitazioni.

OTTOBRE

Il mese di Ottobre è stato l'ultimo mese caldo e asciutto, prima di una lunga fase di precipitazioni abbondanti, sopra la media, estesa da Novembre 2008 alla primavera 2009. Sia l'alta pressione africana, estesa al Mediterraneo centro-orientale, sia quella atlantica, in estensione alle latitudini centrali dell'Europa, (FIGURA 9) hanno mantenuto tempo stabile sul Piemonte per parecchi giorni del mese. La bassa pressione nord-atlantica si è spinta ben a sud della Penisola Iberica, dove ha lasciato una circolazione depressionaria chiusa isolata, bloccata tra Gibilterra e il Marocco, che non è riuscita ad entrare nel Mediterraneo. Le conseguenti correnti meridionali sul nord Italia, insieme alla componente più africana dell'alta

pressione, hanno favorito temperature miti sopra la media, anche quando portavano nuvolosità o debole pioviggine.

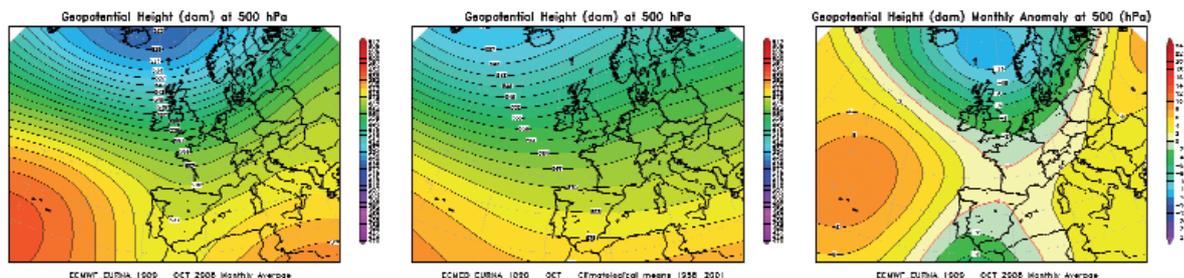


FIGURA 9 - Ottobre. Geopotenziale a 500 hPa del 2008 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1957-2002 (al centro) e loro differenza (a destra).

La stabilità atmosferica e l'aria calda, più facilmente trasportata in quota, hanno spesso favorito inversione termica con foschie frequenti in pianura. Un solo evento di foehn è occorso nei primi giorni del mese, al termine del quale un brusco calo delle temperature le ha portate sotto la media in quella sola occasione. Le precipitazioni sono sempre state limitate ai rilievi settentrionali e appenninici, dove il flusso meridionale poteva dar luogo più facilmente alle precipitazioni per l'effetto orografico, mentre l'anticiclone africano manteneva maggiore stabilità sul resto della regione. Le uniche precipitazioni estese a tutta la regione si sono avute alla fine del mese, quando la saccatura atlantica è scesa fino al Mediterraneo occidentale, apportando maltempo autunnale diffuso.

NOVEMBRE-DICEMBRE

Gli ultimi due mesi dell'anno hanno presentato precipitazioni abbondanti, che hanno dato inizio ad un periodo di piovosità superiore alla media prolungatosi fino alla primavera 2009. Le precipitazioni, oltre ad essere copiose, sono anche state a carattere nevoso fino a quote pianeggianti, con un anticipo rispetto alla stagione invernale.

Infatti, se inizialmente, per gran parte del mese di Novembre, le temperature sono state piuttosto miti (sotto un prevalente flusso meridionale, caldo e umido), nell'ultima decade di Novembre la discesa di aria fredda dal nord Atlantico ha portato le temperature minime sottozero a bassa quota, con la comparsa della neve anche in pianura già il 24 del mese.

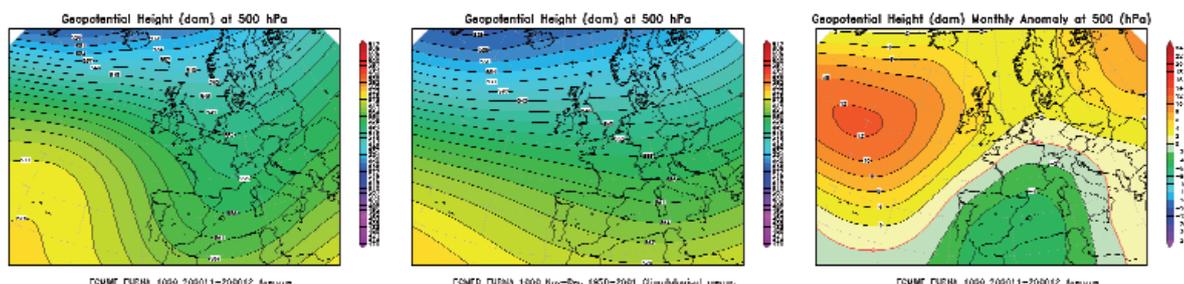


FIGURA 10 - Novembre-Dicembre. Geopotenziale a 500 hPa del 2008 (a sinistra) a confronto con il periodo climatico 1957-2002 (al centro) e loro differenza (a destra): media sui 2 mesi insieme.

Il confronto delle mappe di FIGURA 10 mostra che la saccatura nord-atlantica è stata molto pronunciata sull'Europa centro-occidentale, con un'anomalia negativa di pressione sul Mediterraneo occidentale che, rispetto al mese precedente (FIGURA 9), si è estesa fino ad interessare gran parte dell'Italia. Mentre l'alta pressione si è spinta alle latitudini più settentrionali dell'Europa (anomalia positiva della mappa destra di FIGURA 10), di ritorno, le basse pressioni, polari o nord-atlantiche, sono scese molto a sud sull'Europa mediterranea centro-occidentale (mappe a sinistra e a destra) e là sono rimaste a insistere a lungo

(parzialmente bloccate dalla pressione più alta sull'Europa più orientale: con anomalia positiva nella mappa destra di FIGURA 10) o con una frequenza di passaggi elevata.

Tale configurazione meteorologica è stata così prolungata che il segnale risulta evidente nella FIGURA 10, che comunque rappresenta la media sui due mesi.

Nella prima parte del mese di Novembre, le depressioni nord-atlantiche più di una volta si sono fermate con una bassa pressione chiusa tra la Penisola Iberica e il Mediterraneo occidentale (a inizio e a metà del mese), apportando maltempo sul Piemonte. Nella seconda parte del mese di Novembre, saccature nord-atlantiche più vaste, estese dalle latitudini più polari di Islanda e Norvegia fino al Mediterraneo, hanno anche portato aria più fredda, provocando precipitazioni nevose fino in pianura.

Anche a Dicembre, dapprima una vasta saccatura polar-nordatlantica (il primo del mese e a metà mese), poi una bassa pressione in arrivo dai Balcani e a lungo oscillante tra la Francia e l'Italia (da Natale a Capodanno) hanno portato diffuso maltempo sulla regione, con nevicate eccezionali in montagna.

Sia a Novembre che a Dicembre, la variabilità è stata piuttosto accentuata, con brevi tregue al maltempo, grazie all'alta pressione che, molto forte sul medio-alto Atlantico (mappa destra di FIGURA 10), talvolta si spingeva su Mediterraneo ed Europa centro-occidentale. Tra il 21 e il 22 Novembre lo scontro della saccatura polare, sull'Europa centro-orientale, con l'anticiclone delle Azzorre, su quella occidentale, ha instaurato venti di *foehn* estesi sulla regione. A Dicembre solo i giorni tra il 19 e il 21, grazie anche a parziali eventi di *foehn*, sono stati quelli più miti del mese. Per il resto, le temperature medie mensili sono risultate inferiori alla media, soprattutto perché le temperature minime sono state spesso negative anche in pianura (in tutta la prima e ultima decade del mese), a causa dell'aria fredda che giungeva dalle latitudini più settentrionali (e orientali) e che stazionava sul Piemonte, per la frequente presenza delle basse pressioni sull'Europa mediterranea centro-occidentale (mappe a sinistra e a destra). Al termine della caratterizzazione meteorologica, si è ritenuto interessante effettuare l'analisi dei dati meteorologici misurati dalle stazioni a terra nell'anno 2008, limitata all'andamento delle variabili meteorologiche maggiormente significative in rapporto al decennio precedente 1998-2007.

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 2008 per la stazione Torino-Giardini Reali risulta pari a 13,5 °C, quindi inferiore, anche se di poco, alla media dei dati rilevati negli ultimi dieci anni nella stessa stazione (13,6°C), e superiore alla media 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 1998÷2007 (FIGURA 11). Le differenze maggiormente significative rispetto all'anno medio si riscontrano nei mesi di Gennaio, Febbraio e Marzo, con variazioni termiche rispettivamente di 1,3°C, 0,9°C e 1°C rispetto alle relative medie del decennio precedente. In generale il periodo compreso tra Gennaio e Marzo mostra temperature medie mensili superiori alla media, mentre da Aprile a Luglio sono stati registrati valori di temperatura inferiori alla media climatologica. Si segnala anche il mese di Dicembre più freddo rispetto al decennio precedente (scostamento di -0,6°C).

Il valore più basso delle temperature medie mensili è stato registrato nel mese di Dicembre nel 2008 mentre nel decennio di riferimento nel mese di Gennaio (3,1°C in entrambi i casi). Il valore massimo è stato registrato nel mese di Luglio nel 2008 (23,8°C), così come avvenuto nel decennio climatologico 1998-2007 in cui il valore massimo della media mensile è di 24,6°C.

Dal confronto grafico fra l'andamento dei dati orari acquisiti nel corso del 2008 e l'intervallo di valori medi studiato a partire dai minimi e dai massimi assoluti registrati mensilmente nel decennio precedente (FIGURA 12), si osserva che nel complesso tutto il periodo si presenta più spostato verso l'andamento dei massimi assoluti (linea rossa) registrati mensilmente nel decennio 1998-2007, risultando quindi un periodo complessivamente caldo soprattutto nei primi mesi dell'anno. Nel mese di Dicembre 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 2008 (FIGURA 13) un totale di precipitazioni di 1166 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 103. Quindi, il 2008 risulta più piovoso della media 1998-2007, sia in termini di precipitazioni totali (1166 mm contro 773 mm di media), sia in termini di giorni piovosi (103 giorni contro 65 giorni di media).

Il 2008 è stato più piovoso del 2007: 1166 mm di pioggia nel 2008 rispetto ai 672 mm di pioggia nel 2007. Il 2001, il 2005 ed il 2007 rappresentano gli anni meno 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 2000 (16,3 mm pioggia/giorno) e nel 2002 (14,1 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). Nel 2008 l'intensità giornaliera media si è mantenuta in linea con quella del decennio (11,3 contro 11,9 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 Piemonte¹, 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)².

Nel grafico illustrato in FIGURA 14 è riportato il confronto tra l'andamento delle precipitazioni totali mensili per il 2008 con le precipitazioni medie mensili (media delle sommatorie mensili) del decennio 1998-2007. Il profilo del 2008 si discosta dal regime pluviometrico "continentale alpino" in quanto il massimo principale è stato registrato a Dicembre (246 mm), il massimo secondario a Maggio (174,4 mm) ed il minimo principale in primavera a Marzo (10 mm). Il decennio di riferimento sembra adattarsi al regime pluviometrico "continentale alpino": il massimo principale è stato registrato a Maggio (137,5 mm), il minimo principale si registra a Gennaio (28 mm), mentre il massimo secondario a Settembre (89,3 mm).

Un'ulteriore elaborazione è stata effettuata aggregando gli stessi dati di precipitazione su base trimestrale. Nella FIGURA 15 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 soltanto nel primo trimestre del 2008 le precipitazioni sono inferiori alla media climatologica (-4,1%), nel terzo

¹ "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.

² "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. Lito-coop Srl Tortona, 2, 126 p.

trimestre risultano lievemente superiori (6%), mentre nel secondo e nel quarto trimestre sono nettamente superiori alla media climatologica (rispettivamente 52% e 130%).
 Va comunque sottolineato che le osservazioni sopra riportate sulle caratteristiche di piovosità relative all'anno 2007 devono essere valutate alla luce delle seguenti considerazioni:
 - l'arco temporale (decennio 1997÷2006) utilizzato per il confronto risulta comunque ridotto;
 - la rappresentatività spaziale è limitata all'area metropolitana.

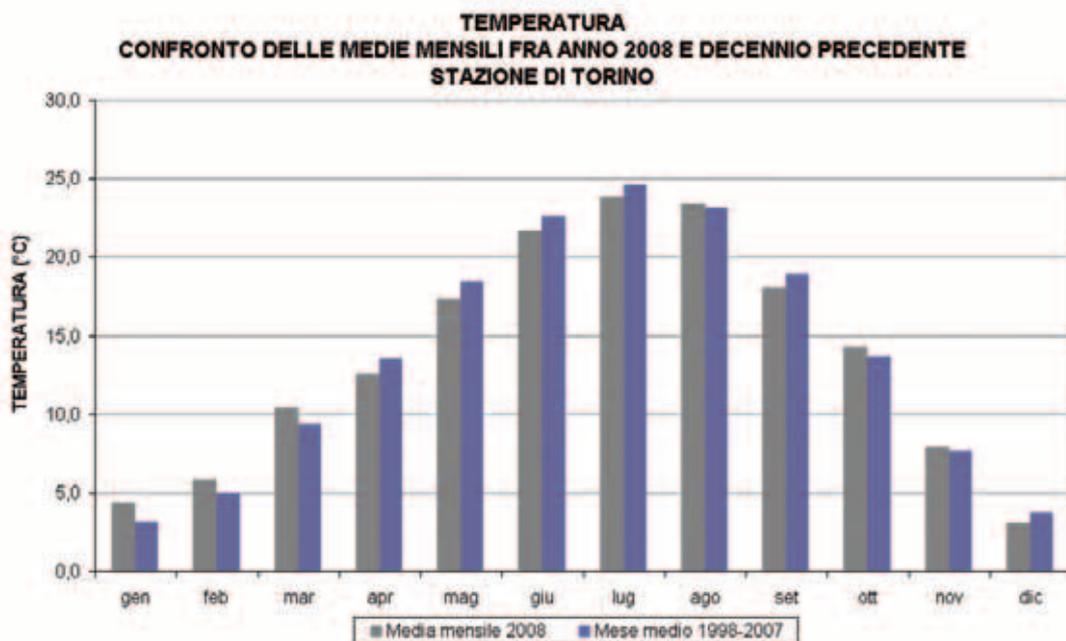


FIGURA 11: temperatura: valori medi mensili per l'anno 2008 e per il decennio 1998÷2007 per la stazione di Torino.

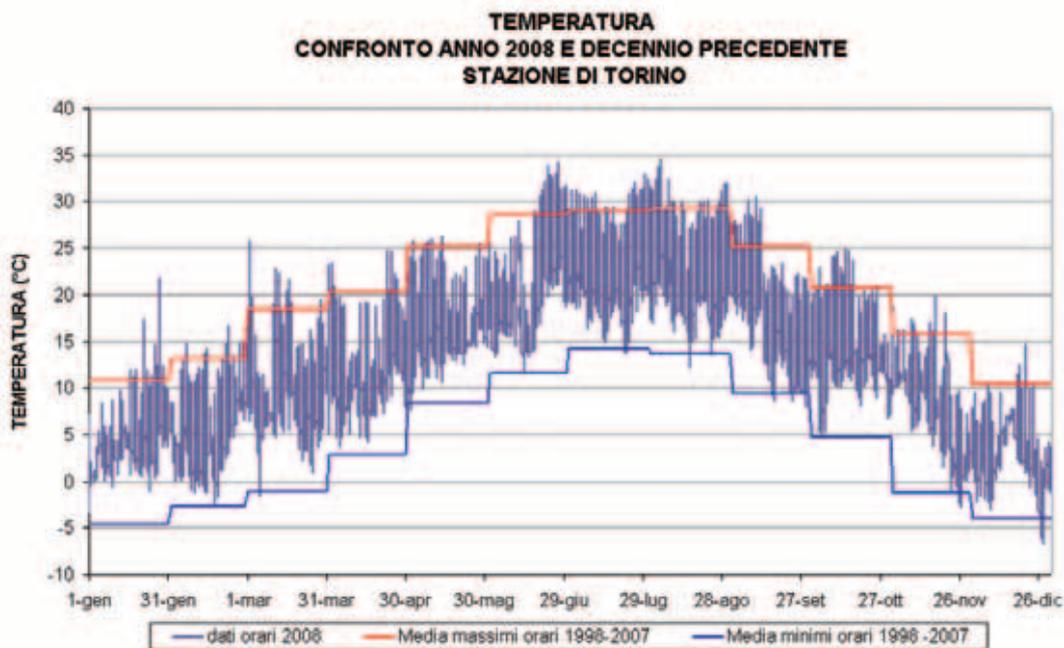


FIGURA 12: temperatura: valori orari per l'anno 2008 e medie dei minimi e dei massimi assoluti registrati nel decennio 1998÷2007 presso la stazione di Torino.

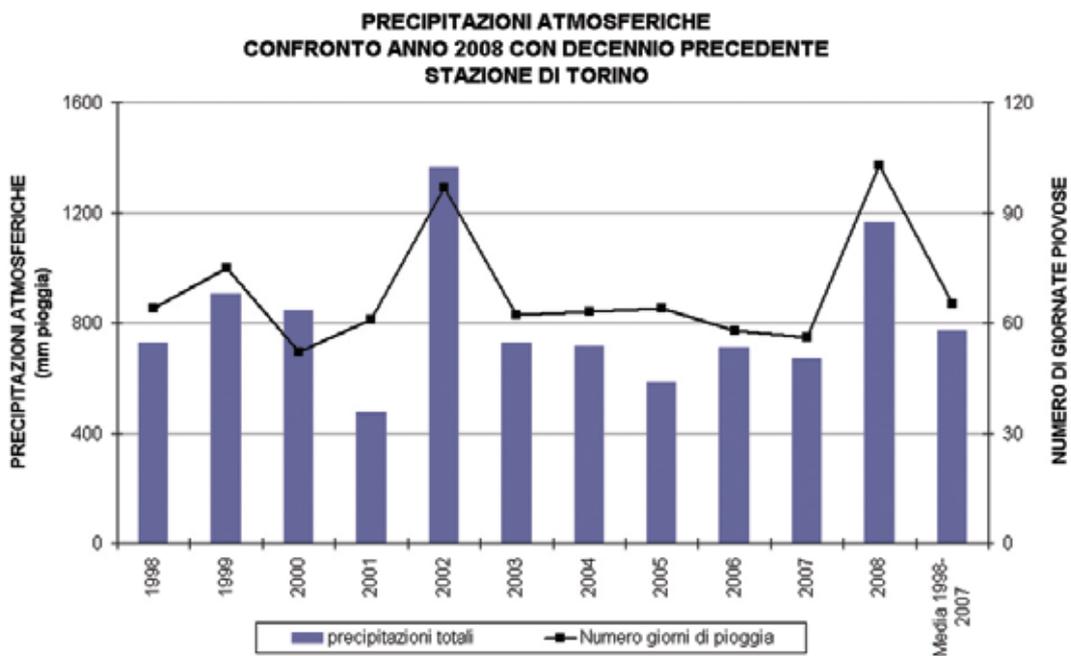


FIGURA 13: precipitazioni atmosferiche: sommatorie annuali e media del decennio in termini di quantità di precipitazioni e di numero di giornate piovose per la stazione di Torino.

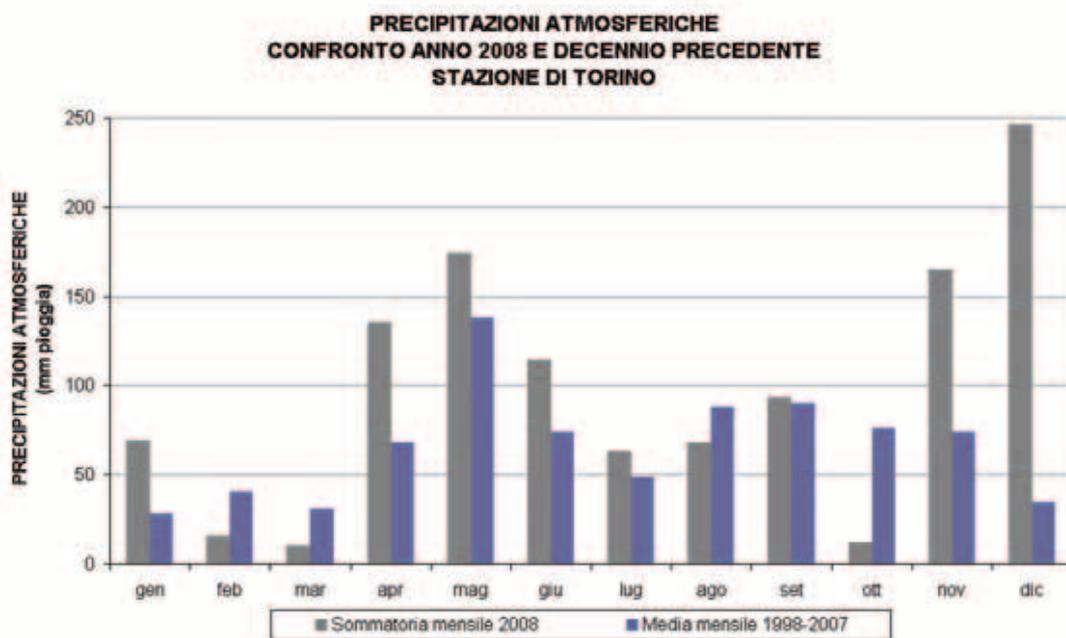


FIGURA 14: precipitazioni atmosferiche: sommatorie mensili per l'anno 2008 e medie mensili relative al decennio 1998÷2007 per la stazione di Torino.

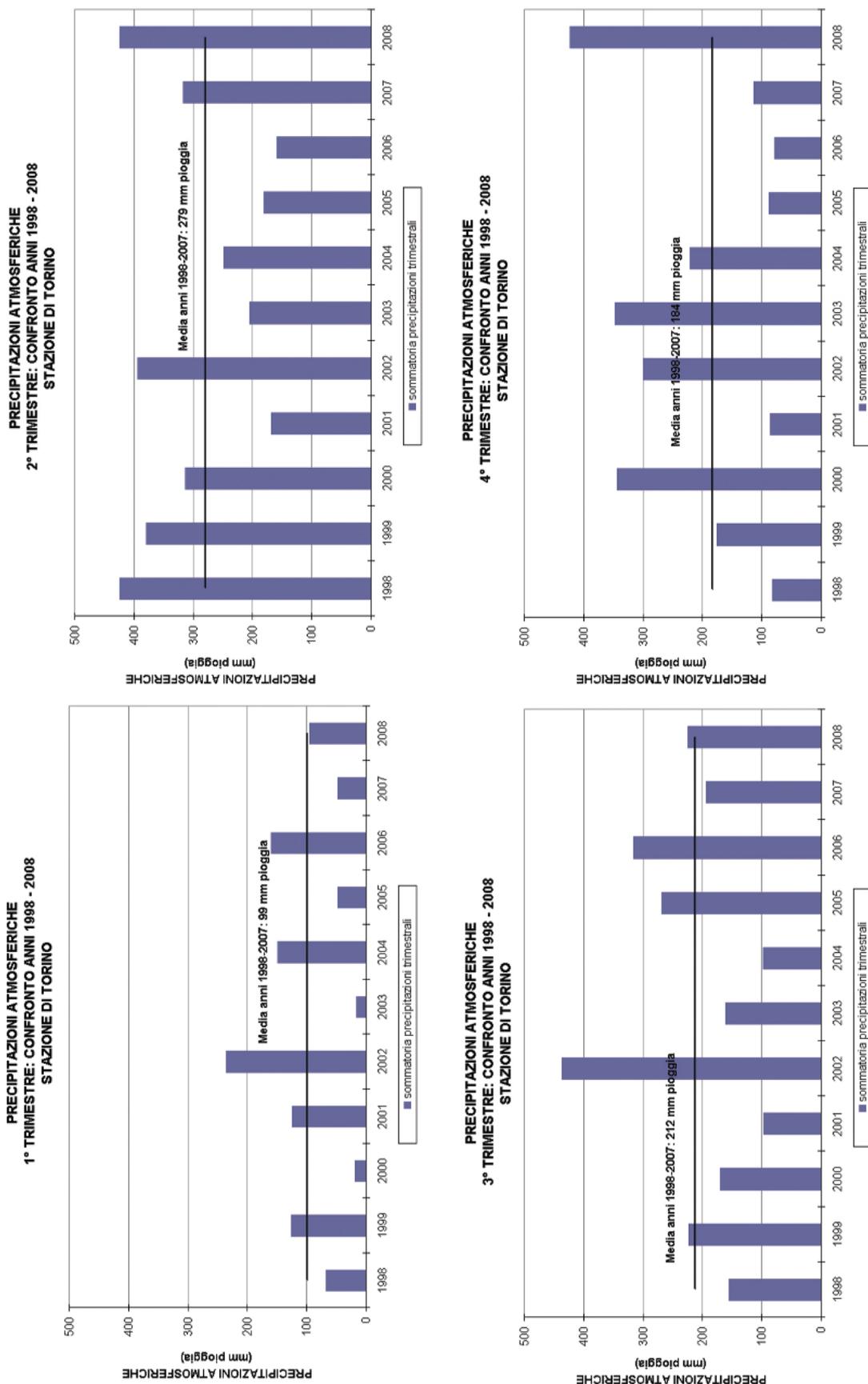


FIGURA 15: precipitazioni atmosferiche: sommatorie trimestrali relative al periodo 1998÷2008 per la stazione di Torino.

LA NUOVA DIRETTIVA EUROPEA SULLA QUALITÀ DELL'ARIA – 2008/50/CE

Il testo del paragrafo è stato scritto da:

Alessandro Bertello, funzionario della Provincia di Torino in distacco presso la Direzione Generale Ambiente della Commissione Europea.

L'11 giugno 2008 è entrata in vigore la nuova Direttiva 2008/50/CE³ del Parlamento Europeo e del Consiglio del 21 maggio 2008 relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.

La nuova Direttiva sulla qualità dell'aria è una delle misure principali proposte nell'ambito della strategia tematica sull'inquinamento atmosferico adottata dalla Commissione nel settembre 2005⁴. Lo strumento istituisce per il 2020 obiettivi ambiziosi per migliorare, in maniera economicamente efficace, la qualità dell'ambiente e la salute umana. Il testo adottato riprende quasi integralmente la proposta che la Commissione aveva presentato nel Settembre 2005 e dimostra il forte impegno dell'Unione Europea a migliorare la qualità dell'aria anche attraverso la definizione di livelli di concentrazione vincolanti per le particelle sottili (PM_{2,5}).

Gli Stati membri hanno 2 anni per recepire la nuova Direttiva, nel frattempo continuerà ad applicarsi la legislazione esistente. Alcuni elementi della Direttiva, quali ad esempio le disposizioni sul monitoraggio del particolato PM_{2,5}, dovranno però essere implementati in anticipo. Anche la disposizione che consente la presentazione delle richieste di deroga all'applicazione dei valori limite per il particolato PM₁₀, e/o di proroga di 5 anni per il biossido di azoto e per il benzene, sarà applicata prima della fine del periodo di due anni concesso per il recepimento.

La principale novità della Direttiva risiede sicuramente nel fatto che buona parte della normativa di settore esistente è stata raccordata e aggregata in un unico atto normativo. La Direttiva quadro 1996/62/CE⁵ e le prime tre Direttive figlie 1999/30/CE⁶ (relativa al SO₂, NO₂, NO_x, PM₁₀ e Piombo), 2000/69/CE⁷ (relativa al CO e Benzene) e 2002/3/CE⁸ (riguardante l'O₃) sono ora sostituite e integrate in un unico atto normativo. Tale elemento rappresenta pertanto un primo fattore di semplificazione in quanto si ritiene che un testo aggregato e uniformato possa essere più facilmente applicato ed implementato.

Un altro aspetto che si ritiene importante rilevare, prima di entrare nel dettaglio dell'analisi delle novità puntuali introdotte nel nuovo testo legislativo, è che l'approccio alla gestione e al miglioramento della qualità dell'aria è rimasto sostanzialmente invariato. Esso infatti continua a prevedere tre elementi principali.

1. Realizzazione di una accurata valutazione della qualità dell'aria da effettuarsi su tutto il territorio che a tal fine deve essere suddiviso in apposite zone ed agglomerati. Per effettuare una corretta comparabile valutazione sono inoltre definiti:
 - i criteri di riferimento (soglie di valutazione, valori limite e valori obiettivo);
 - gli strumenti da utilizzare per la valutazione (reti di monitoraggio - con relative indicazioni per la quantificazione, la classificazione e l'ubicazione dei punti di campionamento - strumenti modellistici e strumenti di stima oggettiva, nonché i rispettivi obiettivi di qualità dei dati);
 - i metodi analitici di riferimento per la misura degli inquinanti.
2. Predisposizione dei piani per la qualità dell'aria per le zone o agglomerati nelle quali i livelli degli inquinanti presenti nell'aria superino i valori limite o i valori obiettivo e dei piani d'azione a breve termine nel caso di superamento delle soglie di allarme.
3. Attività di informazione e comunicazione dei dati (reporting) nei confronti del pubblico e della Commissione Europea.

³ OJ L152, 11.6.2008 p. 1

⁴ COM(2005) 446 final

⁵ OJ L296, 21.11.1996 p. 55-63

⁶ OJ L163, 29.6.99 p. 41

⁷ OJ L 313, 13.12.2000, p. 12-21

⁸ OJ L 67, 9.3.2002, p. 14-30

PM_{2,5}

La principale novità della Direttiva risiede nel fatto che sono stati definiti nuovi valori limite per il particolato PM_{2,5}. La Direttiva prevede che nelle aree urbane gli Stati membri riducano mediamente del 20% l'esposizione al PM_{2,5} entro il 2020 rispetto ai valori del 2010, obbligandoli a portare i livelli di esposizione in queste zone al di sotto di 20 µg/m³ nel 2015. A livello dell'intero territorio nazionale, gli Stati Membri dovranno rispettare il valore limite di 25 µg/m³ di PM_{2,5} come media annuale da raggiungere obbligatoriamente entro il 2015 e, se possibile, già nel 2010.

Al fine di valutare l'esposizione della popolazione ai livelli di particolato PM_{2,5} è stato definito l'indicatore di esposizione media (IEM). L'IEM, espresso in µg/m³, deve basarsi sulle misurazioni effettuate in siti di fondo urbano in zone e agglomerati situati in tutto il territorio degli Stati Membri. Questo deve essere valutato come media annua mobile su 3 anni civili calcolata su tutti i punti di campionamento il cui numero minimo è definito in relazione al numero di residenti negli agglomerati e nelle zone urbane con più di 100.000 abitanti (Allegato V punto B). L'IEM per l'anno di riferimento 2010 è dato dalla concentrazione media degli anni 2008, 2009 e 2010. Per il 2015 la media sulle concentrazioni dovrà essere effettuata sugli anni 2013, 2014 e 2015.

Il numero dei punti di campionamento da operare per valutare il conseguimento del valore limite viene definito in relazione alla popolazione delle zone o agglomerati con criteri comuni per il PM₁₀ e PM_{2,5} (Allegato V punto A).

Inoltre, al fine di approfondire le conoscenze sulle origini del particolato PM_{2,5}, devono essere condotte in siti di background rurale misurazioni della massa totale e dei principali componenti (SO₄²⁻, Na⁺, NH₄⁺, Ca²⁺, NO₃⁻, K⁺, Cl⁻, Mg²⁺, carbonio organico, carbonio elementare).

Proroga del termine per il conseguimento e deroga all'obbligo di applicare determinati valori limite

La conformità con i valori limite fissati per PM₁₀, NO₂ e benzene si sta rivelando problematica. In particolare per quanto riguarda il PM₁₀, i cui valori limite sono entrati in vigore nel 2005, in 25 dei 27 Stati Membri dell'UE tali valori sono superati almeno in una parte del territorio. La nuova Direttiva riconosce tali difficoltà e introduce un maggiore margine di manovra per raggiungere i valori fissati nelle zone che hanno difficoltà a rispettarli.

L'articolo 22 della nuova Direttiva sulla qualità dell'aria ambiente prevede la possibilità di ottenere una proroga all'obbligo di applicare i valori limite del particolato PM₁₀ (dal 1 gennaio 2005 all'11 giugno 2011), del biossido di azoto e del benzene (dal 1 gennaio 2010 al 1 gennaio 2015).

Se in una determinata zona o agglomerato (così come definiti ai sensi dell'art. 6) non è possibile o non è stato possibile raggiungere i valori limite fissati per il biossido di azoto o il benzene e il PM₁₀ entro i termini previsti, uno Stato membro può prorogare tale termine per la zona o l'agglomerato in questione, a condizione che sia predisposto un piano per la qualità dell'aria a norma dell'articolo 23.

Gli Stati Membri possono notificare alla Commissione i casi in cui ritengono motivata la richiesta di proroga o deroga e, conseguentemente, comunicare il piano per la qualità dell'aria e tutte le informazioni utili di cui la Commissione deve disporre per valutare se le condizioni pertinenti sono soddisfatte.

Al fine di facilitare gli Stati Membri nel lavoro di predisposizione della documentazione da inviare e la successiva fase di valutazione delle domande è stata predisposta la Comunicazione COM(2008)403⁹ con la quale viene precisato come la Commissione interpreta le condizioni istituite all'articolo 22 e vengono forniti agli Stati Membri alcuni orientamenti sulle informazioni che devono trasmettere a tal fine.

Il lavoro di valutazione consiste nell'analisi delle istanze presentate dagli Stati Membri e viene

⁹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0403:FIN:IT:PDF>

svolto con la finalità di determinare che le seguenti tre condizioni siano soddisfatte:

- che tutte le misure appropriate siano state prese a livello nazionale regionale e locale al fine di raggiungere i valori limite entro l'iniziale data di conseguimento dei limiti;
- che venga dimostrato che la conformità con i valori limiti venga raggiunta entro la fine del periodo di deroga;
- esclusivamente per il PM₁₀, che le principali cause per il mancato raggiungimento dei valori limite entro la data originale di conseguimento siano dovute alle caratteristiche di dispersione specifiche del sito o alle condizioni climatiche avverse o all'apporto di inquinanti transfrontalieri o a una combinazione di queste cause.

In tale valutazione la Commissione tiene conto degli effetti stimati sulla qualità dell'aria delle misure adottate dagli Stati Membri e delle misure adottate a livello comunitario. Se la Commissione non solleva obiezioni entro nove mesi dalla data di ricevimento della notifica, le condizioni per l'ottenimento della deroga sono considerate soddisfatte. In caso di obiezioni, la Commissione può chiedere agli Stati Membri di rettificare i piani per la qualità dell'aria oppure di presentarne di nuovi.

Contributi da fonti naturali

L'ultima novità di rilievo è legata alla possibilità di sottrarre il contributo all'inquinamento causato da sorgenti naturali, quali trasporto di sabbia sahariana, spray marino, incendi boschivi di origine non dolosa, eruzioni vulcaniche o dalla risospensione di particelle dovuta allo spargimento, nel periodo invernale, di sabbia o sale sulle strade. Gli Stati Membri devono informare la Commissione e fornire informazioni sulle concentrazioni e sulle fonti, nonché elementi che dimostrino come il superamento sia imputabile a fonti naturali. In tal caso, detto superamento non è considerato tale ai fini della Direttiva 2008/50/CE.

In conclusione è opportuno ricordare che la Direttiva 2008/50/CE sulla qualità dell'aria ambiente non è il solo strumento messo in campo per contrastare i fenomeni di inquinamento atmosferico ma è accompagnata da recenti e nuove iniziative. La legislazione UE disciplina già le emissioni dei veicoli leggeri e, nel dicembre 2007, la Commissione ha presentato una proposta legislativa finalizzata a migliorare l'efficacia della normativa UE sulle emissioni industriali¹⁰ e un'altra destinata a limitare le emissioni di scarico dei veicoli pesanti¹¹. Sul piano internazionale l'Unione Europea segue inoltre con interesse i progressi registrati dall'Organizzazione Marittima Internazionale (IMO) che punta a ridurre le emissioni del trasporto marittimo e il tenore massimo di zolfo consentito nei combustibili utilizzati.

LA NORMATIVA NAZIONALE

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

L. Pallavidino, D. Maria e R. Prandi, Provincia di Torino.

La tutela e la gestione della qualità dell'aria sono oggetto di una specifica normativa nazionale, frutto del recepimento delle direttive della Comunità Europea, finalizzata ad impedire il costante riprodursi di situazioni di criticità ambientale.

In particolare, il D.Lgs. 04/08/1999, n. 351 (attuativo della direttiva quadro 1996/62/CE) definisce i principi fondamentali per la diminuzione dell'inquinamento atmosferico prevedendo la fissazione di valori limite e di soglie di allarme per alcune sostanze inquinanti nonché del valore obiettivo per l'ozono al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti dannosi per la salute umana e per l'ambiente nel suo complesso. Il decreto prevede inoltre l'individuazione

¹⁰ <http://ec.europa.eu/environment/air/pollutants/stationary/ippc/proposal.htm>

¹¹ http://ec.europa.eu/enterprise/automotive/pagesbackground/pollutant_emission/index.htm

di metodi e criteri di valutazione comuni che permettano di distinguere nell'ambito del territorio nazionale le zone in cui è opportuno conservare la qualità dell'aria, perché buona, da quelle in cui è necessario migliorarla.

Il nostro legislatore, con il D.M. 2/4/2002 n. 60 (attuativo delle direttive figlie 1999/30/CE e 2000/69/CE), ha fissato per una serie di agenti inquinanti (biossido di zolfo, biossido di azoto e ossidi di azoto, materiale particolato, piombo, benzene e monossido di carbonio) i predetti valori limite e le soglie di allarme. Tale intervento è l'espressione legislativa di una politica di ampio raggio che si prefigge da un lato di porre rimedio ai fenomeni cronici di inquinamento atmosferico e dall'altro prevede, in occasione di episodi acuti, l'adozione di azioni radicali.

Il decreto stabilisce dei valori limite annuali per la protezione della salute umana e degli ecosistemi per biossido di zolfo, ossidi di azoto, materiale particolato PM₁₀, piombo e benzene. L'introduzione di questa classe di limiti è finalizzata all'adozione di interventi che siano volti ad una reale diminuzione dell'emissione di questi inquinanti piuttosto che alla sola introduzione di misure di contenimento dei picchi di concentrazione che si verificano in determinati periodi dell'anno. Inoltre, per il raggiungimento dei limiti, viene scandito il percorso da compiere nel corso dei prossimi anni, attraverso la definizione di margini di tolleranza, che si riducono progressivamente nel tempo, per portare al graduale raggiungimento del rispetto del limite.

Per il biossido di zolfo, gli ossidi di azoto, il PM₁₀ e il monossido di carbonio sono anche definiti dei valori limite giornalieri o orari.

La configurazione proposta per i limiti *short-term* è volta al contenimento degli episodi acuti di inquinamento e anche in questo caso assume connotazioni che spingono le autorità competenti alla definizione di strategie efficaci e di interventi strutturali per garantire il rispetto di tali limiti. Al valore limite viene infatti associato sia un numero massimo di superamenti da registrare nel corso dell'anno sia un margine di tolleranza che, anche in questo caso, decresce gradualmente fino al raggiungimento del valore fissato.

Inoltre per il biossido di zolfo ed il biossido di azoto il decreto ha fissato delle soglie di allarme, a cui corrispondono dei livelli di concentrazione di inquinanti in atmosfera il cui superamento determina il sorgere di seri rischi per la salute umana anche in caso di esposizioni di breve durata. In caso si verifici siffatta situazione di pericolo le autorità competenti sono ovviamente tenute all'adozione immediata di misure capaci di portare ad una riduzione delle concentrazioni di inquinante al di sotto del valore di allarme.

Con il D. Lgs. 21/05/2004 n.183 è stata recepita dal legislatore italiano la direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria.

Per il parametro ozono si individuano, come riferimento a lungo termine, i valori bersaglio e gli obiettivi a lungo termine per la protezione della salute umana e della vegetazione. Il valore bersaglio rappresenta il livello fissato al fine di evitare effetti nocivi sulla salute umana e/o sull'ambiente nel suo complesso, da conseguirsi per quanto possibile entro un dato periodo di tempo (2010). L'obiettivo a lungo termine rappresenta la concentrazione di ozono nell'aria al di sotto della quale si ritengono improbabili, in base alle conoscenze scientifiche attuali, effetti nocivi diretti sulla salute umana e/o sull'ambiente nel suo complesso. Tale obiettivo deve essere conseguito, salvo quando ciò non sia realizzabile, tramite misure progressive nel lungo periodo, al fine di fornire un'efficace protezione della salute umana e dell'ambiente. Per l'ozono sono definite inoltre la soglia di allarme e la soglia di informazione alla popolazione.

Per una migliore comprensione di tali dati, riportati nelle tabelle sottostanti, è necessario premettere le definizioni normative dei seguenti concetti:

- VALORE LIMITE, livello fissato in base alle conoscenze scientifiche al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi sulla salute umana e/o sull'ambiente nel suo complesso, che dovrà essere raggiunto entro un dato termine e che non dovrà essere superato.
- SOGLIA DI ALLARME, livello oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata e raggiunto il quale gli stati membri devono immediatamente intervenire secondo quanto disposto dalla direttiva 96/62/CE.

- VALORE BERSAGLIO, livello fissato al fine di evitare a lungo termine effetti nocivi sulla salute umana e/o sull'ambiente nel suo complesso, da conseguirsi per quanto possibile entro un dato periodo di tempo.
- OBIETTIVO A LUNGO TERMINE, concentrazione di ozono nell'aria al di sotto della quale si ritengono improbabili, in base alle conoscenze scientifiche attuali, effetti nocivi diretti sulla salute umana e/o sull'ambiente nel suo complesso. Tale obiettivo deve essere conseguito, salvo quando ciò non sia realizzabile tramite misure proporzionate, nel lungo periodo al fine di fornire un'efficace protezione della salute umana e dell'ambiente.
- MARGINE DI SUPERAMENTO, la percentuale del valore limite nella cui misura tale valore può essere superato alle condizioni stabilite dalla direttiva 96/62/CE.
- SOGLIA DI INFORMAZIONE, livello oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata della popolazione in generale, e raggiunto il quale gli stati membri devono immediatamente intervenire.

BIOSSIDO DI ZOLFO (SO₂)			
VALORE LIMITE ORARIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA			
Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Margine di Tolleranza	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	150 µg/m ³ (43%) all'entrata in vigore della Direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale margine si ridurrà, a partire dal 1° gennaio 2001 di una percentuale costante ogni 12 mesi fino a raggiungere il valore 0 il 1° gennaio 2005	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)	Margine di Tolleranza	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	nessuno	1 gennaio 2005
VALORE LIMITE PER LA PROTEZIONE DEGLI ECOSISTEMI			
Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Margine di Tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
anno civile e inverno (1° ottobre - 31 marzo)	20 µg/m ³	nessuno	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 1: D.M. 2/4/2002 n. 60, valori limite per il biossido di zolfo.

MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)			
VALORE LIMITE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA			
Periodo medio	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Margine di Tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m ³	60% del valore limite all'entrata in vigore della Direttiva 2000/69/CE (13/12/2000). Tale margine si ridurrà, a partire dal 1° gennaio 2003 di una percentuale costante ogni 12 mesi fino a raggiungere il valore di 0 il 1° gennaio 2005	1 gennaio 2005

TABELLA 2: D.M. 2/4/2002 n. 60, valori limite per il monossido di carbonio.

OSSIDI DI AZOTO (NO_x, NO₂)																									
VALORE LIMITE ORARIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA																									
Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Margine di Tolleranza	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	50% del valore limite all'entrata in vigore della Direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale margine si ridurrà, a partire dal 1° gennaio 2001 di una percentuale costante ogni 12 mesi fino a raggiungere il valore di 0 il 1° gennaio 2010	1 gennaio 2010 ⁽¹⁾																						
Dettaglio dei limiti in vigore nei prossimi anni con i progressivi adeguamenti: <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>←←← 31/12/2000</td> <td>300 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2001 - 31/12/2001</td> <td>290 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2002 - 31/12/2002</td> <td>280 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2003 - 31/12/2003</td> <td>270 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2004 - 31/12/2004</td> <td>260 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2005 - 31/12/2005</td> <td>250 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2006 - 31/12/2006</td> <td>240 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2007 - 31/12/2007</td> <td>230 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2008 - 31/12/2008</td> <td>220 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2009 - 31/12/2009</td> <td>210 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2010 ⇒⇒⇒</td> <td>200 µg/m³</td> </tr> </table>				←←← 31/12/2000	300 µg/m ³	01/01/2001 - 31/12/2001	290 µg/m ³	01/01/2002 - 31/12/2002	280 µg/m ³	01/01/2003 - 31/12/2003	270 µg/m ³	01/01/2004 - 31/12/2004	260 µg/m ³	01/01/2005 - 31/12/2005	250 µg/m ³	01/01/2006 - 31/12/2006	240 µg/m ³	01/01/2007 - 31/12/2007	230 µg/m ³	01/01/2008 - 31/12/2008	220 µg/m ³	01/01/2009 - 31/12/2009	210 µg/m ³	01/01/2010 ⇒⇒⇒	200 µg/m ³
←←← 31/12/2000	300 µg/m ³																								
01/01/2001 - 31/12/2001	290 µg/m ³																								
01/01/2002 - 31/12/2002	280 µg/m ³																								
01/01/2003 - 31/12/2003	270 µg/m ³																								
01/01/2004 - 31/12/2004	260 µg/m ³																								
01/01/2005 - 31/12/2005	250 µg/m ³																								
01/01/2006 - 31/12/2006	240 µg/m ³																								
01/01/2007 - 31/12/2007	230 µg/m ³																								
01/01/2008 - 31/12/2008	220 µg/m ³																								
01/01/2009 - 31/12/2009	210 µg/m ³																								
01/01/2010 ⇒⇒⇒	200 µg/m ³																								
VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA																									
Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Margine di Tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato																						
Anno civile	40 µg/m ³ NO ₂	50% del valore limite all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale margine si ridurrà, a partire dal 1° gennaio 2001 di una percentuale costante ogni 12 mesi fino a raggiungere il valore di 0 il 1° gennaio 2010	1 gennaio 2010 ⁽¹⁾																						
Dettaglio dei limiti in vigore nei prossimi anni con i progressivi adeguamenti: <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>←←← 31/12/2000</td> <td>60 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2001 - 31/12/2001</td> <td>58 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2002 - 31/12/2002</td> <td>56 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2003 - 31/12/2003</td> <td>54 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2004 - 31/12/2004</td> <td>52 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2005 - 31/12/2005</td> <td>50 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2006 - 31/12/2006</td> <td>48 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2007 - 31/12/2007</td> <td>46 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2008 - 31/12/2008</td> <td>44 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2009 - 31/12/2009</td> <td>42 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2010 ⇒⇒⇒</td> <td>40 µg/m³</td> </tr> </table>				←←← 31/12/2000	60 µg/m ³	01/01/2001 - 31/12/2001	58 µg/m ³	01/01/2002 - 31/12/2002	56 µg/m ³	01/01/2003 - 31/12/2003	54 µg/m ³	01/01/2004 - 31/12/2004	52 µg/m ³	01/01/2005 - 31/12/2005	50 µg/m ³	01/01/2006 - 31/12/2006	48 µg/m ³	01/01/2007 - 31/12/2007	46 µg/m ³	01/01/2008 - 31/12/2008	44 µg/m ³	01/01/2009 - 31/12/2009	42 µg/m ³	01/01/2010 ⇒⇒⇒	40 µg/m ³
←←← 31/12/2000	60 µg/m ³																								
01/01/2001 - 31/12/2001	58 µg/m ³																								
01/01/2002 - 31/12/2002	56 µg/m ³																								
01/01/2003 - 31/12/2003	54 µg/m ³																								
01/01/2004 - 31/12/2004	52 µg/m ³																								
01/01/2005 - 31/12/2005	50 µg/m ³																								
01/01/2006 - 31/12/2006	48 µg/m ³																								
01/01/2007 - 31/12/2007	46 µg/m ³																								
01/01/2008 - 31/12/2008	44 µg/m ³																								
01/01/2009 - 31/12/2009	42 µg/m ³																								
01/01/2010 ⇒⇒⇒	40 µg/m ³																								
VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE																									
Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Margine di Tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato																						
Anno civile	30 µg/m ³ NO _x	nessuno	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.																									

(1) La direttiva 2008/50/CE ha introdotto la possibilità di proroga dei limiti di cinque anni (1 gennaio 2015) a condizione di aver predisposto un piano per la qualità dell'aria che dimostri come i valori limite saranno conseguiti entro il nuovo termine. Si rimanda alla lettura del paragrafo di commento della direttiva 2008/50/CE.

TABELLA 3: D.M. 2/4/2002 n. 60, valori limite per gli ossidi di azoto.

PARTICELLE PM₁₀ (FASE 1)

VALORE LIMITE DI 24 ORE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA

Periodo di mediazione	Valore limite (condizioni di campionamento)	Margine di Tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
24 ore	50 µg/m ³ PM10 non superare più di 35 volte per anno civile	50% del valore limite all'entrata in vigore della Direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale margine si ridurrà, a partire dal 1° gennaio 2001 di una percentuale costante ogni 12 mesi fino a raggiungere il valore di 0 il 1° gennaio 2005	1 gennaio 2005 ⁽¹⁾

VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA

Periodo di mediazione	Valore limite (condizioni di campionamento)	Margine di Tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Anno civile	40 µg/m ³ PM10	20% del valore limite all'entrata in vigore della Direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale margine si ridurrà, a partire dal 1° gennaio 2001 di una percentuale costante ogni 12 mesi fino a raggiungere il valore di 0 il 1° gennaio 2005	1 gennaio 2005 ⁽¹⁾

PARTICELLE PM₁₀ (FASE 2)

Valori indicativi da rivedere con successivo decreto sulla base della futura normativa comunitaria ⁽²⁾

VALORE LIMITE DI 24 ORE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA

Periodo di mediazione	Valore limite (condizioni di campionamento)	Margine di Tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
24 ore	50 µg/m ³ PM10 non superare più di 7 volte per anno civile	Da stabilire in base ai dati, in modo che sia equivalente al valore limite della fase 1.	1 gennaio 2010

VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA

Periodo di mediazione	Valore limite (condizioni di campionamento)	Margine di Tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Anno civile	20 µg/m ³ PM10	10 µg/m ³ al 1° gennaio 2005 con riduzione ogni 12 mesi successivi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% il 1° gennaio 2010	1° gennaio 2010

(1) La direttiva 2008/50/CE ha introdotto la possibilità di proroga dei limiti fino all'11 giugno 2011 nel caso di condizioni climatiche avverse purché sia dimostrato di avere adottato tutte le misure del caso per rispettare le scadenze. Si rimanda alla lettura del paragrafo di commento della direttiva 2008/50/CE.

(2) I limiti previsti per la fase 2 non sono più contenuti dalla direttiva 2008/50/CE e dovrebbero essere abrogati dalle norme di recepimento della direttiva.

TABELLA 4: D.M. 2/4/2002 n. 60, valori limite per il PM₁₀.

PIOMBO (Pb)**VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA**

Periodo di mediazione	Valore limite (condizioni di campionamento)	Margine di Tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Anno civile	0,5 µg/m ³	100% del valore limite all'entrata in vigore della Direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale margine si ridurrà, a partire dal 1° gennaio 2001, di una percentuale costante ogni 12 mesi fino a raggiungere il valore di 0 il 1° gennaio 2005	1 gennaio 2005

TABELLA 5: D.M. 2/4/2002 n. 60, valori limite per il piombo.

ARSENICO (As)**VALORE OBIETTIVO DELLA MEDIA ANNUALE**

Periodo di mediazione	Valore Obiettivo	Margine di Tolleranza	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	6 ng/m ³	Nessuno	31 dicembre 2012

TABELLA 6: D.Lgs 03/08/2007, n. 152, valore obiettivo per l'arsenico.

CADMIO (Cd)**VALORE OBIETTIVO DELLA MEDIA ANNUALE**

Periodo di mediazione	Valore Obiettivo	Margine di Tolleranza	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	6 ng/m ³	Nessuno	31 dicembre 2012

TABELLA 7: D.Lgs 03/08/2007, n. 152, valore obiettivo per il cadmio.

NICHEL (Ni)**VALORE OBIETTIVO DELLA MEDIA ANNUALE**

Periodo di mediazione	Valore Obiettivo	Margine di Tolleranza	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	20 ng/m ³	Nessuno	31 dicembre 2012

TABELLA 8: D.Lgs 03/08/2007, n. 152, valore obiettivo per il nichel.

OZONO (O₃)		
VALORI BERSAGLIO		
Valore bersaglio per la protezione della salute umana	Parametro Media massima giornaliera su 8 ore (b)	Valore bersaglio per il 2010 (a) 120 µg/m ³ da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni (c)
Valore bersaglio per la protezione della vegetazione	AOT 40, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	18000 µg/m ³ *h come media su 5 anni (c)
<p>(a) Data a partire dalla quale si verifica la rispondenza ai valori bersaglio. Ciò significa che i valori del 2010 saranno utilizzati per verificare la concordanza con gli obiettivi nei successivi 3 o 5 anni.</p> <p>(b) 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.</p> <p>(c) Se non è possibile calcolare la media di 3 o 5 anni poiché non si ha un insieme completo di dati relativi a più anni consecutivi, i dati annuali minimi per la verifica della rispondenza con i valori bersaglio sono i seguenti: per il valore bersaglio per la protezione della salute umana: dati validi relativi ad un anno per il valore bersaglio per la protezione della vegetazione: dati relativi a tre anni</p> <p>Per AOT40 (espresso in µg/m³*h) s'intende la somma della differenza fra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m³ (= 40 ppb) e 80 µg/m³ 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.</p>		
OBIETTIVI A LUNGO TERMINE		
	Parametro	Obiettivo a lungo (a)
Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	Massima media giornaliera su 8 ore nell'arco di un anno civile	120 µg/m ³
Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione	AOT40, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	6000 µg/m ³
<p>(a) I progressi realizzati dalla Comunità nel conseguimento dell'obiettivo a lungo termine, prendendo come riferimento l'anno 2020, sono riesaminati nell'ambito del processo di cui all'art. 11 della presente direttiva.</p> <p>Per AOT40 (espresso in µg/m³*h) s'intende la somma della differenza fra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m³ (= 40 ppb) e 80 µg/m³ 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.</p>		
SOGLIE DI INFORMAZIONE E DI ALLARME		
	Parametro	Soglia
Soglia di informazione	Media di 1 ora	180 µg/m ³
Soglia di allarme (a)	Media di 1 ora	240 µg/m ³
<p>(a) Per l'attuazione dei piani di azione a breve termine, previsti all'art. 5 comma 3 del D. Lgs. 21/05/2004 n.183, il superamento della soglia deve essere misurato o previsto per tre ore consecutive.</p>		

TABELLA 9: D. Lgs. 21/05/2004 n.183, valori bersaglio, obiettivo e soglie di informazione e allarme per l'ozono.

BENZO(A)PIRENE

Riferimento normativo	Parametro di controllo	Periodo di osservazione	Valore di riferimento
OBIETTIVO DI QUALITÀ (D.M. 25/11/94)	media mobile valori giornalieri (a)	Anno (1 gennaio - 31 dicembre)	1 ng/m ³

(a): La frequenza di campionamento è pari a 1 prelievo ogni z giorni, ove $z=3\div 6$; z può essere maggiore di 7 in ambienti rurali; in nessun caso z deve essere pari a 7.

TABELLA 10: benzo(a)pirene, valori di riferimento e normativa in vigore.

BENZENE (C₆H₆)**VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA**

Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Margine di Tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Anno civile	5 µg/m ³	100% del valore limite all'entrata in vigore della Direttiva 2000/69/CE (13/12/2000). Tale margine si ridurrà, a partire dal 1° gennaio 2006 di una percentuale costante ogni 12 mesi fino a raggiungere il valore di 0 il 1° gennaio 2010	1 gennaio 2010 ⁽¹⁾

Dettaglio dei limiti in vigore nei prossimi anni con i progressivi adeguamenti:

←←← 31/12/2005	10 µg/m ³
01/01/2006 - 31/12/2006	9 µg/m ³
01/01/2007 - 31/12/2007	8 µg/m ³
01/01/2008 - 31/12/2008	7 µg/m ³
01/01/2009 - 31/12/2009	6 µg/m ³
01/01/2010⇒⇒⇒	5 µg/m ³

(1) La direttiva 2008/50/CE ha introdotto la possibilità di proroga dei limiti di cinque anni a condizione di aver predisposto un piano per la qualità dell'aria che dimostri come i valori limite saranno conseguiti entro il nuovo termine. Si rimanda alla lettura del paragrafo di commento della direttiva 2008/50/CE.

TABELLA 11: D.M. 2/4/2002 n. 60, valori limite per il benzene.

PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI

*Il testo e le elaborazioni del paragrafo sono stati curati da:
L. Pallavidino, D. Maria e R. Prandi, Provincia di Torino.*

Si riporta un breve elenco della principale normativa che governa la gestione della qualità dell'aria e il controllo delle principali fonti emmissive.

- D.P.R. 26/8/1993 n. 412** Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia.
- D.M. 27/3/1998** Mobilità sostenibile nelle aree urbane.
- D.M. 21/4/1999 n. 163** Regolamento recante norme per l'individuazione dei criteri ambientali e sanitari in base ai quali i sindaci adottano le misure di limitazione della circolazione.
- D. Lgs. 4/8/1999 n. 351** Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente.
- Regione Piemonte**
L.R. 7/4/2000 n. 43 Disposizioni per la tutela dell'ambiente in materia di inquinamento atmosferico. Prima attuazione del piano regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria.
- D.M. 2/4/2002 n. 60** Recepimento della direttiva. 1999/30/CE del consiglio 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio. I dati del 2001, pubblicati in questa relazione, non sono ancora sottoposti a questa normativa.
- D.M. 20/9/2002** Modalità per la garanzia della qualità del sistema delle misure di inquinamento atmosferico, ai sensi del decreto legislativo n. 351/1999.
- D.M. 01/10/2002 n. 261** Regolamento recante le direttive tecniche per la valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente, i criteri per l'elaborazione del piano e dei programmi di cui agli articoli 8 e 9 del D.Lgs. 4 agosto 1999, n. 351.
- Dlgs 21/5/2004, n. 171** Attuazione della direttiva 2001/81/Ce relativa ai limiti nazionali di emissione di alcuni inquinanti atmosferici.
- D. Lgs 21/5/2004 n.183** Attuazione della direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria.
- D.Lgs 18/2/2005, n. 59** Attuazione integrale della direttiva 96/61/CEE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento
- D.Lgs 03/04/2006, n. 152** Il provvedimento semplifica, razionalizza, coordina e rende più chiara la legislazione ambientale precedente in alcuni settori tra cui la tutela dell'aria e la riduzione delle emissioni in atmosfera (Parte Quinta, Artt. 267-298).
- D.Lgs 03/08/2007, n. 152** Attuazione della direttiva 2004/107/CE concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente.
- Direttiva 2008/01/CE** Modifiche alla direttiva 96/61/CEE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento.
- Direttiva 2008/50/CE** Integra in un unico atto normativo le direttive 1996/62/CE, 1999/30/CE, 2000/69/CE, 2002/3/CE.
Definisce i limiti per il PM_{2.5}.
Proroga, se sono soddisfatte alcune condizioni, i termini per il rispetto dei limiti per il PM₁₀, il biossido di azoto e il benzene definiti dalla direttiva 1999/30/CE e dalla direttiva 2000/69/CE (recepiti in Italia dal D.M. 2/4/2002 n. 60).

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

L. Pallavidino (Provincia di Torino) e F. Romeo (Arpa Piemonte, Dipartimento di Torino).

La rete di monitoraggio della qualità dell'aria, operante sul territorio della Provincia di Torino, è composta da 27 postazioni fisse di proprietà pubblica, 11 postazioni fisse di proprietà di enti privati e da un mezzo mobile per il monitoraggio in continuo di parametri chimici e meteorologici. 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 le 3 stazioni in cui viene campionato esclusivamente il particolato atmosferico non sono collegate attraverso linee telefoniche, in quanto il tipo di misurazione con sistema gravimetrico dei parametri PM₁₀ e polveri totali non necessita di tale collegamento. L'elenco delle stazioni di misura, la loro ubicazione, e i parametri misurati sono riportati in TABELLA 12. L'ubicazione delle stazioni e la zonizzazione del territorio provinciale, effettuata ai sensi della L.R. 7 aprile 2000 n. 43 e dalla D.G.R. 11 novembre 2002 n. 14-7632, sono rappresentati in FIGURA 16.

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, inoltre, 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 14 si riporta una breve descrizione dei siti di misura, realizzata secondo le indicazioni contenute nel DM 2 aprile 2002 n. 60 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).

Il laboratorio mobile rappresenta inoltre un versatile strumento in dotazione alla rete di monitoraggio della qualità dell'aria. La sua peculiarità risiede nella possibilità di poter essere collocato 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	PARAMETRI
Alpignano	Via F. Baracca, 12 – Alpignano	O ₃ , NO _x
Beinasco	Via S. Pellico, 5 – Beinasco	SO ₂ , NO _x
Borgaro	Via Italia – Borgaro	O ₃ , NO _x , PM ₁₀ gravimetrico
Buttigliera	Via dei Comuni, 5 – Buttigliera	PM ₁₀ gravimetrico
Carmagnola	P.zzetta Di Vittorio, 1 – Carmagnola	PM ₁₀ gravimetrico
Chieri	C.so Buozi, 1 – Chieri	NO _x , CO, O ₃
Ciriè	Via Teneschie, 2 – Ciriè	SO ₂ , NO _x
Druento	Cascina Peppinella – Druento	O ₃ , SO ₂ , NO _x , VV-DV, RDN, RDG, UMID, TEMP, PV, P, PM ₁₀ gravimetrico
Grugliasco	Via Roma, 15 – Grugliasco	SO ₂ , NO _x
Ivrea	Viale della Liberazione, 1 – Ivrea	SO ₂ , NO _x , CO, PM ₁₀ gravimetrico
Nichelino	Via XXV Aprile, 111 – Nichelino	CO, NO _x
Orbassano	Via Gozzano – Orbassano	O ₃ , NO _x , VV-DV, RDN, RDG
Oulx	Via Roma angolo via Des Moines	CO, O ₃ , NO _x , PM ₁₀ beta
Pinerolo	P.zza III Alpini, 1 – Pinerolo	CO, NO _x , O ₃ , PM ₁₀ gravimetrico
Rivoli	P.zza Togliatti, 1 – Rivoli	CO, NO _x , BTX
Settimo	Via Milano, 31 – Settimo	CO, NO _x
Susa	P.zza della Repubblica – Susa	CO, NO _x , O ₃ , PM ₁₀ gravimetrico
TO – I.T.I.S. Grassi	Via P. Veronese – Torino	PM ₁₀ gravimetrico
TO – Lingotto	Via A. Monti, 21 – Torino	O ₃ , CO, CO ₂ , NO _x , PM ₁₀ beta, PM _{2.5} gravimetrico
TO – Mezzo Mobile		O ₃ , SO ₂ , CO, NO _x , PM ₁₀ gravimetrico, BTX, VV-DV, RDG, UMID, TEMP, P
TO – Piazza Rebaudengo	P.zza Rebaudengo, 23 - Torino	CO, SO ₂ , NO _x
TO – Piazza Rivoli	P.zza Rivoli, 4 – Torino	CO, NO _x , PM ₁₀ gravimetrico
TO – Via Consolata	Via Consolata, 10 – Torino	SO ₂ , CO, NO _x , PM ₁₀ gravimetrico, PM ₁₀ alto volume, PM ₁₀ teom, PTS, BTX
TO – Via Madama Cristina	Via M. Cristina, 129 – Torino	CO, NO _x
TO – Via Rubino	Via Rubino, giardini Rubino – Torino	CO, NO _x , PM ₁₀ gravimetrico
Venaria	C.so Garibaldi – Venaria	CO
Vinovo	Via Garibaldi, 3 – Vinovo	O ₃ , NO _x
Chivasso – Edipower ⁽¹⁾	Via Montanaro – Chivasso	SO ₂ , NO _x , CO, O ₃ , PM ₁₀ beta, PM _{2.5} beta, Idrocarburi non metanici
Castagneto Po – Edipower ⁽¹⁾	Via Monpilotto – Castagneto Po	SO ₂ , NO _x , CO, O ₃ , PM ₁₀ beta, PM _{2.5} beta, Idrocarburi non metanici, VV-DV, UMID, TEMP, P
Baldissero – Aceaelectrabel ⁽²⁾	Str. Pino Torinese, 1 – Bandissero	CO, O ₃ , NO _x , PM ₁₀ beta
Leini – Aceaelectrabel ⁽²⁾	Via vittime di Bologna, 12 – Leini	CO, O ₃ , NO _x , PM ₁₀ beta, PM _{2.5} beta
Barauda – IRIDE ⁽¹⁾	Strada Barauda, 24 – Moncalieri	SO ₂ , NO _x
Sangone – IRIDE ⁽¹⁾	V.le Stazione Sangone, 15 – Moncalieri	SO ₂ , NO _x
Nichelino - IRIDE ⁽¹⁾	Via Turati, 4/8 – Nichelino	SO ₂ , NO _x , CO
Collegno – Barricalla A ⁽¹⁾	Str.da della Viassa, 35 – Collegno	Idrocarburi non metanici, CH ₄ , PM ₁₀ teom
Collegno – Barricalla B ⁽¹⁾	Str.da della Viassa, 35 – Collegno	Idrocarburi non metanici, Idrocarburi Totali, CH ₄ , PM ₁₀ teom
Collegno – Barricalla D ⁽¹⁾	Giardino Municipio – Collegno	CO, O ₃ , NO _x , PM ₁₀ nefelometro
Pont C.se – LIRI ⁽¹⁾	Via Roma, 36 bis – Pont C.se	NO _x

(1) Stazione gestita da ente privato.

(2) Stazione di ente privato gestita da ARPA Piemonte.

TABELLA 12: elenco delle stazioni di monitoraggio, ubicazione e parametri misurati.

CODICE PARAMETRO	DESCRIZIONE
BTX	Benzene, toluene, xilene
CO	Monossido di carbonio
NO _x	Ossidi di azoto
O ₃	Ozono
P	Pressione atmosferica
PV	Quantità di pioggia
RDN	Radiazione solare netta
RDG	Radiazione solare globale
SO ₂	Biossido di zolfo
CH ₄	Metano
TEMP	Temperatura
PM ₁₀	Particolato sospeso < 10 µm
PM _{2,5}	Particolato sospeso < 2,5 µm
PTS	Polveri totali sospese
UMID	Umidità
VV-DV	Velocità e direzione del vento

TABELLA 13: descrizione dei codici dei parametri.

STAZIONE	TIPOLOGIA ZONA	CARATTERISTICHE ZONA	TIPOLOGIA STAZIONE	DESCRIZIONE
Alpignano	urbana	residenziale	fondo	Stazione collocata in area suburbana di carattere residenziale non direttamente soggetta a fonti primarie di emissione. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
Beinasco	urbana	industriale residenziale	fondo	Stazione collocata in area suburbana di carattere residenziale-industriale non direttamente soggetta a fonti primarie di emissione. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
Borgaro	suburbana	residenziale	fondo	Stazione collocata in area suburbana di carattere residenziale non direttamente soggetta a fonti primarie di emissione. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
Buttiglieria	suburbana	residenziale	fondo	Stazione collocata in area suburbana di carattere residenziale in una zona non direttamente soggetta a fonti primarie di emissione. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
Carmagnola	suburbana	residenziale industriale commerciale	traffico	Stazione collocata in area urbana esterna in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
Chieri	suburbana	residenziale commerciale	traffico	Stazione collocata in area suburbana di carattere residenziale soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.

STAZIONE	TIPOLOGIA ZONA	CARATTERISTICHE ZONA	TIPOLOGIA STAZIONE	DESCRIZIONE
Ciriè	urbana	residenziale	fondo	Stazione collocata in area urbana esterna di carattere residenziale in una zona non soggetta a fonti primarie di emissione. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
Druento	rurale	naturale	fondo	Stazione collocata in area remota in una zona non direttamente soggetta a fonti primarie di emissione. Rappresentativa della qualità dell'aria per la protezione degli ecosistemi.
Grugliasco	urbana	residenziale	traffico	Stazione collocata in area urbana in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare. Rappresentativa dei livelli più elevati di inquinanti a cui è probabile che la popolazione sia esposta.
Ivrea	suburbana	residenziale	fondo	Stazione collocata in area suburbana di carattere residenziale non direttamente soggetta a fonti primarie di emissione Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
Nichelino	urbana	residenziale industriale commerciale	traffico	Stazione collocata in area suburbana in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare. Rappresentativa dei livelli più elevati di inquinanti a cui è probabile che la popolazione sia esposta.
Orbassano	suburbana	residenziale	fondo	Stazione collocata in area suburbana di carattere residenziale non direttamente soggetta a fonti primarie di emissione. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
Oulx	suburbana	residenziale	traffico	Stazione di recente installazione collocata in prossimità della strada e quindi soggetta a fonti primarie di emissione di origine veicolare. Rappresentativa dei livelli più elevati di inquinanti a cui è probabile che la popolazione sia esposta.
Pinerolo	urbana	residenziale	fondo	Stazione collocata in area urbana di carattere residenziale e commerciale non direttamente soggetta a fonti primarie di emissione. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
Rivoli	urbana	residenziale	traffico	Stazione collocata in area urbana in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
Settimo	urbana	residenziale	traffico	Stazione collocata in area urbana in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine veicolare e industriale. Rappresentativa dei livelli di inquinanti più elevati a cui è probabile che la popolazione sia esposta.
Susa	suburbana	commerciale	fondo	Stazione collocata in area suburbana di carattere commerciale non direttamente soggetta a fonti primarie di emissione. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale

STAZIONE	TIPOLOGIA ZONA	CARATTERISTICHE ZONA	TIPOLOGIA STAZIONE	DESCRIZIONE
TO - I.T.I.S. Grassi	urbana	residenziale industriale	traffico	Stazione collocata in area urbana a in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare ed industriale. Rappresentativa dei livelli più elevati di inquinanti a cui è probabile che la popolazione sia esposta.
TO - Lingotto	urbana	industriale residenziale	fondo	Stazione collocata in una zona di fondo urbano non direttamente soggetta a fonti primarie di emissione. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
TO - Piazza Rebaudengo	urbana	industriale residenziale	traffico	Stazione collocata in area urbana in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare ed industriale. Rappresentativa dei livelli più elevati di inquinanti a cui è probabile che la popolazione sia esposta.
TO - Piazza Rivoli	urbana	residenziale commerciale	traffico	Stazione collocata in area urbana a in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare. Rappresentativa dei livelli più elevati di inquinanti a cui è probabile che la popolazione sia esposta.
TO - Via Consolata	urbana	residenziale commerciale	traffico	Stazione collocata in area urbana a in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare. Rappresentativa dei livelli più elevati di inquinanti a cui è probabile che la popolazione sia esposta.
TO - Via Madama Cristina	urbana	residenziale commerciale	traffico	Stazione collocata in area urbana a in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare. Rappresentativa dei livelli più elevati di inquinant a cui è probabile che la popolazione sia esposta.
TO - Via Rubino	urbana	residenziale	fondo	Stazione collocata in una zona di fondo urbano non direttamente soggetta a fonti primarie di emissione. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
Venaria	urbana	residenziale industriale commerciale	traffico	Stazione collocata in area urbana in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare. Rappresentativa dei livelli più elevati di inquinanti a cui è probabile che la popolazione sia esposta.
Vinovo	suburbana	residenziale	fondo	Stazione collocata in area suburbana di carattere residenziale non direttamente soggetta a fonti primarie di emissione. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
Chivasso – Edipower ⁽¹⁾	suburbana	residenziale	traffico	
Castagneto Po – Edipower ⁽¹⁾	rurale	residenziale	traffico	
Baldissero – Aceaelectrabel ⁽²⁾	rurale	agricola	fondo	
Leini – Aceaelectrabel ⁽²⁾	suburbana	residenziale	fondo	

STAZIONE	TIPOLOGIA ZONA	CARATTERISTICHE ZONA	TIPOLOGIA STAZIONE	DESCRIZIONE
Barauda – IRIDE ⁽¹⁾	rurale	residenziale	fondo	
Sangone – IRIDE ⁽¹⁾	urbana	residenziale	fondo	
Nichelino – IRIDE ⁽¹⁾	urbana	residenziale	fondo	
Collegno – Barricalla A ⁽¹⁾	rurale	residenziale	traffico	
Collegno – Barricalla B ⁽¹⁾	suburbana	residenziale	traffico	
Collegno – Barricalla D ⁽¹⁾	urbana	residenziale	traffico	
Pont C.se - LIRI ⁽¹⁾	suburbana		fondo	

(1) Stazione gestita da ente privato

(2) Stazione di ente privato gestita da ARPA Piemonte

TABELLA 14: descrizione del posizionamento delle stazioni di misura della rete di monitoraggio gestita da ARPA Piemonte.

**CLASSIFICAZIONE DEL TERRITORIO PROVINCIALE
AI FINI DELLA GESTIONE DELLA QUALITA' DELL'ARIA
(L.R. n. 43 del 7 aprile 2000, DGR 11/11/2002, n. 14-7632)**

● Postazioni di monitoraggio
di proprietà pubblica

● Postazioni di monitoraggio
di proprietà privata

- Zona 1
- Zona 2
- Zona 3
- Zona 3p

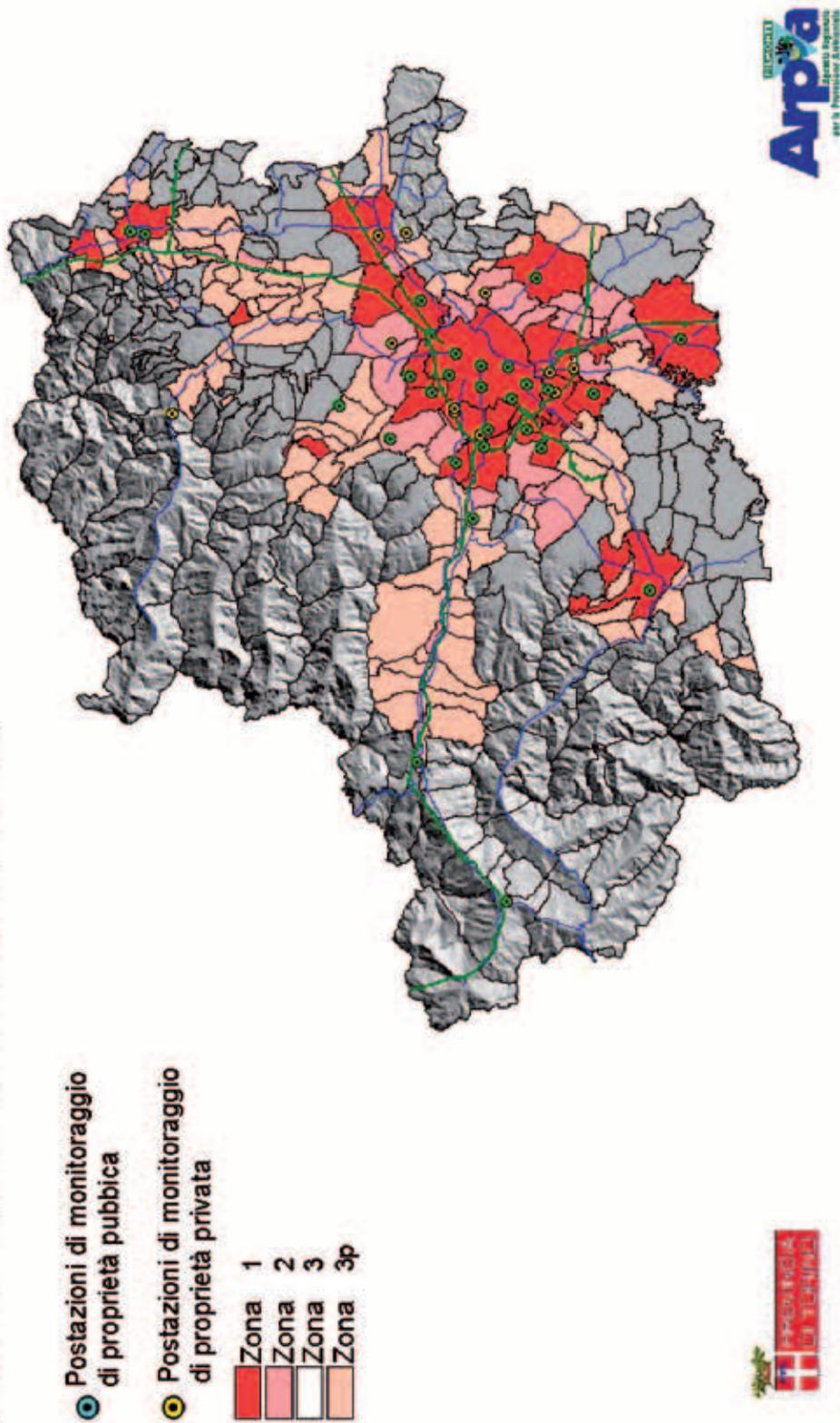


FIGURA 16: zonizzazione del territorio della provincia di Torino e disposizione dei punti di misura

*Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:
L. Pallavidino e D. Maria, Provincia di Torino.*

DESCRIZIONE

Il carbonio, che costituisce lo 0,08% della crosta terrestre, si trova in natura sia allo stato elementare sia allo stato combinato negli idrocarburi, nel calcare, nella dolomite, nei carboni fossili, ecc.

Il carbonio 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 monossido di carbonio (CO) è l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera, l'unico per il quale l'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni è il milligrammo al metro cubo (mg/m³). È un gas inodore ed incolore e viene generato durante la combustione di materiali organici quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente.

La principale sorgente di CO è rappresentata dal traffico veicolare (circa l'80% delle emissioni a livello mondiale), in particolare dai gas di scarico dei veicoli a benzina.

La concentrazione di CO emessa dagli scarichi dei veicoli è strettamente connessa alle condizioni di funzionamento del motore; si registrano concentrazioni più elevate con motore al minimo ed in fase di decelerazione, condizioni tipiche di traffico urbano intenso e rallentato.

DANNI CAUSATI

Il CO ha la proprietà di fissarsi all'emoglobina del sangue, impedendo il normale trasporto dell'ossigeno nelle varie parti del corpo. Il CO ha nei confronti dell'emoglobina un'affinità 220 volte maggiore rispetto all'ossigeno ed 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 sono reversibili e sicuramente meno acuti.

METODO DI MISURA

L'ossido di carbonio è analizzato mediante assorbimento di radiazioni infrarosse (IR). La tecnica di misura si basa sull'assorbimento, da parte delle molecole di CO, di radiazioni IR con conseguente variazione della loro intensità, proporzionale alla concentrazione dell'ossido di carbonio. Un sensore misura la variazione della radiazione luminosa e converte questo valore fornendo la concentrazione di CO presente nell'aria.

ESAME DEI DATI

Le rilevazioni effettuate nel corso dell'anno 2008, riportate in TABELLA 15 hanno evidenziato concentrazioni medie annuali comprese fra 0,4 e 1,1 mg/m³. Se si confrontano i valori medi annuali con quelli registrati negli anni precedenti si nota quasi ovunque una diminuzione, confermata anche quest'anno dalla mancanza assoluta di superamenti del limite di protezione della salute umana di 10 mg/m³, calcolato come media mobile trascinata su otto ore (D.M. 60 del 2 aprile 2002).

L'evoluzione delle concentrazioni del monossido di carbonio avvenuta nel corso degli ultimi anni è evidenziata nel grafico in FIGURA 17, il quale riporta le concentrazioni medie annue misurate dal 1980 al 2008 nella stazione urbana di Torino – Rebaudengo. È evidente un nettissimo calo delle concentrazioni di CO dovuto al costante sviluppo della tecnologia dei motori per autotrazione ad accensione comandata e, a partire dai primi anni 90, dall'introduzione del trattamento dei gas esausti tramite i convertitori catalitici a tre vie. Solo

il 2006 è in controtendenza rispetto all'andamento decrescente delle concentrazioni in alcune stazioni urbane. Questo comportamento è simile a quanto registrato per il Benzene e per l'SO₂, i quali analogamente mostravano negli anni passati un calo costante.

Ulteriori miglioramenti saranno possibili con il progressivo ammodernamento del parco veicolare circolante.

In relazione a quanto appena detto, si può ragionevolmente sostenere che il CO in atmosfera non rappresenta più una criticità ambientale per il nostro territorio.

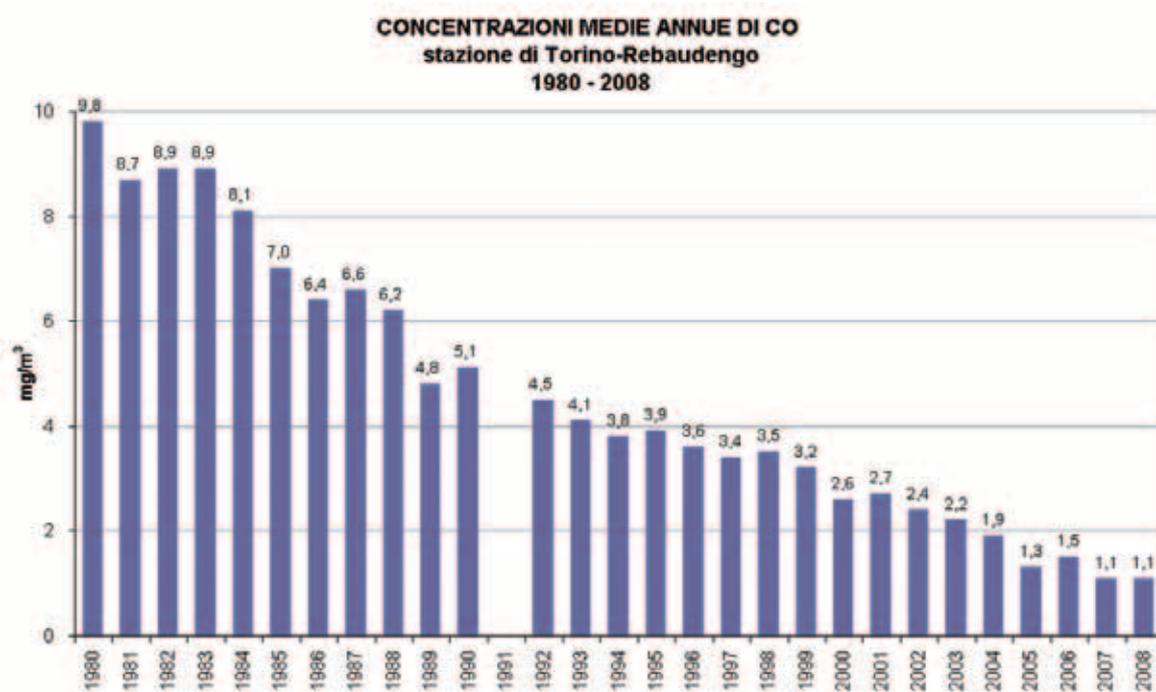


FIGURA 17: parametro CO, concentrazioni medie annuali rilevate presso la stazione di Torino-Rebaudengo dal 1980 al 2008.

STAZIONE	Rendimento strumentale 2008 (% 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									
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
BALDISSERO	96%	1,2	1,2	1,4	1,3	0,9	1	0,8	0,7	0,3	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHIERI	99%	1,2	1,1	0,8	0,9	0,7	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHIVASSO		0,9	1,0	1,1	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8			4	0	0	0	0	0	0	0		
DRUENTO		0,4	0,4		0,5	0,5						0	0	0	0	0					
IVREA-Liberazione	96%									0,6	0,5								0	0	
IVREA-P.za Freguglia		1,3	1,2	1,4	1,3	0,9	1	0,8	0,7			1	0	0	0	0	0	0	0		
LEINI	95%									0,5	0,6								0	0	
NICHELINO	99%	1,7	1,9	1,8	2,0	1,8	1,3	1,3	1,1	0,9	0,8	3	0	0	7	0	0	0	0	0	0
OULX	75%								0,3	0,4	0,4*								0	0	0*
PINEROLO	98%	0,7	0,6	1,1	0,8	0,7	0,6	0,7	0,7	0,6	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RIVOLI	96%	1,2	0,8	0,9	0,9	0,7	0,9	0,7	0,7	0,7	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SETTIMO	99%	1,7	1,4	1,2	1,5	1,2	1,1	1,0	1,1	1,0	0,8	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
SUSA	98%	0,6	0,6	0,9	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TO-CONSOLATA	99%	2,6	2,1	1,9	2,1	1,6	1,5	1,4	1,2	1,2	1,1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
TO-GAIDANO		2,1	1,8	1,8	1,8	1,5	1,3	1,2	1,2	1,3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TO-LINGOTTO	89%	1,3	1,0	0,9	1,2	1,0	0,8	0,7	0,8	0,7	1,1*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0*
TO-CRISTINA	95%	2,3	1,8	1,6	1,6	1,5	1,4	1,2	1,2	0,9	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TO-REBAUDENGO	96%	3,2	2,6	2,7	2,4	2,2	1,9	1,3	1,5	1,1	1,1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
TO-RIVOLI	100%	3,3	2,9	2,6	2,2	2,0	1,7	1,5	1,3	1,2	1,1	18	9	0	4	2	0	0	0	0	0
TO-RUBINO	94%									0,6	0,7								0	0	
VENARIA	93%	0,8	1,5	0,9	0,7	0,5	0,5	0,6	0,7	0,6	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

* La percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal DM 60/2002 (90%)

TABELLA 15: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il monossido di carbonio.

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

DESCRIZIONE

Gli ossidi di azoto (N₂O, NO, NO₂ ed altri) sono generati in tutti i processi di combustione, qualsiasi sia il tipo di combustibile utilizzato, quando viene usata aria come comburente.

Il biossido di azoto (NO₂) si presenta sotto forma di un gas di colore rossastro, di odore forte e pungente. Esso 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. L'entità delle emissioni può, in questo caso, variare anche in funzione delle caratteristiche e dello stato del motore nonché delle modalità di utilizzo dello stesso (valore della velocità, accelerazione, ecc.). In generale l'emissione di ossidi di azoto, in modo particolare nel caso del biossido di azoto, è maggiore quando il motore funziona ad elevato numero di giri (arterie urbane a scorrimento veloce, autostrade, ecc.).

DANNI CAUSATI

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).

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.

METODO DI MISURA

Per la determinazione degli ossidi di azoto si utilizza un metodo che sfrutta il fenomeno della chemiluminescenza. Esso si basa sulla reazione chimica tra il monossido di azoto (NO) e l'ozono, generato all'interno dello strumento, capace di produrre una luminescenza caratteristica, di intensità proporzionale alla concentrazione di NO. Un apposito rivelatore permette di misurare l'intensità della radiazione luminosa prodotta.

La reazione è specifica per il monossido di azoto; per misurare il biossido bisogna ridurlo a monossido, attraverso un convertitore al molibdeno. Gli analizzatori sono automaticamente predisposti per quantificare sia il monossido di azoto che il biossido di azoto.

L'unità di misura con la quale vengono espresse le concentrazioni di biossido di azoto in atmosfera è il microgrammo al metro cubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

ESAME DEI DATI

I dati relativi al 2008 indicano un lieve decremento rispetto al 2007 nei valori medi annuali, più deciso per quanto riguarda il numero di superamenti del valore limite orario per la protezione della salute ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ponendosi mediamente in linea con i dati anteriori al 2006, anno in cui si è verificato il numero più alto di superamenti di tutto il decennio, come si può verificare dai dati riportati in TABELLA 16.

La situazione più critica si è verificata nella città di Torino, nelle cui stazioni è stato superato il limite annuale per la protezione della salute umana di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da raggiungere entro il 2010, con un valore medio di $61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (FIGURA 18). I siti caratterizzati da elevato traffico veicolare hanno registrato un valore medio di $67 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre nelle stazioni di fondo urbano di TO-Rubino e TO-Lingotto il valore è stato mediamente di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il valore limite annuale

è stato superato anche nella quasi totalità delle stazioni ubicate nella prima cintura di Torino (Beinasco, Grugliasco, Nichelino, Rivoli, Settimo), mentre nella stazione di Borgaro il valore annuo è sceso al di sotto del limite.

Nelle stazioni al di fuori dell'area metropolitana il limite è stato ovunque rispettato, con valori minimi registrati nelle stazioni collocate in zone remote o montane (Baldissero, Druento, Oulx, Susa). Complessivamente, nel corso del 2008, nel 46% delle stazioni in cui viene misurato il biossido di azoto, è stato superato il limite annuale per la protezione della salute umana.

Se si considera il numero di superamenti del limite orario per la protezione della salute, pari a 200 µg/m³, risulta che nelle stazioni fuori cintura non è stato registrato alcun superamento, mentre per le stazioni del comune di Torino e della prima cintura la media pesata del numero di superamenti è molto inferiore rispetto ai tre anni precedenti, probabilmente grazie alle condizioni meteorologiche che hanno visto nel 2008 un aprile-maggio e novembre-dicembre particolarmente piovosi (FIGURA 19). Sia in Torino che nella prima cintura solo un numero limitato di stazioni presentano superamenti al di sopra del limite di 18 superamenti consentito dal D.M. 60/2002 per il 2010, vale a dire quelle ubicate in zone caratterizzate da intenso traffico veicolare (le stazioni di traffico torinesi e quelle di Grugliasco e Nichelino), mentre la maggior parte di esse rientrano nel limite.

Per quanto riguarda la distribuzione temporale dei livelli di biossido di azoto, nei mesi invernali da gennaio a marzo e a novembre e dicembre, si riscontrano i valori più elevati, in quanto il ristagno atmosferico causa un progressivo accumulo degli inquinanti emessi dal traffico veicolare e dagli impianti di riscaldamento, fonte tipica della stagione fredda (FIGURA 20). Se si considera la frequenza dei superamenti del limite orario, con riferimento alle stazioni con il numero più elevato di superamenti (FIGURA 21), emerge come questi siano distribuiti su un numero relativamente limitato di giorni, al massimo 15, nei quali si sono registrati anche più di tre valori orari superiori ai 200 µg/m³. Molti dei superamenti sono quindi dovuti ad un numero ridotto di episodi critici, associabili a condizioni di marcata stabilità atmosferica nel corso del periodo invernale.

L'andamento del giorno medio, riportato in FIGURA 21 per alcune stazioni di Torino e della prima cintura, individua chiaramente due massimi in corrispondenza delle ore di maggior traffico veicolare. In particolare si può notare come il massimo assoluto corrisponda al picco serale, in conseguenza di un effetto combinato del traffico, della minor dinamicità atmosferica e dell'assenza di irraggiamento solare che è alla base delle principali reazioni chimiche che determinano la rimozione di NO₂ dall'atmosfera (la fotolisi diretta e la reazione con i radicali ·OH, a loro volta generati nel corso di processi fotolitici).

Analizzando le serie storiche per le stazioni di Torino, si rileva una certa diminuzione dell'inquinante a partire dal 1996 in poi, periodo in cui il parametro si è mantenuto sempre al di sotto degli 80 µg/m³ (FIGURA 18); tale andamento è riscontrabile sia nel caso di stazioni ubicate in zone caratterizzate da intenso traffico veicolare, quale TO-Rebaudengo (da valori prossimi o superiori a 100 µg/m³ prima del 1996, a valori sempre inferiori a 95 µg/m³), sia in stazioni di fondo urbano, quale 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). Il decremento non è equivalente a quello registrato per altri inquinanti quali SO₂, CO, benzene e piombo, per i quali è stato molto più consistente, e nell'ultimo decennio sembra da attribuirsi più alla variabilità meteorologica che ad un effettivo decremento delle emissioni.

La diminuzione dei livelli di NO₂ evidenziabile attorno alla metà degli anni '90 è da attribuirsi all'introduzione delle marmitte catalitiche a tre vie per le auto a ciclo otto, che promuovono la trasformazione degli ossidi di azoto in azoto. La riduzione dei livelli non è stata particolarmente significativa per la presenza di altre sorgenti, quali gli impianti per la produzione di energia e i veicoli a ciclo Diesel, rappresentanti una porzione sempre maggiore dei veicoli circolanti, e per la natura secondaria di questo inquinante. Va inoltre considerato che un limite di emissione specifico per gli ossidi di azoto è stato introdotto solo con la Direttiva Euro3 (si veda il capitolo relativo alle emissioni dei veicoli a motore) e che il miglioramento tec-

nologico in termini di minori emissioni è stato in parte controbilanciato dall'aumento sia del numero di veicoli che dei chilometri percorsi.

Pertanto nel caso del biossido di azoto nel corso dell'ultimo decennio non si evidenzia un incremento dei livelli medi annuali, anzi rispetto al decennio precedente vi è stata una diminuzione, seppur modesta; tuttavia tali livelli in Torino e nei comuni della prima cintura sono ancora superiori al limite annuale per la protezione della salute.

L'insieme dei dati indica che la diminuzione delle concentrazioni del biossido di azoto deve rappresentare uno dei principali obiettivi che le amministrazioni dovranno perseguire per la tutela della salute umana e dell'ambiente. In particolare, per rispettare sia il valore limite orario sia il valore limite giornaliero fissati per il 2010 sarà necessario adottare provvedimenti per le aree urbane che portino ad una riduzione delle concentrazioni di biossido di azoto in una percentuale variabile fra il 20% e il 50%, anche in considerazione del fatto che tale inquinante è un importante precursore del particolato secondario (si veda il capitolo relativo).

La stazione di Druento, collocata all'interno del Parco Regionale "La Mandria", sebbene non soddisfi completamente i criteri di ubicazione indicati nel D.M. 60/2002, può essere utilizzata per valutare il rispetto del valore limite annuale di NO_x (contenuto complessivo di NO e NO₂, espresso come µg/m³ equivalenti di NO₂) per la protezione della vegetazione da applicarsi ai dati misurati nelle stazioni poste in zone rurali. Il valore medio annuale registrato presso la stazione di Druento nel corso del 2008 è stato di 23 µg/m³, che si pone al di sotto del valore limite di 30 µg/m³.

STAZIONE	Rendimento strumentale 2008 (% dati validi)	Valore limite annuale per la protezione della salute umana (40 µg/m ³) Media Annuale (µg/m ³)											Valore limite orario per la protezione della salute (200 µg/m ³) Numero di superamenti								
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
ALPIGNANO	99%	38	44	62	37	36	39	36	39	36	39	35	29	0	1	0	2	0	1	0	0
BALDISSERO	94%											22	19							0	0
BENASCO	98%	42	54	45	52	51	55	49	50	47	44	47	44	1	4	0	1	0	5	5	9
BORGARO	96%	41	46	48	42	44	42	38	42	42	35	42	35	13	8	27	1	0	4	0	1
CHIERI	92%	34	51	43	38	39	44	42	51	42	34	42	34	0	1	0	0	0	0	1	0
CIRIE'	99%	32	36	32	29	31	31	31	32	31	30	31	30	2	5	0	0	0	1	0	0
DRUENTO	90%	26	28	19	22	24	26	20	19	19	15	19	15	0	2	0	0	1	0	0	0
GRUGLIASCO	100%	52	59	52	53	52	49	53	54	59	50	59	50	2	16	0	1	2	11	9	64
IVREA ⁽¹⁾	95%	49	51	54	48	50	47	46	50	32	27	32	27	0	8	5	1	5	2	9	23
LEINI	100%									38	31										0
NICHELINO	96%	58	75	64	71	63	59	65	70	64	57	64	57	0	53	7	59	17	17	43	118
ORBASSANO	97%	49	52	46	42	40	44	42	46	43	37	43	37	0	1	0	0	0	0	0	0
OULX	93%								22	22	22	22	22								0
PINEROLO	99%				46	29	31	30	35	35	35	35	35				0	0	0	2	0
RIVOLI	97%				58	57	60	61	65	61	57	61	57				0	3	6	13	28
SETTIMO	97%	52	53	58	72	65	57	67	65	52	44	52	44	9	6	20	73	14	13	35	68
SUSA	91%				25	22	34	25	29	24	21	24	21				0	0	0	0	0
TO-CONSOLATA	88%	77	69	59	72	73	72	67	68		69*		69*	20	27	4	20	6	8	11	38
TO CRISTINA ⁽²⁾	79%	75	74	62	77	74	75	72	81	79	66*	79	66*	1	2	0	5	3	1	3	46
TO-GAIDANO/RUBINO ⁽³⁾	97%	65	67	65	68	65	71	65	80	51	48	51	48	30	31	9	23	8	26	38	100
TO-LINGOTTO	95%	50	50	45	59	54	51	53	53	49	52	49	52	4	2	2	0	3	0	2	39
TO-REBAUDENGO	95%	82	83	75	79	71	85	73	94	71	66	45	71	66	45	30	45	4	68	60	188
TO-RIVOLI	99%	78	87	78	73	71	81	84	92	77	66	41	77	66	41	36	26	12	42	34	112
VINOVO	99%	36	42	42	43	41	38	40	47	38	36	36	36	0	0	0	0	0	0	0	0

(1) fino al 06/11/2006 la stazione era ubicata in Piazza Freguglia

(2) dal 05/12/2008 la stazione è stata dismessa

(3) dal 29/03/2007 la stazione è stata trasferita in Via Rubino

*La percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal DM 60/2002 (90%).

TABELLA 16: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il biossido di azoto.

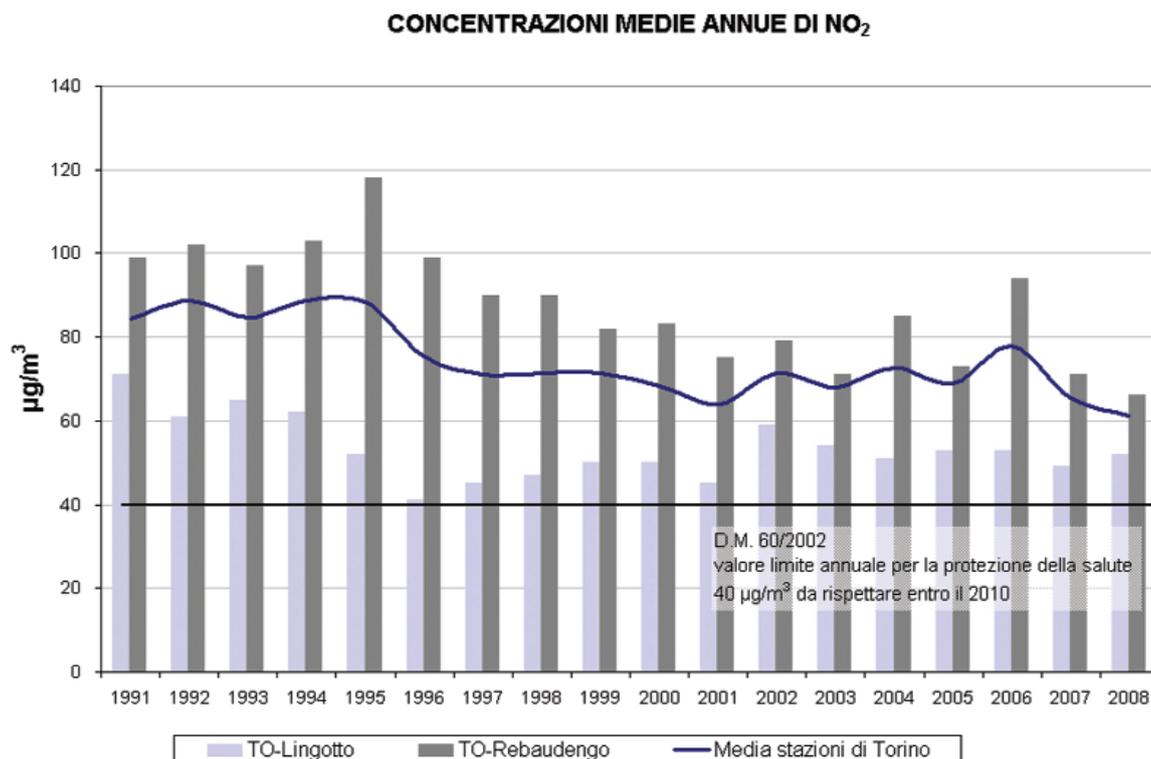


FIGURA 18: parametro NO₂, media delle medie annuali di tutte le stazioni operanti nel comune di Torino negli ultimi anni e dettaglio relativo alle stazioni di TO-Lingotto e TO-Rebaudengo.

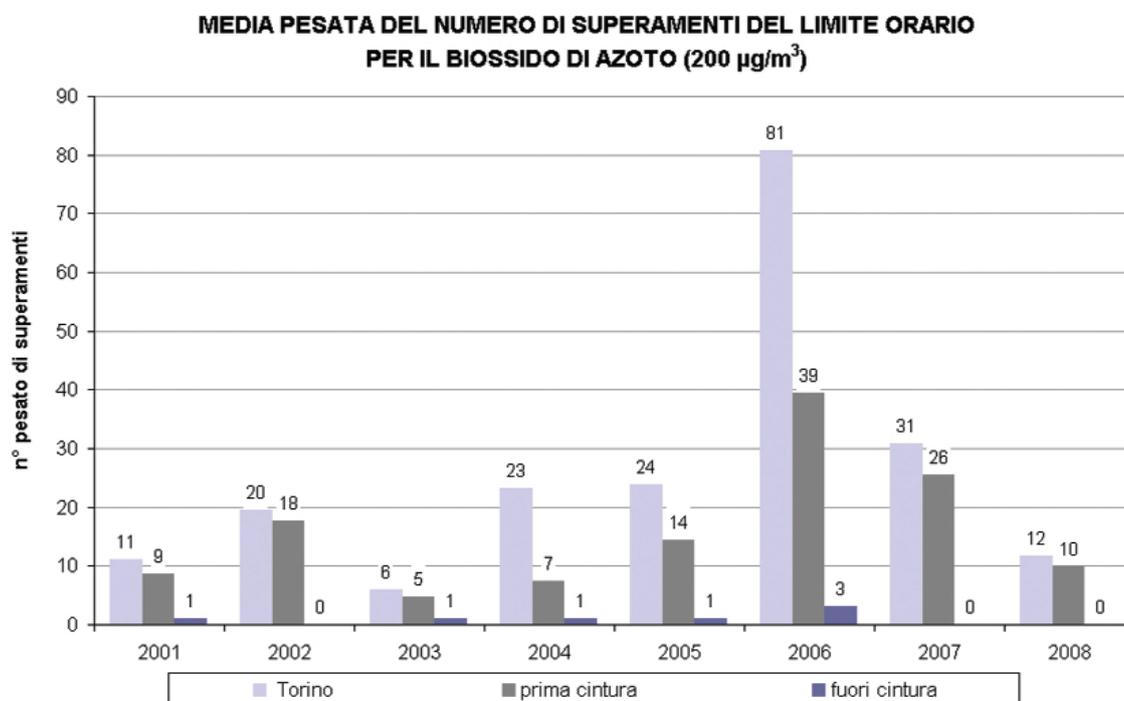


FIGURA 19: parametro NO₂, media pesata del numero di superamenti del limite orario.

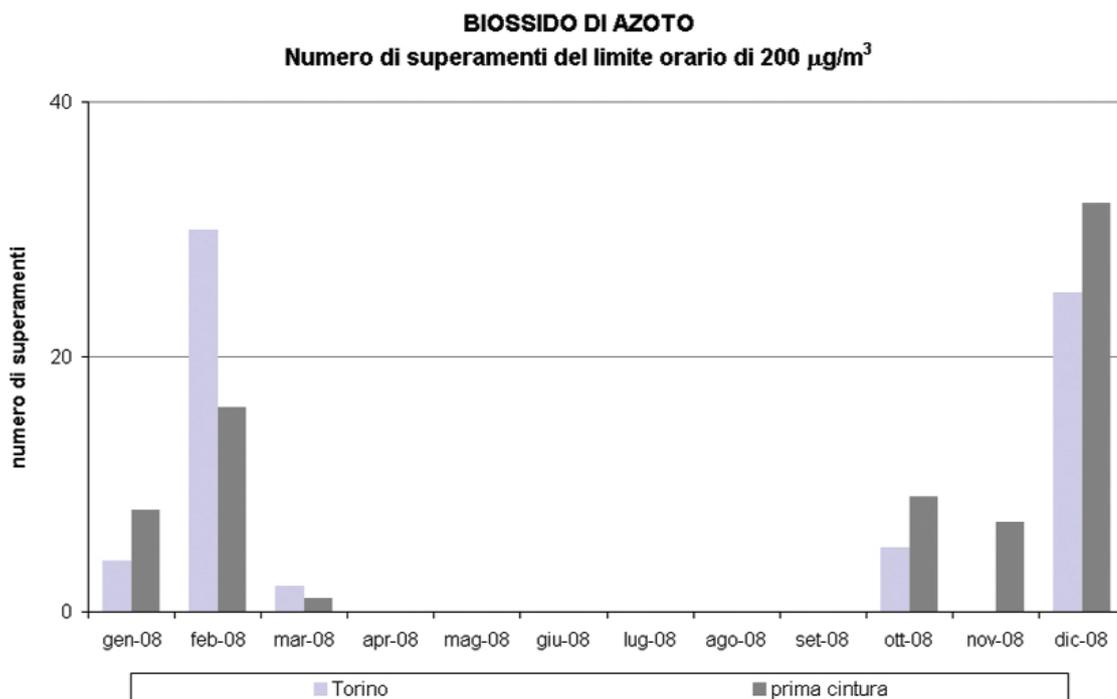


FIGURA 20: parametro NO₂, numero di superamenti del limite orario di 200 µg/m³, distribuzione per mese.

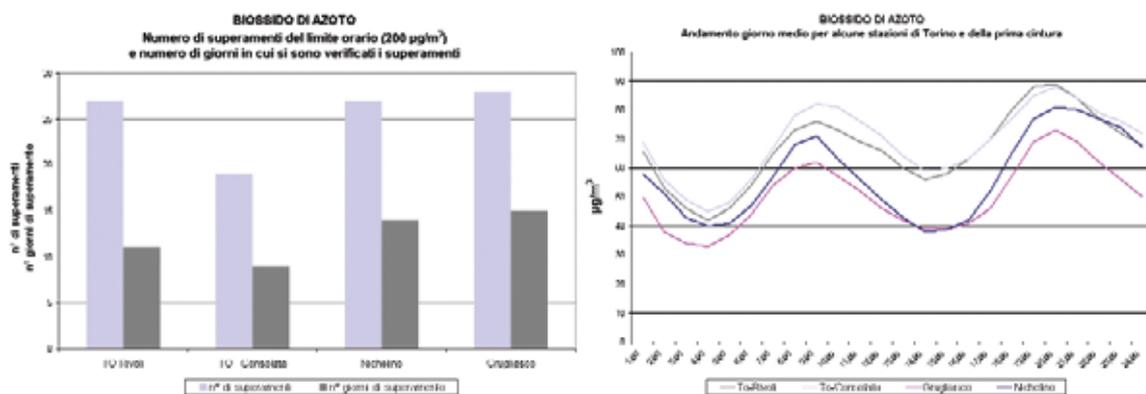
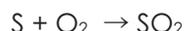


FIGURA 21: parametro NO₂, numero dei superamenti e numero dei giorni in cui si sono verificati (sinistra), andamento del giorno medio (destra), per alcune delle stazioni del comune di Torino e della prima cintura.

*Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:
L. Pallavidino e D. Maria, Provincia di Torino*

DESCRIZIONE

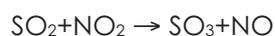
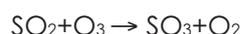
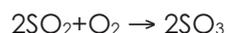
È il naturale prodotto di ossidazione dello zolfo e dei composti che lo contengono allo stato ridotto secondo la reazione:



È un gas incolore, di odore pungente. Le principali emissioni di biossido di zolfo derivano dai processi di combustione che utilizzano combustibili di tipo fossile (gasolio, olio combustibile, carbone), in cui lo zolfo è presente come impurità e dai processi metallurgici. Una percentuale molto bassa di biossido di zolfo nell'aria (6-7%) proviene dal traffico veicolare, in particolare dai veicoli con motore diesel.

La concentrazione di biossido di zolfo presenta una variazione stagionale molto evidente, con i valori massimi nella stagione invernale, laddove sono in funzione gli impianti di riscaldamento domestici.

Nell'atmosfera il biossido di zolfo (SO₂) è ossidato a triossido di zolfo (SO₃). L'ossidazione può avvenire direttamente in presenza di ossigeno atmosferico o di altri inquinanti per via chimica, secondo le reazioni:



Il triossido di zolfo successivamente, in presenza di umidità, è convertito in acido solforico secondo la reazione:



Il biossido di zolfo era ritenuto, fino agli anni '80, il principale inquinante dell'aria ed è certamente tra i più studiati, anche perché è stato uno dei primi composti a manifestare effetti sull'uomo e sull'ambiente. Tuttavia, oggi, il progressivo miglioramento della qualità dei combustibili (minor contenuto di zolfo nei prodotti di raffineria, imposto dal D.P.C.M. del 14 novembre 1995 e dal D.Lgs 66 del 21 marzo 2005) insieme al sempre più diffuso uso del gas metano, hanno diminuito sensibilmente la presenza di SO₂ nell'aria.

DANNI CAUSATI

Il biossido di zolfo è molto irritante per gli occhi, la gola e le vie respiratorie. In atmosfera, attraverso reazioni con l'ossigeno e le molecole d'acqua, contribuisce all'acidificazione delle precipitazioni, con effetti fitotossici sui vegetali e di acidificazione dei corpi idrici, in particolare a debole ricambio, con conseguente compromissione della vita acquatica.

Le precipitazioni acide possono avere effetti corrosivi anche sui materiali da costruzione, manufatti lapidei, vernici e metalli.

METODI DI MISURA

Il biossido di zolfo è misurato con un metodo a fluorescenza. L'aria da analizzare è immessa in una apposita camera nella quale vengono inviate radiazioni UV a 230-190 nm. Queste

radiazioni eccitano le molecole di SO₂ presenti che, stabilizzandosi, emettono delle radiazioni nello spettro del visibile misurate con apposito rilevatore. L'intensità luminosa misurata è funzione della concentrazione di SO₂ presente nell'aria.

L'unità di misura con la quale vengono misurate le concentrazioni di biossido di zolfo è il microgrammo al metro cubo (µg/m³).

ESAME DEI DATI

In tutti i siti oggetto di monitoraggio, come si può osservare nel riepilogo statistico riportato in TABELLA 17, i valori di riferimento previsti dalla normativa sono ampiamente rispettati. La situazione è del tutto analoga a quella rilevata nel corso degli ultimi anni e le differenze sono assolutamente minime e rientrano nella fluttuazione statistica del dato.

Da un'analisi comparata dei dati rilevati nei diversi siti di monitoraggio, non si osservano zone che presentino una particolare criticità o quantomeno una diversità sostanziale delle concentrazioni misurate.

I massimi valori orari, rilevati nel corso dell'anno 2008, 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 è rispettato in tutti i siti di monitoraggio, anche in quelli soggetti ad una forte pressione antropica che non sarebbero idonei per effettuare confronti con tale limite.

La diminuzione del tenore di zolfo nei combustibili liquidi o solidi e l'introduzione sul mercato energetico del metano hanno determinato la notevolissima riduzione delle concentrazioni del biossido di zolfo evidenziata nella FIGURA 22.

Il parametro SO₂ non rappresenta una criticità per il territorio della provincia di Torino, sarà comunque opportuno, nel corso dei prossimi anni, mantenere attivo il monitoraggio di tale inquinante per controllare il mantenimento dei risultati raggiunti.

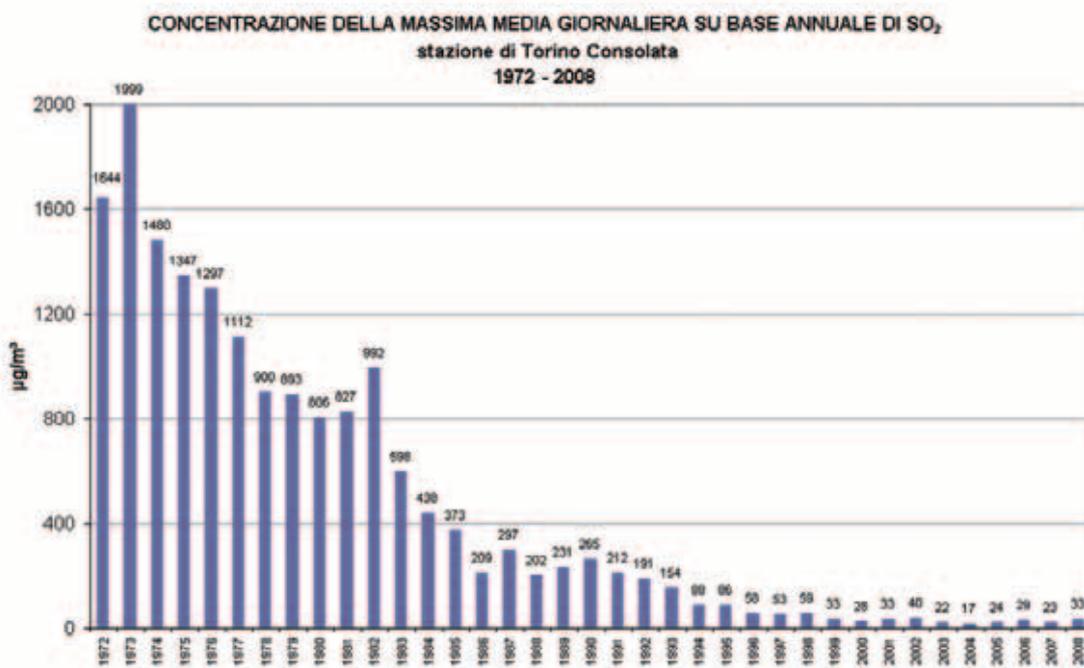


FIGURA 22: parametro SO₂, massima media giornaliera su base annuale rilevata nell'ultimo trentennio nella stazione di Torino – Consolata.

STAZIONE	Rendimento strumentale 2008 (% dati validi)	Media Annuale µg/m ³												Valore limite orario per la protezione della salute umana 350 µg/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 µg/m ³ da non superare più di 3 volte nell'anno civile Numero di superamenti																			
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008								
BEINASCO	99%	7	6	4	5	4	6	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CIRIE'	40%	6	6	7	4	5	5	4	5	7*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0*	
DRUENTO	87%	5	7	4	4	4	4	4	4	4*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0*		
GRUGLIASCO	100%	5	9	6	6	5	7	7	8	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
IVREA-Liberazione	93%									4	4								0	0																	0	0	
IVREA-P.za Freguglia		6	7	6	6	5	4	4	4			0	0	0	0	0	0	0	0																		0	0	
TO-CONSOLATA	80%	10	8	8	9	6	5	7	7	6	4*	0	0	0	0	0	0	0	0	0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0*	
TO-REBAUDENGO	96%	8	7	7	6	6	7	8	9	7	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

STAZIONE	Rendimento strumentale 2008 (% dati validi)	Valore limite per la protezione degli ecosistemi 20 µg/m ³ Media calcolata sul periodo di riferimento 1 gen - 31 dic												Soglia di allarme 500 µg/m ³ Numero di superamenti						Massimo orario µg/m ³																	
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008						
BEINASCO	99%	14	8	5	6	5	7	7	8	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	117	44	36	103	32	50	32	44	29	31				
CIRIE'	40%	9	11	11	5	7	8	6	5	8*	0	0	0	0	0	0	0	0	0*	0	0	0	120	57	57	51	39	41	28	42	25	25*					
DRUENTO	87%	7	8	5	4	4	4	4	5	4*	0	0	0	0	0	0	0	0	0*	0	0	0	43	40	40	32	18						28	19*			
GRUGLIASCO	100%	8	9	12	9	7	9	10	13	7	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76	50	46	55	60	61	42	69	37	32					
IVREA-Liberazione	93%									5	5								0	0																27	26
IVREA-P.za Freguglia		9	10	8	9	7	6	6	6			0	0	0	0	0	0	0	0				59	55	50	55	33	35	33	24							
TO-CONSOLATA	80%	17	11	11	14	9	7	9	12	9	6*	0	0	0	0	0	0	0	0	0*	0	0	94	63	84	144	44	38	48	57	49	33*					
TO-REBAUDENGO	96%	16	10	10	9	9	9	13	13	11	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	114	76	47	83	93	53	63	55	66	66	66	66	66	66	

*La percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal DM 60/2002 (90%).

TABELLA 17: dati delle stazioni di monitoraggio che rilevano il biossido di zolfo.

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

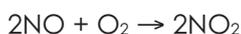
DESCRIZIONE

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

L'ozono si concentra nella stratosfera ad un'altezza compresa fra i 30 e i 50 chilometri dal suolo, la sua presenza protegge la troposfera dalle radiazioni ultraviolette emesse dal sole che sarebbero dannose per la vita degli esseri viventi. L'assenza di questo composto nella stratosfera è chiamata generalmente "buco dell'ozono".

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 invece 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 che sono così riassumibili in forma semplificata:



Inoltre la presenza di composti organici volatili sposta gli equilibri delle reazioni precedenti producendo elevate quantità di ozono. Nel corso di queste reazioni i composti organici si trasformano in aldeidi, perossidi, chetoni, acidi organici, perossiacilnitrati, nitrati alchilici ecc.

Tutte le sostanze coinvolte in questa complessa serie di reazioni costituiscono nel loro insieme il citato smog fotochimico.

DANNI CAUSATI

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 (alcune specie vegetali, particolarmente sensibili alle concentrazioni di ozono in atmosfera, vengono oggi utilizzate come bioindicatori della presenza di ozono).

METODO DI MISURA

L'ozono è misurato con un metodo basato sull'assorbimento di radiazioni UV ad una lunghezza d'onda di 254 nm caratteristica delle molecole di O₃. La variazione dell'intensità luminosa è direttamente correlata alla concentrazione di ozono ed è misurata da un apposito rivelatore.

L'unità di misura con la quale vengono misurate le concentrazioni di ozono è il microgrammo al metro cubo (µg/m³).

ESAME DEI DATI

L'ozono, insieme al PM₁₀ e al biossido di azoto, è uno degli inquinanti di maggiore rilevanza in Europa. 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. La norma di riferimento per l'ozono è il D.lgs. 183 del 21 maggio 2004, nel quale sono stabiliti la soglia di informazione e la soglia di allarme, i valori bersaglio e gli obiettivi a lungo termine per i livelli di ozono nell'aria ambiente. 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 bersaglio, invece, indicano i livelli di concentrazione da conseguirsi entro il 2010 al fine di evitare effetti nocivi sulla salute umana e sull'ambiente. Gli obiettivi a lungo termine stabiliscono quelle concentrazioni al di sotto delle quali sono improbabili, in base alle conoscenze attuali, effetti nocivi diretti sulla salute umana e sull'ambiente.

Nell'Unione Europea il livello di ozono durante l'estate 2008 è stato il più basso degli ultimi dieci anni ed anche l'estensione spaziale dei superamenti è stata meno ampia degli anni precedenti; i maggiori superamenti si sono osservati nel nord Italia e in varie località del Mediterraneo (Francia del Sud, Grecia, Portogallo, Slovenia, Macedonia). I dati della Provincia di Torino confermano il trend osservato a livello europeo.

In TABELLA 18 e in TABELLA 19 sono riportati i superamenti della soglia di informazione e di allarme degli ultimi 10 anni nella Provincia di Torino. Si può notare come nel corso del 2008 non si è verificato alcun superamento della soglia di allarme (240 µg/m³ come media oraria per tre ore consecutive), a differenza dei due anni precedenti. Anche la soglia di informazione (180 µg/m³) è stata superata in misura molto inferiore rispetto al decennio precedente in tutti i siti oggetto di rilevamento, ed in alcuni siti non è stata mai superata (Borgaro, Chieri, Orbassano, Vinovo). Nella stazione di Baldissero il numero di superamenti è stato dieci volte inferiore rispetto al 2007. La stazione di Pino Torinese è stata dismessa il 1/2/2008 in quanto completamente analoga come caratteristiche (fondo rurale) alla stazione di Baldissero Torinese. Si riportano ancora nelle tabelle i dati di Pino Torinese per i confronti delle serie storiche.

STAZIONE	SOGLIA DI INFORMAZIONE 180 µg/m ³ come media oraria numero di superamenti									
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
ALPIGNANO	98	32	*	47	144	22	21	70	44	7
BALDISSERO								8 ⁽⁵⁾	43	4
BORGARO	88	150	224	40	188	35	12	20	63	0
CHIERI				0 ⁽¹⁾	82	5	4	4	1	0
DRUENTO	18	156	121	64	176	71	72	143	69	11
LEINI'								1 ⁽⁶⁾	14	7
ORBASSANO	78	138	*	52	107	63	18	30	54	0
OULX							0 ⁽⁴⁾	38	9	8
PINEROLO				0 ⁽²⁾	45	0	11	28	54	1
PINO T.se	102	130	91	74	340	57	16	64	33	0 ⁽⁷⁾
SUSA				34 ⁽³⁾	85	62	14	52	11	9
TO LINGOTTO	20	46	72	80	255	32	56	20	43	26
VINOVO	10	104	147	34	245	58	16	13	16	0

⁽¹⁾ strumento operativo dal 1/8/02

⁽³⁾ strumento operativo dal 22/07/02

⁽⁵⁾ strumento operativo dal 28/07/06

⁽⁷⁾ strumento dismesso il 1/02/08

⁽²⁾ strumento operativo dal 9/10/02

⁽⁴⁾ strumento operativo dal 29/11/05

⁽⁶⁾ strumento operativo dal 27/07/06

* insufficiente rendimento strumentale

TABELLA 18: ozono, confronto con le soglie di informazione come da D.lgs. n. 183/04.

STAZIONE	SOGLIA DI ALLARME 240 µg/m ³ come media oraria per 3 ore consecutive numero di giorni con superamento									
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
ALPIGNANO	0	0	*	0	0	0	0	0	0	0
BALDISSERO								0 ⁽⁵⁾	0	0
BORGARO	0	0	4	0	2	0	0	0	1	0
CHIERI				0 ⁽¹⁾	0	0	0	0	0	0
DRUENTO	0	3	5	0	2	0	0	1	1	0
LEINI'								0 ⁽⁶⁾	0	0
ORBASSANO	0	0	*	0	0	0	0	0	0	0
OULX							0 ⁽⁴⁾	0	0	0
PINEROLO				0 ⁽²⁾	0	0	0	0	0	0
PINO T.se	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0 ⁽⁷⁾
SUSA				0 ⁽³⁾	0	0	0	0	0	0
TO LINGOTTO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VINOVO	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

⁽¹⁾ strumento operativo dal 1/8/02 ⁽²⁾ strumento operativo dal 9/10/02 ⁽³⁾ strumento operativo dal 22/07/02
⁽⁴⁾ strumento operativo dal 29/11/05 ⁽⁵⁾ strumento operativo dal 28/07/06 ⁽⁶⁾ strumento operativo dal 27/07/06
⁽⁷⁾ strumento dismesso il 1/02/08 (*) insufficiente rendimento strumentale

TABELLA 19: ozono, confronto con le soglie di allarme come da D.lgs. n. 183/04.

In TABELLA 20 e in TABELLA 21 sono riportati rispettivamente i risultati dei rilevamenti elaborati in modo da poter verificare il conseguimento del valore bersaglio per la protezione della salute umana e il valore bersaglio per la protezione della vegetazione. Entrambi non sono rispettati: la media degli ultimi tre anni dei giorni di superamento del valore bersaglio per la protezione della salute umana è superiore ai 25 giorni consentiti, e la media degli ultimi cinque anni dell'AOT40 è superiore ai 18000 µg/m³*h previsti, anche se i valori del 2008 hanno abbassato molto le medie.

STAZIONE	DECRETO LEGISLATIVO n. 183 del 21/05/04 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										MEDIA degli ultimi 3 anni
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
ALPIGNANO	70	24	*	78	94	41	51	64	89	43	65
BALDISSERO								*	95	72	-
BORGARO	85	96	99	66	100	52	47	44	93	31	56
CHIERI				3 ⁽¹⁾	101	37	43	28	37	14	26
DRUENTO	21	96	68	81	78	84	71	78	95	29	67
LEINI'								*	63	56	-
ORBASSANO	74	104	*	55	85	54	79	55	89	30	58
OULX							0 ⁽⁴⁾	70	73	36	60
PINEROLO				0 ⁽²⁾	33	33	54	68	100	40	69
PINO T.se	148	124	92	95	161	102	95	92	110	- ⁽⁷⁾	-
SUSA				41 ⁽³⁾	76	77	48	57	66	53	59
TO LINGOTTO	71	71	58	70	108	74	65	56	70	74	67
VINOVO	74	101	80	79	100	85	50	54	74	44	57

⁽¹⁾ strumento operativo dal 1/8/02 ⁽²⁾ strumento operativo dal 9/10/02 ⁽³⁾ strumento operativo dal 22/07/02
⁽⁴⁾ strumento operativo dal 29/11/05 ⁽⁵⁾ strumento operativo dal 28/07/06 ⁽⁶⁾ strumento operativo dal 27/07/06
⁽⁷⁾ strumento dismesso il 1/02/08 (*) insufficiente rendimento strumentale

TABELLA 20: ozono: confronto degli ultimi anni con i valori bersaglio per la protezione della salute umana.

In FIGURA 23 è riportata la distribuzione temporale dei superamenti del valore bersaglio per la protezione della salute umana per le stazioni di Torino-Lingotto, rappresentativa di una stazione di fondo urbano, e la stazione di Baldissero Torinese, di fondo rurale posta più in quota. L'ozono presenta un andamento stagionale con massimi di concentrazione nella stagione calda, tipicamente da maggio a settembre, ma nel corso del 2008 si sono verificati superamenti anche in aprile, in corrispondenza dei giorni più caldi e nei mesi di marzo (TO-Lingotto) e ottobre (Baldissero). Il mesi più caldi nel 2008 sono stati quelli di luglio e agosto, nei quali si sono misurati i massimi di ozono, in concomitanza con le alte temperature registrate e le scarse precipitazioni atmosferiche, come si può vedere in FIGURA 24.

STAZIONE	DECRETO LEGISLATIVO n. 183 del 21/05/04 Valore bersaglio per la protezione della vegetazione AOT 40 (18000 µg/m ³ *h)										MEDIA degli ultimi 5 anni
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
BALDISSERO								*	33360	31118	-
DRUENTO	*	37865	37699	49496	54719	41738	41430	48015	38407	18936	37705
PINO T.se	47240	43288	41242	36428	57345	39640	38725	45344	35747	- ⁽¹⁾	-

(*) insufficiente rendimento strumentale ⁽¹⁾ strumento dismesso il 1/02/08

TABELLA 21: ozono, confronto degli ultimi cinque anni con i valori bersaglio per la protezione della vegetazione.

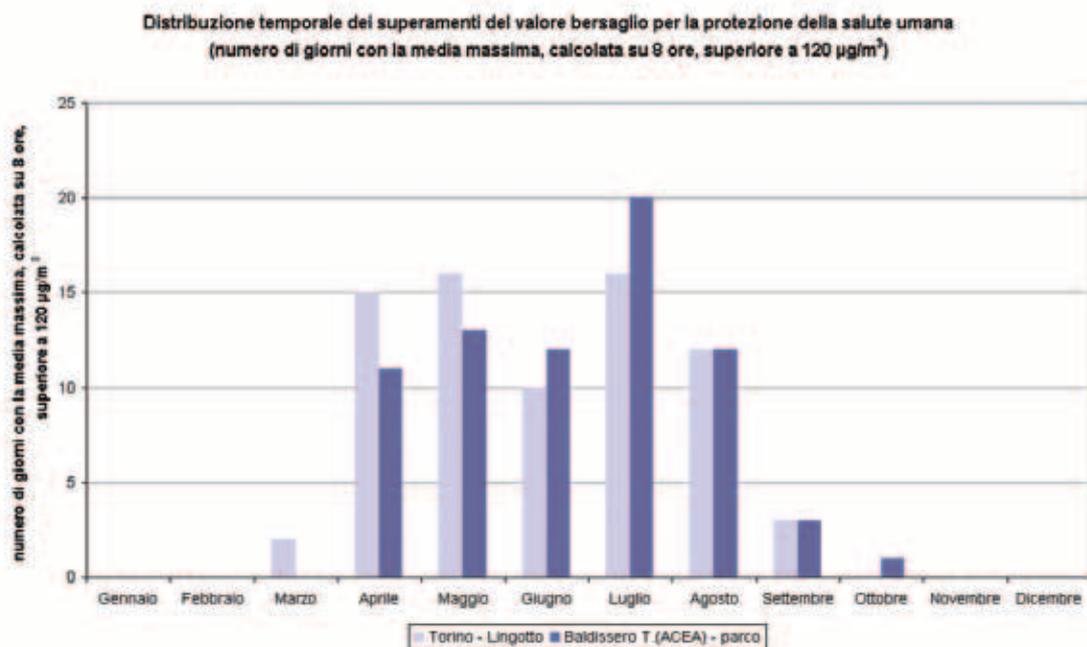


FIGURA 23: distribuzione temporale dei superamenti del valore bersaglio per la protezione della salute umana per le stazioni di Torino-Lingotto e Baldissero Torinese, anno 2008.

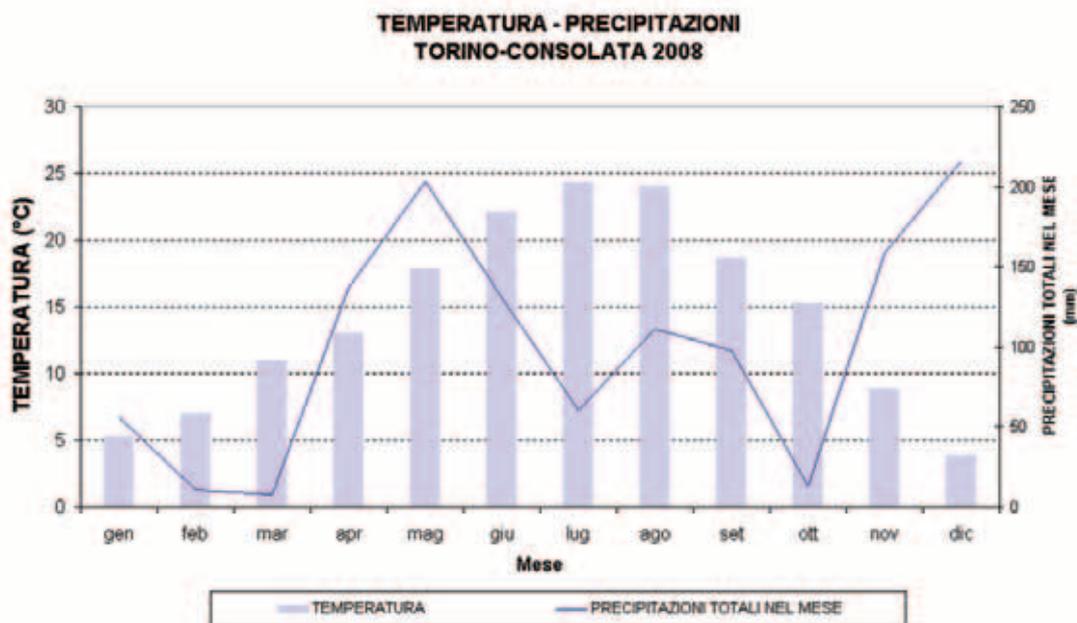


FIGURA 24: temperatura media mensile e precipitazioni totali mensili nella stazione di Torino-Consolata.

In TABELLA 22 sono riportati i valori medi annuali degli ultimi dieci anni. Analizzando tali dati si ha la conferma di quanto evidenziato in questi ultimi anni, ossia che l'ozono è un inquinante sostanzialmente ubiquitario e, a differenza di quanto avviene per gli inquinanti di tipo primario, situazioni critiche possono riscontrarsi in zone distanti dai grossi centri urbani o in zone in quota. Infatti la media annua più alta è quella della stazione di Baldissero Torinese (74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e a seguire quella di Oulx (64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e Susa (58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), stazioni per le quali altri inquinanti, come NO_2 e PM_{10} , sono tra i più bassi registrati dalla rete di monitoraggio. Si può notare inoltre come in nessuno dei siti di misura è rispettato il limite di protezione dei beni materiali di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Confrontando i valori medi delle stazioni di pianura attive da almeno 5 anni (Alpignano, Borgaro, Chieri, Orbassano, Torino-Lingotto e Vinovo) si nota che il 2008 è stato un anno tra i meno critici, al pari degli anni 2002 e 2006, con una media delle medie annuali di 44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

STAZIONE	Valori Medi Annuali ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)										% dati validi
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
ALPIGNANO	53	47	*	50	55	46	46	47	58	48	95
BALDISSERO								*	78	74	95
BORGARO	55	52	52	45	52	46	44	43	53	44	96
CHIERI				39 ⁽¹⁾	52	45	45	42	45	43	97
DRUENTO	39	52	57	51	52	65	55	51	56	43	89
LEINI'								*	47	46	97
ORBASSANO	49	50	*	41	48	45	49	46	51	43	96
OULX							47 ⁽⁴⁾	65	71	64	93
PINEROLO				16 ⁽²⁾	49	52	59	57	66	56	98
PINO T.SE	90	86	92	77	89	77	77	77	81	29⁽⁷⁾	8
SUSA				56 ⁽³⁾	63	60	55	55	63	58	99
TO LINGOTTO	43	42	43	43	52	43	43	40	45	45	94
VINOVO	49	45	46	41	49	43	40	43	47	43	95

⁽¹⁾ strumento operativo dal 1/8/02 ⁽²⁾ strumento operativo dal 9/10/02 ⁽³⁾ strumento operativo dal 22/07/02

⁽⁴⁾ strumento operativo dal 29/11/05 ⁽⁵⁾ strumento operativo dal 28/07/06 ⁽⁶⁾ strumento operativo dal 27/07/06

⁽⁷⁾ strumento dismesso il 1/02/08 (*) insufficiente rendimento strumentale

TABELLA 22: ozono, valori medi annuali nelle stazioni di monitoraggio che rilevano l'ozono.

In TABELLA 23 sono riportati i valori massimi orari degli ultimi dieci anni. Nel 2008 gli episodi più critici si sono verificati l'8 e il 9 maggio, giorni nei quali nella maggioranza delle stazioni i valori medi orari sono stati superiori a 160 µg/m³ per più ore consecutive e nella stazione di Torino-Lingotto i valori hanno superato 180 µg/m³ per 5 ore consecutive, e il 27 giugno, in cui ci sono stati 5 superamenti consecutivi di 180 µg/m³ nella stazione di Alpignano e 6 superamenti consecutivi in Torino-Lingotto. Il 25 luglio inoltre si sono verificati vari superamenti del valore di 180 µg/m³ tra le 14.00 e le 17.00 su più stazioni contemporaneamente (Alpignano, Baldissero, Druento, Leini, Torino-Lingotto).

STAZIONE	Valore Massimo Orario (µg/m ³)									
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
ALPIGNANO	246	245	*	259	247	249	218	267	219	204
BALDISSERO								*	209	190
BORGARO	235	251	271	251	266	238	195	246	262	178
CHIERI				170 ⁽¹⁾	225	186	195	195	187	162
DRUENTO	236	285	324	264	270	269	243	281	307	204
LEINI'								*	230	188
ORBASSANO	268	289	*	241	236	235	198	206	237	178
OULX							95 ⁽⁴⁾	224	208	199
PINEROLO				86 ⁽²⁾	237	168	197	213	249	181
PINO T.SE	233	220	257	262	238	226	206	223	205	-
SUSA				215 ⁽³⁾	228	228	196	235	223	194
TO LINGOTTO	200	225	246	230	242	224	228	201	217	203
VINOVO	193	240	242	203	245	211	201	198	210	178

⁽¹⁾ strumento operativo dal 1/8/02

⁽²⁾ strumento operativo dal 9/10/02

⁽³⁾ strumento operativo dal 22/07/02

⁽⁴⁾ strumento operativo dal 29/11/05

⁽⁵⁾ strumento operativo dal 28/07/06

⁽⁶⁾ strumento operativo dal 27/07/06

⁽⁷⁾ strumento dismesso il 1/02/08

(*) insufficiente rendimento strumentale

TABELLA 23: ozono, valori massimi orari nelle stazioni di monitoraggio che rilevano l'ozono.

L'ozono presenta un andamento tipico giornaliero con massimi nel primo pomeriggio, direttamente correlati con i massimi di temperatura, come evidenziato nell'involuppo medio orario riportato in FIGURA 25.

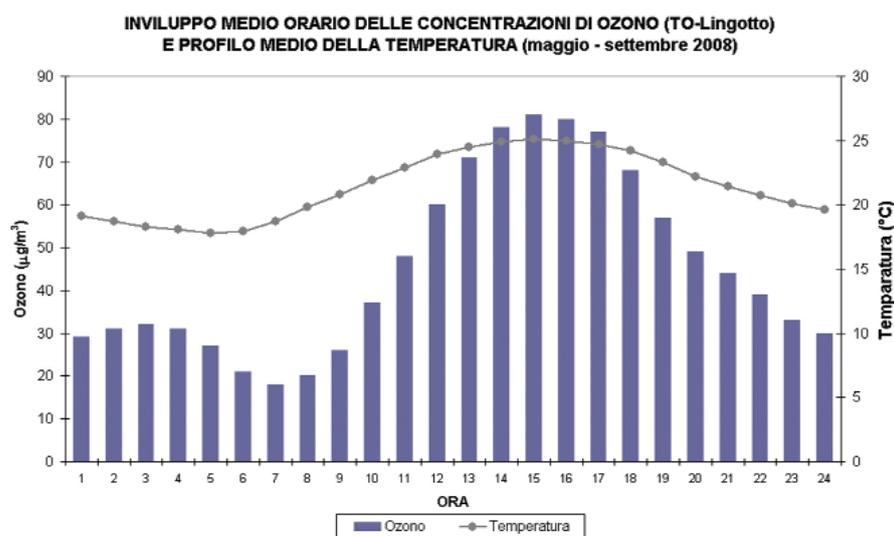


FIGURA 25: ozono, involucro medio orario e profilo medio della temperatura, maggio - settembre 2008.

È interessante confrontare l'involuppo medio orario di stazioni di monitoraggio differenti, rappresentato in FIGURA 26, per poter valutare l'andamento dell'ozono in siti con caratteristiche diverse. Ad esempio a Baldissero Torinese, dove si trova una stazione di fondo rurale sita a 541 m s.l.m., si rilevano concentrazioni di ozono con andamento giornaliero quasi costante con persistenza dell'inquinante anche nelle ore notturne, mentre nelle stazioni di pianura di Torino-Lingotto e Orbassano l'andamento è a campana, con minimi in corrispondenza dei massimi di monossido di azoto, il quale contribuisce alla distruzione dell'ozono. I minimi nelle stazioni di pianura di tipo urbano e suburbano sono molto inferiori rispetto a quelli di Baldissero T.se. Nella stazione di Oulx, pur essendo in quota (1074 m s.l.m.), il comportamento dell'inquinante è intermedio tra quello di Baldissero e le stazioni di pianura, perché si trova in prossimità di una strada ed è soggetta a emissioni da traffico veicolare, in particolare il monossido di azoto; infatti, pur avendo una variabilità di concentrazioni più ridotta rispetto alle stazioni di pianura, mantiene l'andamento tipico a campana.

L'analisi delle serie storiche delle concentrazioni di ozono rilevate nel corso degli ultimi 10 anni (FIGURA 27) mostra una sostanziale stabilità dei valori di concentrazione, con una variabilità dovuta soprattutto alla situazione meteorologica del singolo anno. Le condizioni climatiche, infatti, esercitano un ruolo fondamentale nel determinare le concentrazioni dell'inquinante 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 reazioni di formazione dell'O₃ in presenza di COV (composti organici volatili) e NO_x (ossidi di azoto). Come si può vedere infatti in FIGURA 28, le massime temperature estive si sono registrate nel 2003 e in corrispondenza si sono verificati anche i massimi di ozono, mentre le concentrazioni medie minime si sono rilevate in anni nei quali le medie di temperatura sono state inferiori e le precipitazioni più significative.

A conclusione, si riporta il numero di giorni del 2008 con media massima, calcolata su 8 ore, superiore a 120 µg/m³: tale raffigurazione è fortemente esemplificativa di come gran parte del territorio della provincia di Torino sia interessato in modo omogeneo dal fenomeno di inquinamento da ozono (FIGURA 29).

INVILUPPO MEDIO ORARIO DELLE CONCENTRAZIONI DI OZONO PER L'ANNO 2008

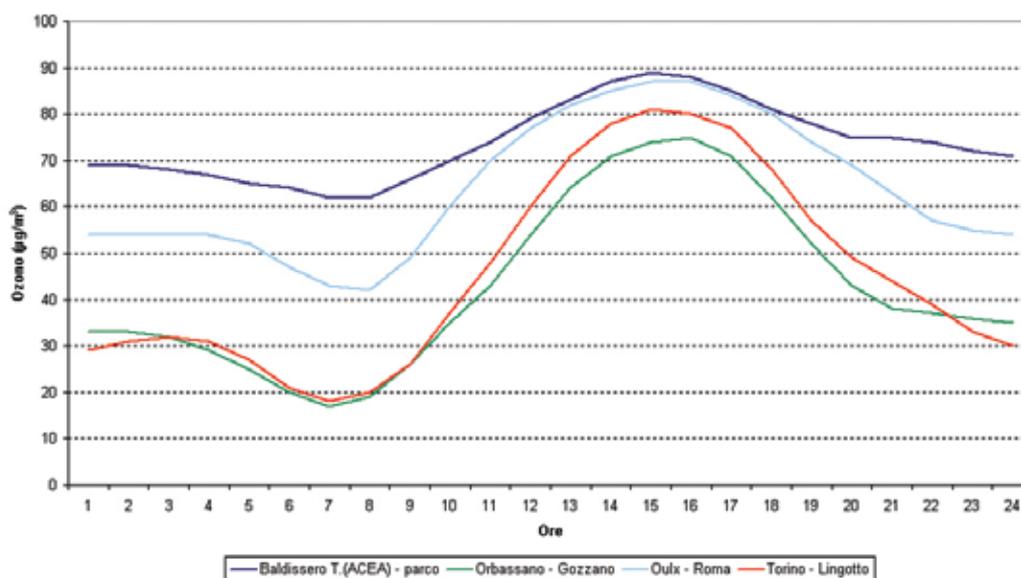


FIGURA 26: ozono, involuppo medio orario di alcune stazioni di monitoraggio per l'intero anno 2008.

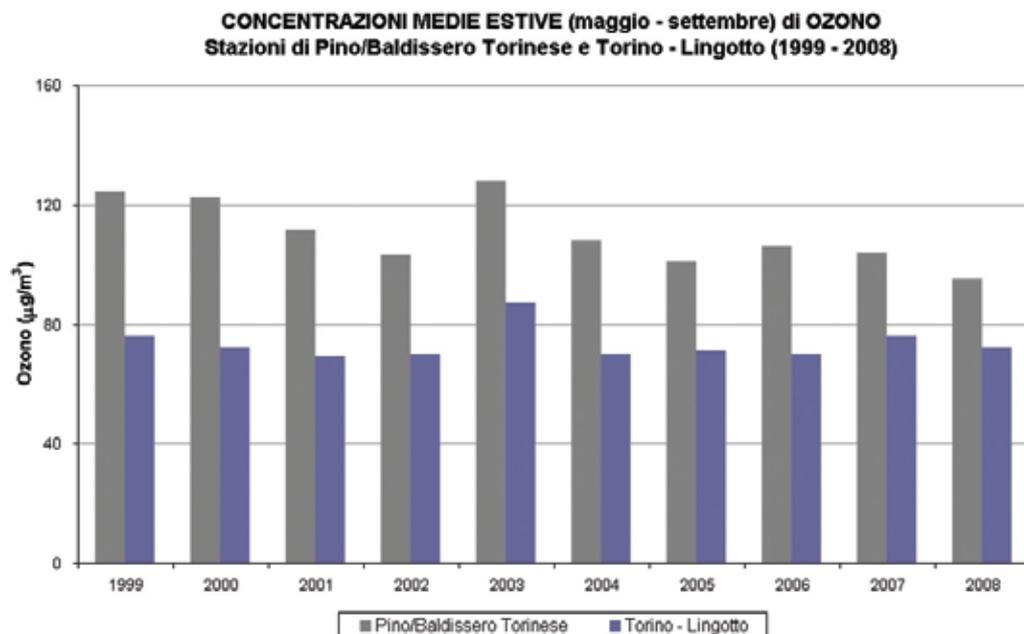


FIGURA 27: ozono, medie del periodo maggio-settembre degli ultimi 10 anni (per l'anno 2008 i valori considerati sono quelli registrati presso la stazione di Baldissero Torinese).

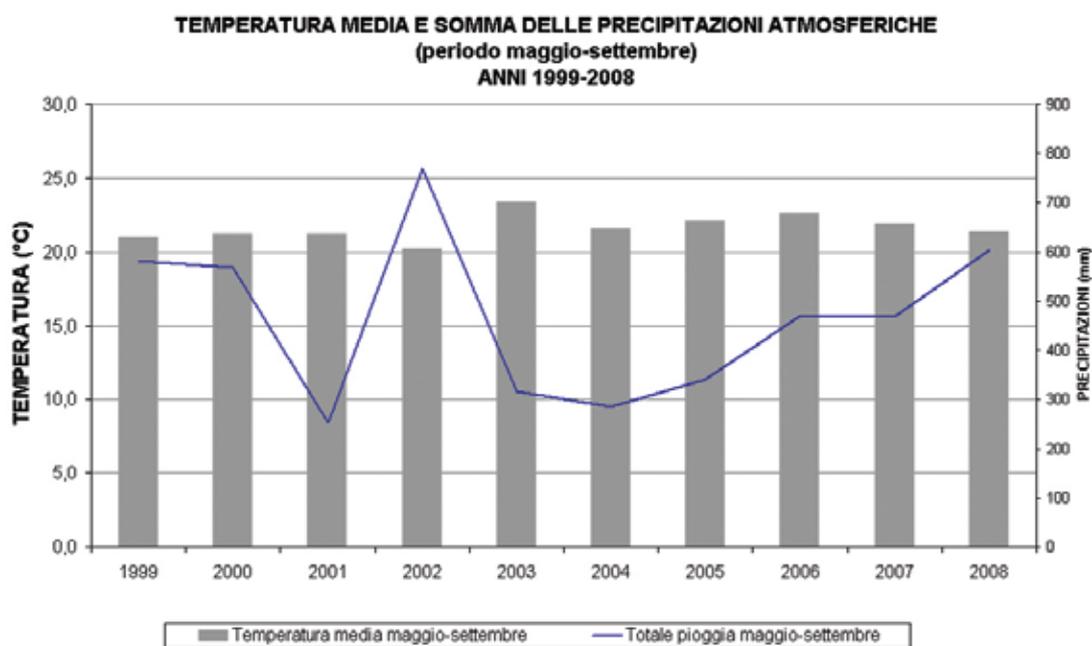


FIGURA 28: Temperatura media e somma delle precipitazioni atmosferiche, relativamente al periodo maggio-settembre 1999-2008, stazioni di Torino - Buon Pastore (fino al 2003) e Torino Consolata (dal 2004 in poi).

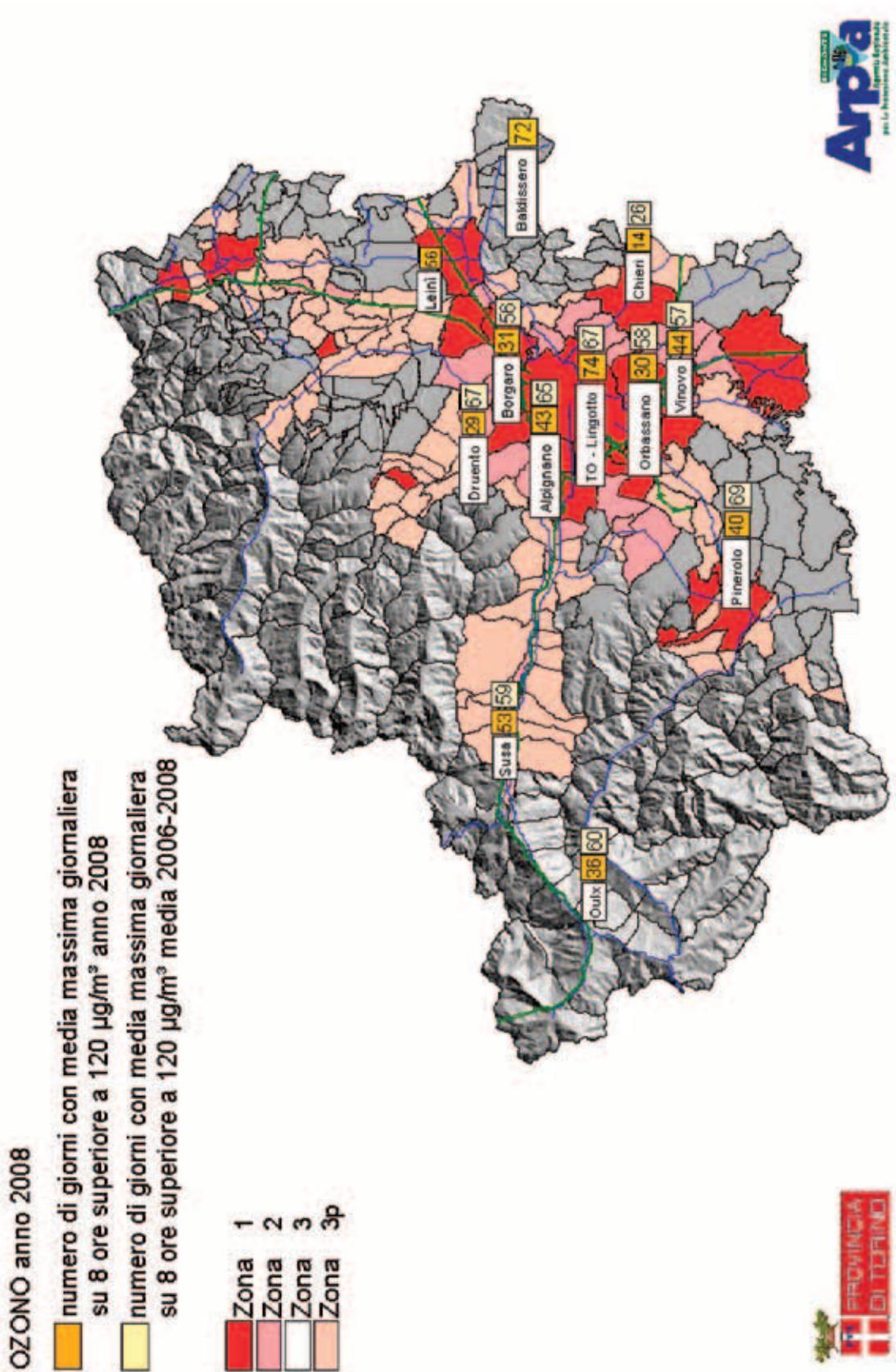


FIGURA 29: carta riportante il numero di giorni del 2008 e nel periodo 2006-2008 con media massima, calcolata su 8 ore, superiore a 120 µg/m³

*Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:
L. Pallavidino e D. Maria, Provincia di Torino*

DESCRIZIONE

Il benzene presente in atmosfera viene prodotto dall'attività umana, in particolare dall'uso del petrolio, degli oli minerali e dei loro derivati.

La maggior fonte di esposizione per la popolazione deriva dai gas di scarico degli autoveicoli, in particolare dei veicoli alimentati a benzina; stime effettuate a livello di Unione Europea attribuiscono a questa categoria di veicoli più del 70% del totale delle emissioni di benzene.

Il benzene è presente nelle benzine come tale e si produce inoltre durante la combustione a partire soprattutto da altri idrocarburi aromatici. La normativa italiana in vigore fissa, a partire dal 1 luglio 1998, il tenore massimo di benzene nelle benzine all'uno per cento.

DANNI CAUSATI

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.

Una 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.

METODO DI MISURA

Le misure nella stazione posta nella città di Torino sono state effettuate mediante un sistema gascromatografico in continuo dotato di rivelatore a fotoionizzazione. Dal 2 maggio 2005 è in funzione un analizzatore di benzene anche presso la stazione di rilevamento di Rivoli.

L'unità di misura con la quale vengono misurate le concentrazioni di benzene è il microgrammo al metro cubo (µg/m³) e il valore limite per la protezione della salute umana secondo il D.M. 2/4/2002 n. 60, è di 5 µg/m³ da rispettare entro il 1/1/2010 (per le novità apportate dalla Direttiva 2008/50/CE vedi pagina 19).

ESAME DEI DATI

L'analisi del benzene è stata compiuta storicamente con prelievi discontinui tramite fiale di carbone attivo e, a partire dal 1995, anche con strumentazione in continuo.

Nella stazione di via Consolata nel 2008 è stato registrato un valore medio annuo di 3,4 µg/m³. Tale dato è allineato a quello dei tre anni precedenti.

Negli anni 1996-2008 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. Negli ultimi quattro anni le concentrazioni medie annue si sono stabilizzate attorno ad un valore ampiamente inferiore al limite di 5 µg/m³.

Nel Comune di Rivoli nel 2008 la media dei valori rilevati è pari a 3,2 µg/m³.

In conclusione si evidenzia che, in entrambe le postazioni, è ampiamente rispettato il limite di 10 µg/m³ previsto per il 31/12/2005 e di 5 µg/m³ su base annuale da raggiungere entro il 1/1/2010.

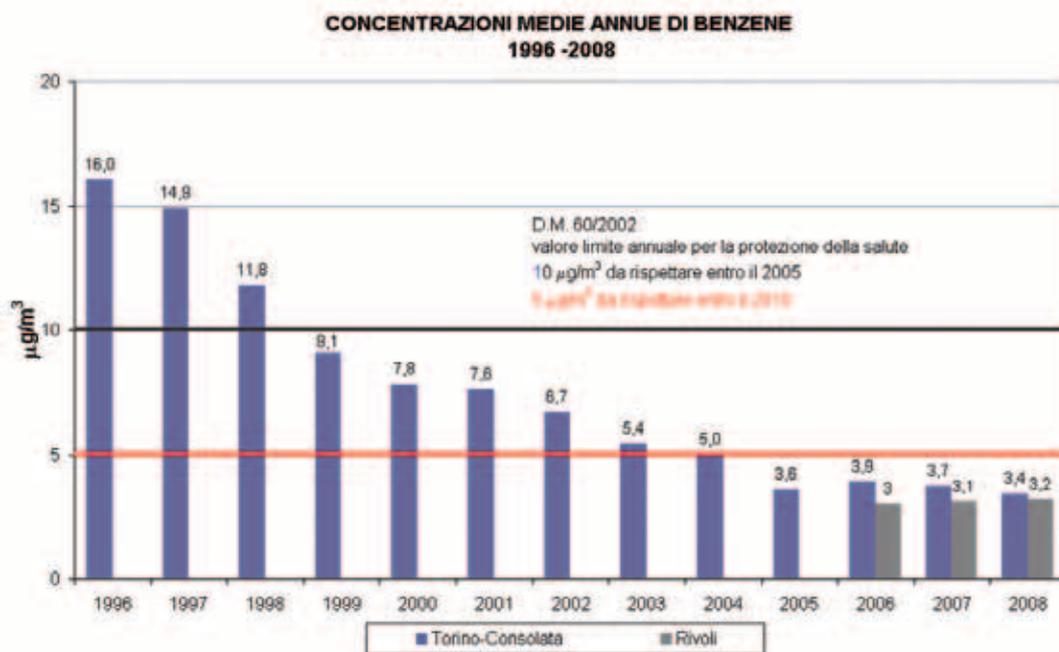


FIGURA 30: concentrazioni medie annue di benzene rilevate negli anni 1996-2008.

**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) poiché veicolati dal particolato atmosferico.

La loro origine è varia, Cd, Cr e As provengono principalmente dalle industrie minerarie e siderurgiche, Cu e Ni da processi di combustione, Co e Zn da materiali cementizi ottenuti con il riciclaggio degli scarti delle industrie siderurgiche e degli inceneritori.

Di seguito si riportano informazioni sui metalli per i quali, sulla base delle indicazioni contenute nella normativa vigente, viene monitorata la concentrazione nel particolato aerodisperso.

L'ARSENICO è presente disperso nell'aria in forma sia organica, sia inorganica; quest'ultima è quella prevalente e in essa si ritrovano sia composti di arsenico trivalente che pentavalente. La fonte naturale principale è l'attività vulcanica, con contributi secondari dagli esudati della vegetazione e dagli incendi delle foreste. Come fonti emmissive antropiche si individuano i processi di fusione dei metalli (soprattutto rame e piombo), l'estrazione dai minerali dell'oro, la combustione della lignite di qualità inferiore e di carbone ricco di arsenico, la produzione dell'arsenuro di gallio nell'industria microelettronica, le attività di demolizione delle caldaie a petrolio, l'estrazione mineraria del metallo stesso, il fumo di sigaretta ed alcuni prodotti per il trattamento e la conservazione del legno.

Il CADMIO in natura è molto raro e si ritrova generalmente in associazione con lo zinco. Quasi il 90% delle emissioni di cadmio nell'aria deriva da fonti antropiche, principalmente dalla fusione e dal raffinamento dei metalli non ferrosi, dalla combustione di combustibile fossile e dall'incenerimento dei rifiuti urbani, mentre la principale fonte naturale sono le emissioni vulcaniche. Si noti in anni recenti un sempre maggior impiego di questo metallo nella fabbricazione di batterie ricaricabili (nichel-cadmio) e di accumulatori energetici, nonché nell'industria elettronica e in quella aerospaziale.

Il NICHEL è un metallo poco presente sulla crosta terrestre (0,008% in peso), contrariamente al nucleo dove è un componente principale. Per le sue caratteristiche di metallo è utilizzato molto nell'industria dell'acciaio e delle leghe, soprattutto per i componenti elettrici. Nelle nostre case è frequente la presenza sotto forma di lega, soprattutto nei vari elettrodomestici, ma anche tra i materiali da costruzione; è molto usato nell'industria della numismatica, in quella aerospaziale e in quella chimica. Più del 70% del nichel immesso in atmosfera deriva dai fumi sviluppatosi nei processi di fusione, di incenerimento dei rifiuti urbani e dal fumo di sigaretta (circa 0,04 - 0,58 µg di nichel sono liberati con il fumo di una sigaretta). Si è stimato che in media si inalano da 0,1 - 0,8 µg /giorno di nichel, essendovi una concentrazione di 5 - 40 ng/m³ in aria ambiente; fumare 40 sigarette al giorno può condurre ad un'inalazione di 2 - 23 µg di nichel.

Il PIOMBO è un metallo che si presenta in natura sia in forma inorganica che organica. Le concentrazioni di piombo nell'aria nelle zone industriali e nelle aree urbane con alta densità di traffico sono diminuite costantemente in questi ultimi 15 anni, grazie alla riduzione delle emissioni industriali, all'eliminazione del piombo nella benzina e all'adozione di sistemi di raccolta e riciclaggio delle batterie per auto. Tuttavia il piombo viene ancora utilizzato in medicina, nelle industrie siderurgiche ed in quelle delle vernici speciali.

DANNI CAUSATI

L'effetto dei metalli pesanti sull'organismo umano dipende dalle modalità di assunzione del

metallo, nonché dalle quantità assorbite. Lo zinco, il rame, il cobalto, il nichel ed il cromo, ad esempio, sono oligoelementi necessari all'organismo (fabbisogno giornaliero: Zn= 15 - 20 mg, Cu= 2 - 6 mg, Cr= 5 - 200 mg, Co= 0,1 mg) 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 α_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. Il rischio di intossicazione da piombo è particolarmente grave nei bambini ed è determinato dal danno subclinico (piombemia < 25 mg/dl) con misconoscimento dello stato di intossicazione che può condurre a gravi alterazioni della crasi ematica e a grave ritardo mentale.

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.

METODO DI MISURA

Il particolato sospeso PM_{10} presente in un volume noto di aria viene raccolto su filtri in fibra di quarzo, con frequenza giornaliera. Da ogni singolo filtro è prelevata una porzione di superficie nota che viene successivamente aggregata con quelle relative ai filtri dello stesso mese per una data stazione in modo da costituire un campione mensile. Il campione così composto viene sottoposto ad un trattamento di mineralizzazione con acido nitrico e perossido di idrogeno in forno a microonde al fine di portare in soluzione gli ioni metallici. La concentrazione di Pb, Cd, As e Ni, nella soluzione così ottenuta, è determinata mediante spettrometria di massa ICP - MS (spettrometro di massa a quadrupolo con sorgente al plasma). Il metodo utilizzato è l'UNI EN 14902:2005 (Qualità dell'aria ambiente - Metodo normalizzato per la misurazione di Pb, Cd, As e Ni nella frazione PM_{10} del particolato in sospensione).

ESAME DEI DATI

Nelle tabelle poste a conclusione del capitolo si riportano le concentrazioni medie annuali di arsenico, cadmio, nichel e piombo nel materiale particolato aerodisperso (frazione PM_{10} e nel caso della stazione TO-Lingotto anche frazione $\text{PM}_{2,5}$) campionato in 12 stazioni ubicate in provincia di Torino. I dati sono relativi all'ultimo decennio, 1999-2008, anche se, anteriormente al 2004, sono disponibili solo per un numero limitato di siti e non per tutti e quattro gli elementi. Le concentrazioni di As, Cd e Ni sono espresse in ng/m^3 , quelli relativi al piombo in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Per una corretta lettura e interpretazione dei dati riportati sono necessarie alcune precisazioni e osservazioni :

- i dati della stazione di Ivrea fino a novembre 2006 sono riferiti al sito di P.zza Freguglia, caratterizzato da elevati flussi veicolari, mentre dal mese di dicembre 2006 sono relativi al

sito di Viale della Liberazione, ubicato in una zona di tipo residenziale, più rappresentativa dell'esposizione media della popolazione in accordo con le Linee Guida nazionali in materia. Per le stesse ragioni a partire dal mese di aprile del 2007 la stazione di TO - Gaidano è stata trasferita in V. Rubino, sito a carattere ricreativo - residenziale caratterizzato da un minore flusso veicolare;

- nella stazione di TO - Lingotto, a partire dal 2006, il PM_{10} è determinato con uno strumento, certificato ai sensi del DM 60/2002, che determina la massa di particolato mediante la misurazione dell'attenuazione di radiazioni beta prodotte da una sorgente radioattiva interna allo strumento stesso, mentre in tutte le altre stazioni e nel caso della frazione $PM_{2,5}$ della stessa stazione la determinazione è di tipo gravimetrico. Inoltre per l'anno 2006 i dati sono disponibili solo per il periodo da maggio a dicembre;
- le medie annuali indicate in tabella per ogni stazione sono ricavate a partire dalle medie giornaliere, e possono presentare leggere differenze rispetto al valore ricavabile a partire dalle medie mensili (a cui si fa riferimento nella valutazione dell'andamento stagionale) a causa del diverso peso statistico di ciascun mese;
- a seguito dei cambiamenti intervenuti sia a livello normativo che analitico, nel corso del decennio considerato (1998-2007) non vi sono state condizioni di omogeneità sia in merito alle modalità di campionamento (supporto filtrante, durata, frequenza e flusso) che relativamente alla tecnica analitica impiegata. In particolare nel corso del 1998 e del 1999 si sono impiegati filtri in membrana di cellulosa, tra il 2000 e il 2005 filtri in fibra di vetro e a partire dal 2006 filtri in quarzo; tra il 1998 e il 2003 le analisi sono state condotte mediante spettroscopia di assorbimento atomico, a partire dai filtri dell'annata 2004 si è impiegata la spettrometria di massa con sorgente al plasma; a partire dal 2004 si sono condotte analisi su aliquote di particolato relative a campionamenti con frequenza giornaliera, della durata di 24 ore e condotti con strumentazioni operanti con un flusso di $2,3 \text{ m}^3/\text{h}$, in precedenza ci si riferiva a campionamenti settimanali o bisettimanali, di durata variabile (8,12 o 24 ore) e condotti con strumentazione operante a $1 \text{ m}^3/\text{minuto}$;
- la valutazione del contenuto di As, Cd, Ni e Pb nei supporti filtranti impiegati è stata condotta in modo sistematico su tutti i lotti di filtri usati e con un numero significativo di prove solo a partire dal 2006. Pertanto, i dati relativi alle annate precedenti potrebbero risentire di contributi dovuti al supporto filtrante che non sono stati messi in luce dalle determinazioni effettuate del cosiddetto "valore di bianco". Con riferimento alle indicazioni presenti in letteratura¹² i livelli di As, Cd, Ni e Pb risultano più elevati in filtri a base di cellulosa e di fibra di vetro, che sono proprio quelli impiegati anteriormente al 2006. Le analisi condotte sui filtri in quarzo impiegati nel corso del 2007 e 2008 indicano livelli di arsenico e cadmio sempre inferiori al limite di quantificazione strumentale, mentre talvolta i supporti filtranti possono presentare tracce di piombo e nichel. Per tale motivo è stata redatta una procedura tecnica interna di Arpa che permette di quantificare tali contaminazioni e di utilizzare solo matrici che soddisfino i requisiti di qualità previsti dalla procedura stessa;
- nel corso del 2007 e 2008 le medie annuali relative all'arsenico sono risultate, in tutte le stazioni, inferiori al limite di quantificazione del metodo analitico ($0,1 \text{ } \mu\text{g}$). I dati riportati in TABELLA 24 per gli anni 2007 e 2008 sono stati ottenuti assumendo una massa di As pari a metà del limite di quantificazione e calcolando le corrispondenti concentrazioni in ng/m^3 sulla base dei volumi di aria campionata e della porzione di filtro sottoposta ad analisi (nelle condizioni medie di campionamento adottate, $0,05 \text{ } \mu\text{g}$ di As quantificati nella porzione di filtro sottoposta ad analisi corrisponderebbero ad una concentrazione in aria ambiente di circa $0,7 \text{ ng}/\text{m}^3$).

Sulla base di quanto esposto sopra, i dati delle annate precedenti vanno utilizzati con cautela per elaborazioni e valutazioni degli andamenti dei livelli di metalli nel particolato du-

¹² Metodo UNI EN 14902:2005 – appendice B;

"Ambient air pollution by As, Cd and Ni compounds" – Position Paper, pg. 249.

rante l'ultimo decennio; per tale motivo nella discussione che segue si andranno a considerare in particolare gli ultimi tre anni (FIGURA 33 - FIGURA 36) per i quali vi è omogeneità sia per il metodo di analisi sia per le modalità di campionamento.

In generale, dalle tabelle e figure di seguito riportate, si osserva un progressivo miglioramento della qualità dell'aria per quanto riguarda la presenza di metalli pesanti nelle polveri inalabili, infatti passando dal 2006 al 2008 nelle stazioni di monitoraggio si è registrata una generale diminuzione delle concentrazioni di arsenico, cadmio, nichel e piombo.

I dati relativi alla concentrazione di **arsenico** (TABELLA 24) indicano che come nel 2007, anche nel 2008 in tutte le stazioni è ampiamente rispettato il valore obiettivo, previsto per il 2012, di 6 ng/m³. In pressoché tutti i campioni analizzati durante l'anno, la quantità di As è risultata inferiore al limite di quantificazione del metodo (0,1 µg, corrispondenti a circa 1,4 ng/m³ nelle condizioni medie di campionamento). Questo parametro non desta preoccupazione neppure nei siti caratterizzati da traffico veicolare o presenza di attività industriali. Considerando l'insieme dei dati disponibili sull'intero decennio 1999-2008 non si riscontra alcun superamento del valore obiettivo in nessuna delle stazioni; inoltre si può notare che la maggior parte dei dati si collocano anche al di sotto della soglia di valutazione superiore.

Per quanto riguarda il **cadmio** (TABELLA 25) nel corso del 2008 in tutte le stazioni la media annuale è significativamente inferiore al valore obiettivo, previsto per il 2012, di 5 ng/m³, infatti tutti i valori sono di oltre un ordine di grandezza più bassi rispetto a tale limite. Rispetto agli anni precedenti (FIGURA 35) si osserva un progressivo miglioramento dei livelli di questo parametro e confrontando i dati degli ultimi due anni in media vi è stata una diminuzione del 35% dei valori. I siti con i livelli più bassi sono Susa (0,11 ng/m³), Buttigliera e Druento-La Mandria, mentre valori circa doppi sono stati registrati nelle centraline metropolitane di Grassi e Consolata (media annuale di 0,38 ng/m³). Sono comunque rispettate anche le soglie di valutazione superiore (2,4 ng/m³) e inferiore (2,0 ng/m³).

Considerando l'insieme dei dati disponibili per il decennio 1999-2008 non si riscontra alcun superamento del valore obiettivo in nessuna delle stazioni; inoltre si può notare come la maggior parte dei dati si collocano anche al di sotto della soglia di valutazione superiore.

I dati relativi alla concentrazione di **nichel** (TABELLA 26) indicano che nel 2008 la media annuale è in tutte le stazioni inferiore al valore obiettivo previsto per il 2012 di 20 ng/m³, e rispetto al 2007 è rispettata anche la soglia di valutazione inferiore (10 ng/m³). La FIGURA 36 mostra la progressiva diminuzione negli anni dei livelli di nichel nell'aria, e se le concentrazioni del 2006 potevano essere influenzate dai contenuti del metallo nel supporto filtrante, a partire dal 2007 tale problematica è sicuramente meno significativa e i dati degli ultimi due anni sono direttamente confrontabili con diminuzioni in media del 40%.

I livelli maggiori sono stati registrati nelle centraline site nel comune di Torino a To-Grassi (8,22 ng/m³), via Consolata e P.zza Rivoli, mentre il valore più basso è quello relativo a Susa pari a 2,45 ng/m³.

Per quanto riguarda il **piombo** (TABELLA 27) nel corso del 2008 si osserva un ulteriore miglioramento rispetto agli anni precedenti. I valori sono più di un ordine di grandezza inferiori al limite previsto dal D.M. 60/2002 (0,5 µg/m³), confermando la tendenza al netto miglioramento della qualità dell'aria relativamente a questo parametro, determinata dall'eliminazione dal commercio della benzina super, che conteneva composti di questo metallo come antidetonanti. Il valore più elevato è relativo alla stazione di TO-Grassi (0,020 µg/m³), mentre il minimo è stato registrato a Druento-La Mandria, pari a 0,007 µg/m³.

Osservando la serie storica riportata in FIGURA 31, è evidente come attualmente i valori siano inferiori di due ordini di grandezza rispetto a quelli registrati all'inizio degli anni '70 e di un ordine di grandezza rispetto alla prima metà degli anni '90.

In FIGURA 32 per l'anno 2008 è riportato l'andamento stagionale del piombo nelle stazioni di TO-Grassi, To-Consolata e Druento. Si osserva come, analogamente a quanto accade per il PM₁₀, i valori più elevati si manifestano nel corso del semestre freddo dell'anno, generalmente nei mesi di gennaio, febbraio e dicembre, mentre nei mesi estivi si registrano i valori più bassi. Andamenti equivalenti si osservano nelle altre stazioni e anche per i metalli

nicel e cadmio, mentre per l'arsenico non è possibile svolgere delle considerazioni sull'andamento mensile della concentrazione, poiché essa è sempre risultata inferiore al limite di quantificazione in tutte le stazioni.

In TABELLA 28 si riportano le percentuali in massa di cadmio, nichel e piombo nel PM_{10} (e per quanto riguarda la stazione TO-Lingotto anche nel $PM_{2.5}$) relative alle medie annuali del 2007 e 2008; questo tipo di elaborazione non è stata possibile per i dati di arsenico poiché risultano sempre al di sotto del limite di quantificazione del metodo. Nel valutare i dati della stazione TO-Lingotto PM_{10} bisogna considerare che, come già riportato in precedenza, la determinazione della concentrazione di particolato è stata effettuata con un metodo diverso (attenuazione di una radiazione beta) rispetto a quello impiegato in tutte le altre stazioni (gravimetrico).

Confrontando i dati del 2008 con quelli del 2007 si evidenzia che oltre alla diminuzione delle concentrazioni assolute, descritte nei paragrafi precedenti, vi è un generale impoverimento nei contenuti percentuali di Cd, Ni e Pb nelle polveri¹³. La diminuzione dei valori dei metalli nel 2008 è quindi maggiore di quanto ci si aspetterebbe in base alla sola diminuzione delle concentrazioni di PM_{10} rispetto al 2007, e sembrerebbe quindi attribuibile anche ad altri fenomeni ed in particolare a un miglioramento della qualità complessiva delle fonti emmissive. Tale ipotesi andrà comunque confermata negli anni successivi data la limitata serie storica disponibile.

La diminuzione dei livelli dei tre metalli determina comunque una minore variabilità delle percentuali in massa calcolate nei vari siti, per cui non emergono sostanziali differenze tra le varie tipologie di stazioni o tra stazioni distribuite su aree diverse del territorio provinciale.

Per la stazione di TO-Lingotto in cui sono campionati sia il PM_{10} che il $PM_{2.5}$ è possibile confrontare il contenuto di metalli nelle due frazioni di particolato. Cadmio e nichel hanno percentualmente la stessa presenza nelle due frazioni, mentre la frazione di polveri più sottili risulta maggiormente arricchita di piombo.

Nel complesso i dati di concentrazione dei metalli nel particolato aerodisperso mettono in luce una situazione esente da criticità: in tutte le stazioni della provincia di Torino nell'ultimo decennio non si sono avuti superamenti dei valori obiettivo/limite indicati dalle normative per quello che riguarda arsenico, cadmio e piombo e solo un numero limitato di superamenti per quello che concerne il nichel. Con riferimento ai dati degli anni 2006 e 2008 le medie annue determinate sono del tutto confrontabili, se non inferiori, rispetto a quelle riportate per altre aree europee, sia nel caso di siti rurali che urbani, in particolare per quello che riguarda arsenico, cadmio e piombo¹⁴. Tale situazione è dovuta all'assenza nell'area geografica di interesse della principale fonte naturale di questi metalli, i vulcani, e alla contemporanea 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.

¹³ "Ambient air pollution by As, Cd and Ni compounds" – Position Paper, pgg. 25-29; Salma et al., "Fine structure of mass size distributions in an urban environment", *Atmospheric Environment*, 39, (2005), 5363.

¹⁴ "Ambient air pollution by As, Cd and Ni compounds" – Position Paper, pgg. 47-56; Rodríguez et al., "Sources and processes affecting levels and composition of atmospheric aerosol in the western Mediterranean", *Journal of Geophysical Research*, 107, (2002), AAC12/1; Voutsas et al., "Elemental composition of airborne particulate matter in the multi-impacted urban area of Thessaloniki, Greece", *Atmospheric Environment*, 36, (2002), 4453; Vecchi et al., "The role of atmospheric dispersion in the seasonal variation of PM1 and PM2.5 concentration and composition in the urban area of Milan (Italy)", *Atmospheric Environment*, 38, (2004), 4437; Perrino et al., "Inorganic constituents of urban air pollution in the Lazio region (Central Italy)", *Environmental Monitoring Assessment*, 136, (2008), 69.

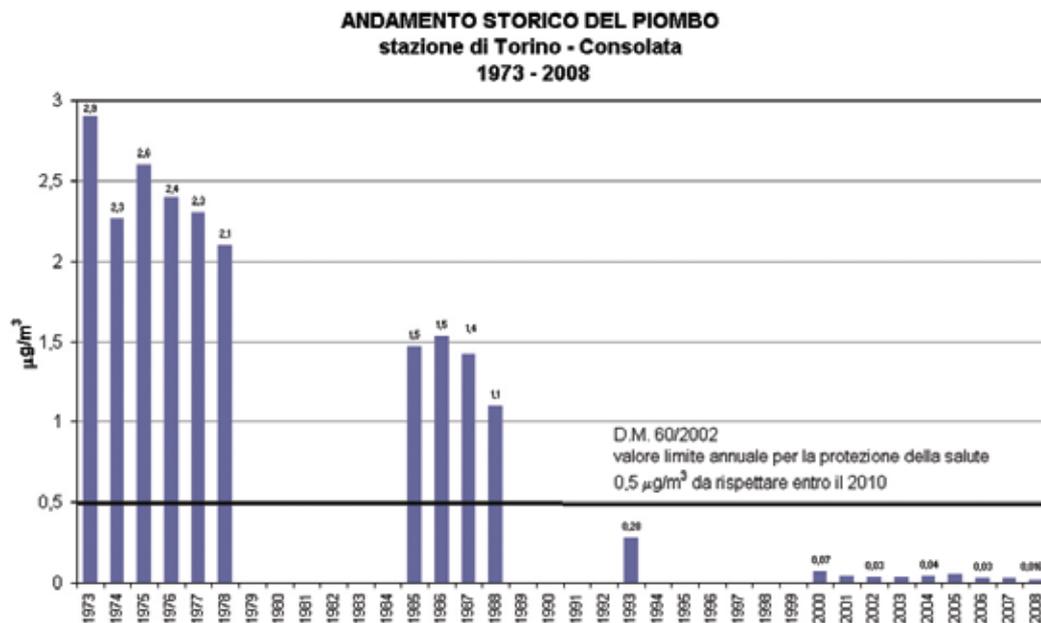


FIGURA 31: parametro piombo, medie annuali misurate presso la stazione di TO-Consolata nel periodo 1973 – 2008.

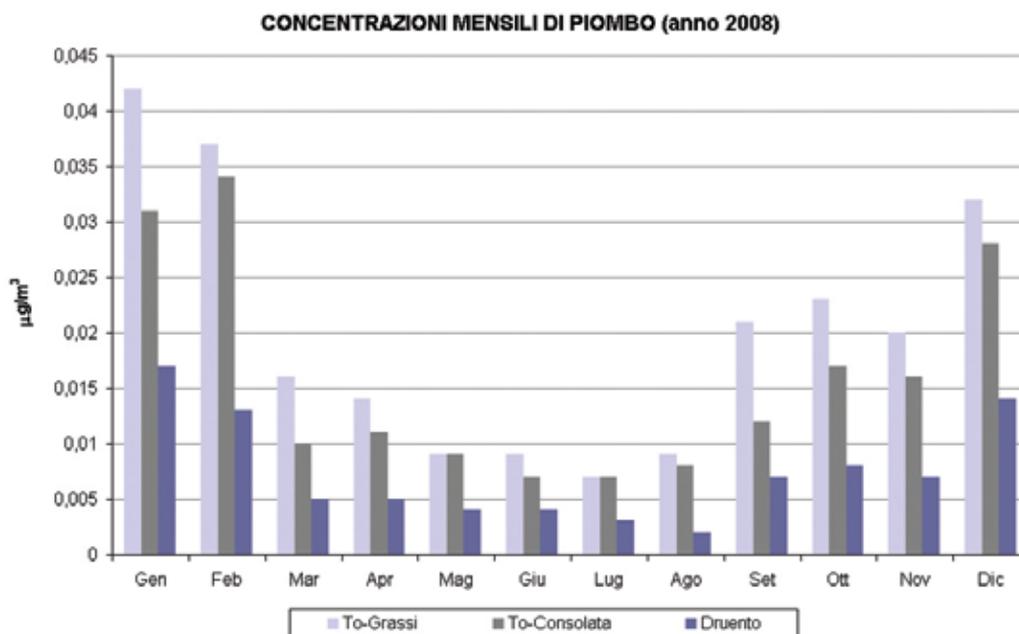


FIGURA 32: andamento stagionale del piombo, stazioni TO-Consolata, Druento e TO-Grassi.

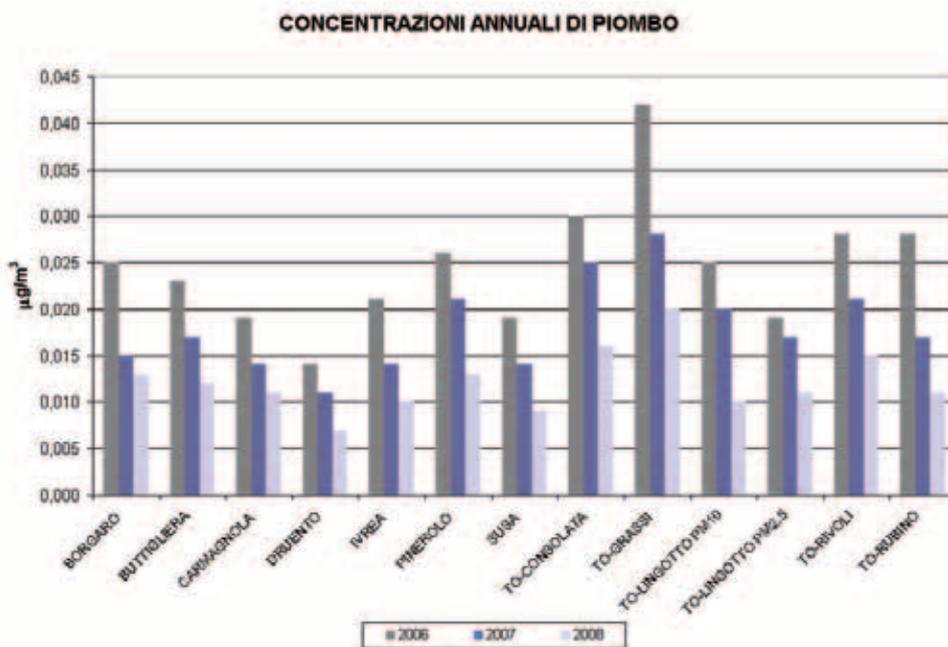


FIGURA 33: concentrazioni annuali del piombo, confronto anni 2006-2008.

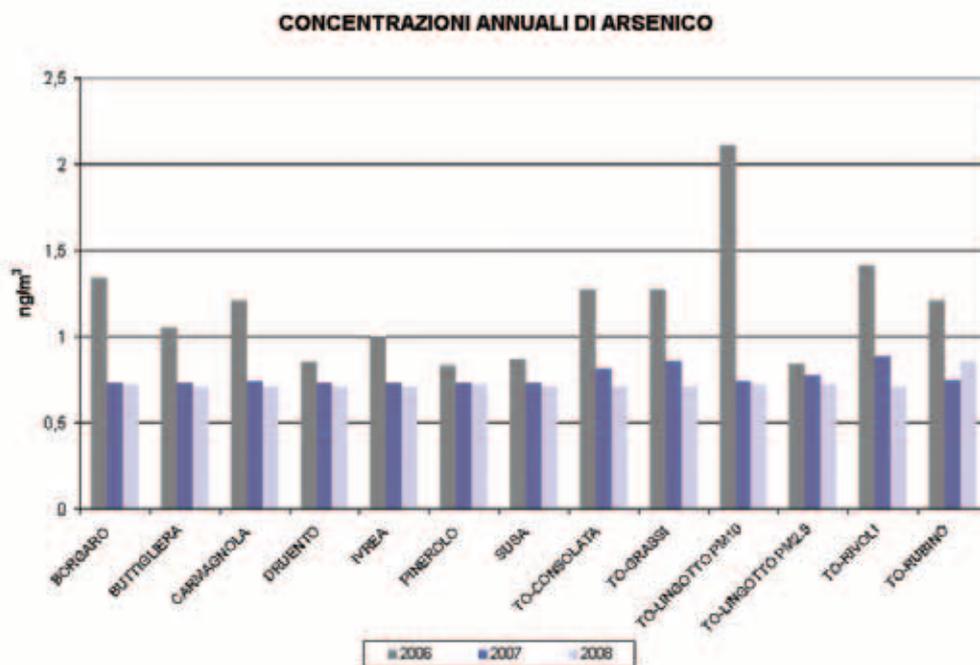


FIGURA 34: concentrazioni annuali dell'arsenico, confronto anni 2006-2008

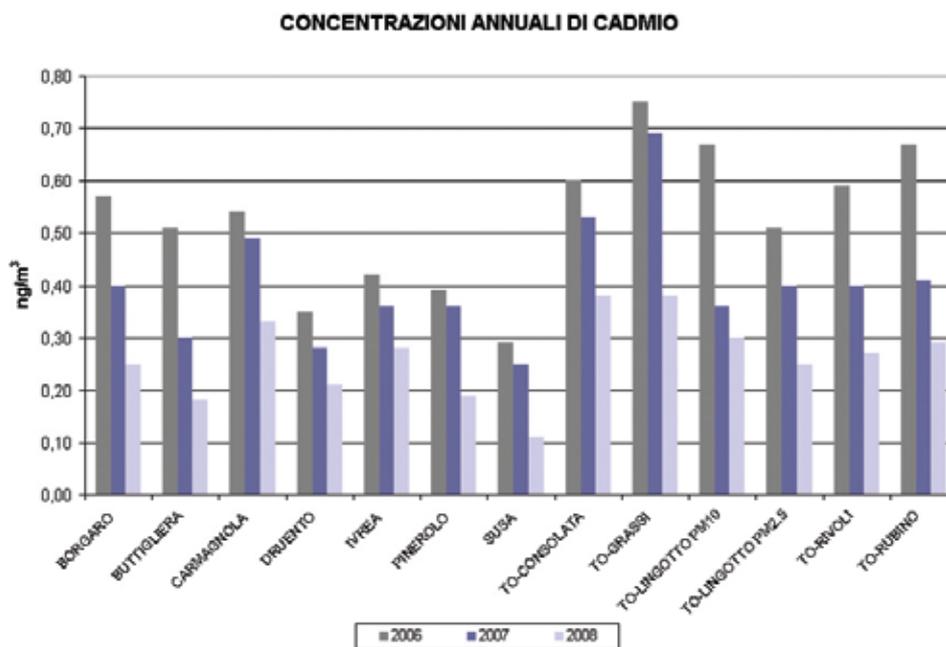


FIGURA 35: concentrazioni annuali del cadmio, confronto anni 2006-2008.

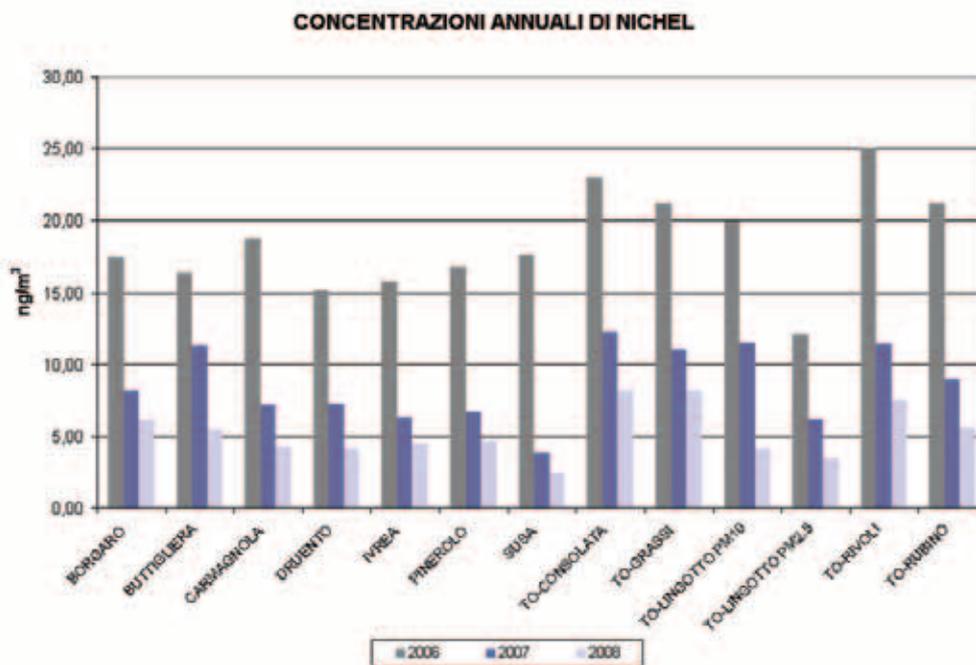


FIGURA 36: concentrazioni annuali del nichel, confronto anni 2006-2008.

STAZIONE	Rendimento strumentale 2008 (% dati validi)	Concentrazione media annuale di ARSENICO nel materiale particolato aerodisperso (ng/m ³)									
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
BORGARO	90%	-	-	-	1,4	-	2,67	3,54	1,34	0,73	0,72
BUTTIGLIERA	92%	-	-	-	0,9	-	2,69	4,31	1,05	0,73	0,71
CARMAGNOLA	87%	-	-	-	0,5	-	2,52	3,77	1,21	0,74	0,71
DRUENTO	91%	-	-	-	-	-	2,04	4,13	0,85	0,73	0,71
IVREA ⁽¹⁾	89%	-	-	-	-	-	2,33	3,59	1,00	0,73	0,71
PINEROLO	90%	-	-	-	-	-	2,29	3,23	0,83	0,73	0,72
SUSA	91%	-	-	-	-	-	2,11	3,34	0,87	0,73	0,71
TO-CONSOLATA	92%	-	-	-	0,5	-	2,27	2,7	1,27	0,81	0,71
TO-GRASSI	82%	-	-	-	1,6	-	2,6	4,73	1,27	0,86	0,71
TO-LINGOTTO PM ₁₀	94%	-	-	-	-	-	-	-	2,11	0,74	0,72
TO-LINGOTTO PM _{2,5}	86%	-	-	-	-	-	-	-	0,84	0,77	0,72
TO-RIVOLI	73%	-	-	-	-	-	2,36	3,83	1,41	0,88	0,71
TO-RUBINO ⁽²⁾	84%	-	-	-	-	-	2,27	4,17	1,21	0,75	0,86

1) fino al 04/11/2006 la stazione era ubicata in Piazza Freguglia.

2) fino al 30/03/2007 la stazione era ubicata in Via Gaidano.

TABELLA 24: concentrazioni medie annuali di arsenico determinate su PM₁₀ e PM_{2,5} – 1999-2008.

STAZIONE	Rendimento strumentale 2008 (% dati validi)	Concentrazione media annuale di CADMIO nel materiale particolato aerodisperso (ng/m ³)									
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
BORGARO	98%	-	-	-	0,5	-	2,67	1,23	0,57	0,40	0,25
BUTTIGLIERA	95%	<1.4	0,6	0,6	0,4	-	2,66	1,13	0,51	0,30	0,18
CARMAGNOLA	98%	<1.0	0,4	0,5	0,4	-	2,46	1,09	0,54	0,49	0,33
DRUENTO	92%	-	-	-	-	-	1,99	1,02	0,35	0,28	0,21
IVREA ⁽¹⁾	97%	-	-	-	-	-	2,31	1,09	0,42	0,36	0,28
PINEROLO	96%	-	-	-	-	-	2,33	1,11	0,39	0,36	0,19
SUSA	96%	-	-	-	-	-	2,26	1,18	0,29	0,25	0,11
TO-CONSOLATA	93%	-	0,9	0,7	0,4	-	2,90	1,32	0,60	0,53	0,38
TO-GRASSI	92%	-	3,0	0,9	0,6	-	3,13	1,44	0,75	0,69	0,38
TO-LINGOTTO PM ₁₀	68%	-	-	-	-	-	-	-	0,67	0,36	0,30
TO-LINGOTTO PM _{2,5}	95%	-	-	-	-	-	-	-	0,51	0,40	0,25
TO-RIVOLI	95%	-	-	-	-	-	2,49	1,28	0,59	0,40	0,27
TO-RUBINO ⁽²⁾	87%	-	-	-	-	-	2,64	1,38	0,67	0,41	0,29

1) fino al 04/11/2006 la stazione era ubicata in Piazza Freguglia.

2) fino al 30/03/2007 la stazione era ubicata in Via Gaidano.

TABELLA 25: concentrazioni medie annuali di cadmio determinate su PM₁₀ e PM_{2,5} – 1999-2008.

STAZIONE	Rendimento strumentale 2008 (% dati validi)	Concentrazione media annuale di NICHEL nel materiale particolato aerodisperso (ng/m ³)									
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
BORGARO	98%	-	-	-	35,0	-	25,10	36,29	17,47	8,20	6,11
BUTTIGLIERA	95%	40,0	10,0	8,0	14,4	-	22,19	29,45	16,38	11,30	5,43
CARMAGNOLA	98%	40,0	5,0	5,0	7,8	-	19,38	26,23	18,71	7,18	4,21
DRUENTO	92%	-	-	-	-	-	18,50	27,67	15,09	7,26	4,15
IVREA ⁽¹⁾	97%	-	-	-	-	-	15,79	32,90	15,76	6,29	4,48
PINEROLO	96%	-	-	-	-	-	22,18	29,29	16,76	6,73	4,56
SUSA	96%	-	-	-	-	-	14,02	25,05	17,64	3,84	2,45
TO-CONSOLATA	93%	-	20,0	14,0	13,0	-	24,58	30,59	22,97	12,20	8,19
TO-GRASSI	92%	-	30,0	22,0	31,4	-	29,93	34,54	21,18	11,02	8,22
TO-LINGOTTO PM ₁₀	68%	-	-	-	-	-	-	-	19,96	11,47	4,13
TO-LINGOTTO PM _{2,5}	95%	-	-	-	-	-	-	-	12,07	6,16	3,43
TO-RIVOLI	95%	-	-	-	-	-	24,08	31,55	25,01	11,41	7,45
TO-RUBINO ⁽²⁾	90%	-	-	-	-	-	26,76	31,65	21,23	8,93	5,56

1) fino al 04/11/2006 la stazione era ubicata in Piazza Freguglia.

2) fino al 30/03/2007 la stazione era ubicata in Via Gaidano.

TABELLA 26: concentrazioni medie annuali di nichel determinate su PM₁₀ e PM_{2,5} – 1999-2008.

STAZIONE	Rendimento strumentale 2008 (% dati validi)	Concentrazione media annuale di PIOMBO nel materiale particolato aerodisperso (µg/m ³)									
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
BORGARO	98%	-	-	-	0,018	-	0,042	0,055	0,025	0,015	0,013
BUTTIGLIERA	95%	0,12	0,06	0,04	0,073	-	0,069	0,053	0,023	0,017	0,012
CARMAGNOLA	98%	0,11	0,2	0,026	0,029	-	0,037	0,044	0,019	0,014	0,011
DRUENTO	92%	-	-	-	-	-	0,031	0,043	0,014	0,011	0,007
IVREA ⁽¹⁾	97%	-	-	-	-	-	0,040	0,046	0,021	0,014	0,010
PINEROLO	96%	-	-	-	-	-	0,042	0,051	0,026	0,021	0,013
SUSA	96%	-	-	-	-	-	0,050	0,051	0,019	0,014	0,009
TO-CONSOLATA	93%	-	0,07	0,043	0,033	0,036	0,040	0,051	0,030	0,025	0,016
TO-GRASSI	92%	-	0,1	0,038	0,046	-	0,062	0,073	0,042	0,028	0,020
TO-LINGOTTO PM ₁₀	68%	-	-	-	-	-	-	-	0,025	0,020	0,010
TO-LINGOTTO PM _{2,5}	95%	-	-	-	-	-	-	-	0,019	0,017	0,011
TO-RIVOLI	95%	-	-	-	-	-	0,049	0,057	0,028	0,021	0,015
TO-RUBINO ⁽²⁾	90%	-	-	-	-	-	0,046	0,050	0,028	0,017	0,011

1) fino al 04/11/2006 la stazione era ubicata in Piazza Freguglia.

2) fino al 30/03/2007 la stazione era ubicata in Via Gaidano.

TABELLA 27: concentrazioni medie annuali di piombo determinate su PM₁₀ e PM_{2,5} – 1999-2008.

STAZIONE	Percentuale in massa dei metalli nel particolato					
	% Cd		% Ni		% Pb	
	2007	2008	2007	2008	2007	2008
BORGARO	0,0009	0,0006	0,018	0,014	0,033	0,030
BUTTIGLIERA	0,0008	0,0005	0,030	0,015	0,045	0,033
CARMAGNOLA	0,0010	0,0007	0,014	0,009	0,028	0,023
DRUENTO	0,0009	0,0007	0,023	0,013	0,034	0,022
IVREA	0,0009	0,0008	0,016	0,013	0,036	0,029
PINEROLO	0,0010	0,0005	0,018	0,013	0,057	0,036
SUSA	0,0011	0,0004	0,017	0,010	0,064	0,036
TO-CONSOLATA	0,0010	0,0007	0,023	0,015	0,047	0,030
TO-GRASSI	0,0010	0,0006	0,017	0,013	0,042	0,033
TO-LINGOTTO PM10	0,0006	0,0007	0,019	0,010	0,033	0,023
TO-LINGOTTO PM2,5	0,0011	0,0007	0,017	0,010	0,047	0,031
TO-RIVOLI	0,0007	0,0005	0,019	0,014	0,036	0,028
TO-RUBINO	0,0009	0,0007	0,019	0,013	0,036	0,026

TABELLA 28: percentuale in massa di cadmio, nichel e piombo nel PM₁₀ e nel PM_{2,5} – confronto anni 2007-2008.

**Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:
M. 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), ecc. Nelle aree urbane il materiale particolato può avere origine da lavorazioni industriali (cantieri edili, fonderie, cementifici), dall'usura dell'asfalto, dei pneumatici, dei freni, delle frizioni e dalle emissioni di scarico degli autoveicoli, in particolare quelli dotati di motore a ciclo diesel.

Il traffico veicolare urbano contribuisce in misura considerevole all'inquinamento da particolato sospeso con l'emissione in atmosfera di particelle carboniose, composti inorganici e particelle incombuste di varia natura. Tale particolato, inoltre, costituisce il principale veicolo di trasporto e diffusione di altre sostanze nocive.

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.

Per queste ragioni il Decreto Ministeriale 25/11/94 ha affiancato alla tradizionale misura del particolato totale sospeso quella del particolato PM₁₀, cioè della frazione con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm, definita anche inalabile. Il D.M. 2 aprile 2002 n. 60, che recepisce la direttiva europea 30/1999/CE, prevede invece dei limiti esclusivamente per la frazione PM₁₀.

Il D.M. 60/2002 ha inoltre indicato la necessità di misurare anche la concentrazione di polveri con diametro aerodinamico inferiore ai 2,5 µm (PM_{2,5}), per il quale la nuova Direttiva Europea 2008/50/CE prevede specifici valori di riferimento.

DANNI CAUSATI

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 e 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. In particolare il programma CAFE (Clean Air for Europe) ha evidenziato che la perdita di attesa di vita stimata sulla base dei livelli di PM_{2,5} dell'anno 2000 è di 8,1 mesi in media in Europa con un range che va dai 13,2 del Belgio ai 2,6 della Finlandia. Il valore stimato per l'Italia è di 9 mesi.¹⁵

METODO DI MISURA

Il particolato totale e le frazioni PM₁₀ e PM_{2,5} vengono misurati mediante raccolta su filtro per 24 ore in condizioni standardizzate e successiva determinazione gravimetrica (vale a dire per pesata) delle polveri filtrate. Nel caso della frazione PM₁₀ e PM_{2,5} la testa della apparec-

¹⁵ CAFE Scenario Analysis Report n. 7, 2005, tab 4.1.

chiatura di prelievo ha una particolare geometria definita in modo tale che sul filtro arrivino e siano trattenute rispettivamente solo le particelle con diametro aerodinamico inferiore ai 10 e ai 2,5 µm.

Nel 2005 sono stati acquistati 3 misuratori di PM₁₀ automatici cosiddetti "beta", nei quali la determinazione della massa di particolato avviene mediante la misurazione dell'attenuazione di radiazioni beta prodotte da una sorgente radioattiva interna allo strumento. I raggi beta attraversano il filtro "bianco" e alla fine del ciclo di 24 ore di campionamento la differenza nell'assorbimento dei raggi beta da parte del filtro è proporzionale alla concentrazione del PM₁₀ campionato. Da fine 2006 l'Arpa gestisce altri 3 misuratori a raggi beta, due di PM₁₀ e uno di PM_{2.5}, di proprietà privata.

ESAME DEI DATI

Frazione PM₁₀ e PM_{2.5}

Nell'anno 2008 si è verificato un lieve decremento delle concentrazioni medie di tutte le stazioni provinciali del 7% rispetto al 2007, molto probabilmente grazie alle condizioni dispersive molto favorevoli in virtù delle precipitazioni avvenute nel 2008, che sono state le più alte degli ultimi cinque anni, in particolar modo nei mesi di aprile-maggio e novembre-dicembre.

Storicamente nelle stazioni di Ivrea, Buttigliera e Pinerolo i valori medi annuali si situano nell'intorno del valore limite per la protezione della salute umana di 40 µg/m³ (D.M. 60/2002), ma per il 2008, come per l'anno precedente, ne sono rimaste al di sotto, come si può osservare in FIGURA 37, mentre tale limite è superato in tutte le stazioni ubicate in Torino e in Borgaro T.se, Carmagnola e Leini. Le stazioni che registrano concentrazioni minori sono quelle di Baldissero Torinese (22 µg/m³), Druento-La Mandria (32 µg/m³), Susa (25 µg/m³) e Oulx (20 µg/m³).

Nella città di Torino la media delle medie annuali è 51 µg/m³, mentre la media dei dati annuali nelle stazioni fuori città è 34 µg/m³. I valori medi più alti si toccano nelle stazioni di Torino ITIS Grassi e Piazza Rivoli, con una media annua rispettivamente pari a 61 µg/m³ e 54 µg/m³. Il valor medio di Torino-Lingotto è uguale a quello di Torino-Rubino, a causa dell'analogia tra le due stazioni: entrambe sono di fondo urbano, poste in un'area residenziale e possono considerarsi rappresentative dell'esposizione della popolazione in generale.

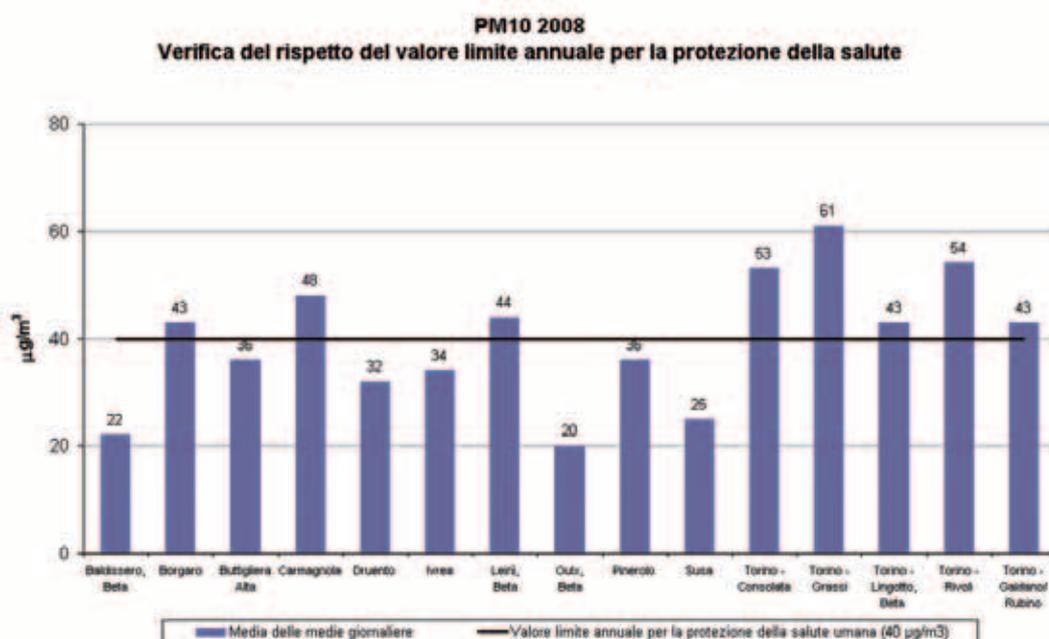


FIGURA 37: valore medio annuale del PM₁₀ misurato presso le stazioni di monitoraggio provinciali.

La stazione torinese di traffico con il valor medio annuo più basso è Torino-Consolata, la cui media annua si è attestata sui 53 µg/m³ come nel 2007. La stazione si trova all'interno della zona a traffico limitato (ZTL) ambientale, dove il Comune di Torino ha limitato la circolazione dei veicoli più vetusti, ma il valore registrato è poco distante da quello rilevato in Torino-Rivoli (54 µg/m³), dove non è applicato il provvedimento, a conferma della sostanziale omogeneità delle concentrazioni all'interno dell'area metropolitana torinese per le stazioni poste in zone ad intenso traffico veicolare.

Per quanto riguarda le medie mensili, le concentrazioni maggiori si misurano in inverno, periodo in cui si sommano i contributi delle emissioni da traffico veicolare, da impianti di riscaldamento ed industriali ed in concomitanza si verificano anche le condizioni meteorologiche più sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti. Nel 2008 particolarmente critici sono stati i mesi di febbraio e ottobre, nei quali sono state molto scarse le precipitazioni. In primavera ed in estate non sono attive le emissioni da riscaldamento ed inoltre aumentano la piovosità, la ventosità e si hanno condizioni atmosferiche più instabili, pertanto il valore medio mensile di PM₁₀, anche nelle stazioni più critiche, permane al di sotto dei 40 µg/m³. A testimonianza della importante influenza dei fattori meteorologici si può osservare in FIGURA 38 l'andamento delle medie mensili di PM₁₀ paragonato con quello delle precipitazioni atmosferiche per alcune stazioni di rilevamento; come si può vedere nei mesi di novembre e dicembre si sono rilevate concentrazioni inferiori rispetto agli altri mesi invernali grazie alle maggiori precipitazioni atmosferiche.



FIGURA 38: andamento delle precipitazioni atmosferiche e delle concentrazioni di PM₁₀ in alcune stazioni della Provincia di Torino nell'anno 2008.

Nel D.M. 60/2002 è stabilito anche un limite di 24 ore per la protezione della salute umana (50 µg/m³) e un numero massimo di superamenti di tale valore nel corso dell'anno, pari a 35. Tale limite risulta ancora più stringente rispetto al valore limite annuale, è stato infatti valutato che le concentrazioni annuali dovrebbero scendere almeno al di sotto dei 30 µg/m³ per poter assicurare il rispetto del limite giornaliero¹⁶. In FIGURA 39 è rappresentato il numero di

¹⁶ APAT, "Stato dell'arte sulla valutazione della qualità dell'aria e sui piani e programmi di tutela e di risanamento in Italia", Convegno PM2006, Firenze 10-13 settembre 2006.

superamenti del limite di 24 ore avvenuti nell'anno 2008 per ogni stazione di rilevamento. Come si può notare in provincia di Torino questo limite è rispettato esclusivamente nelle stazioni di Baldissero T.se e di Oulx, mentre nella stazione di Susa si sono raggiunti i 39 superamenti, nonostante sia posta, come la stazione di Oulx, in posizione favorevole alla dispersione atmosferica in quanto interessata da brezze di monte e valle ed episodi di föhn. La stazione di Baldissero è in posizione collinare e lontana da sorgenti emmissive.

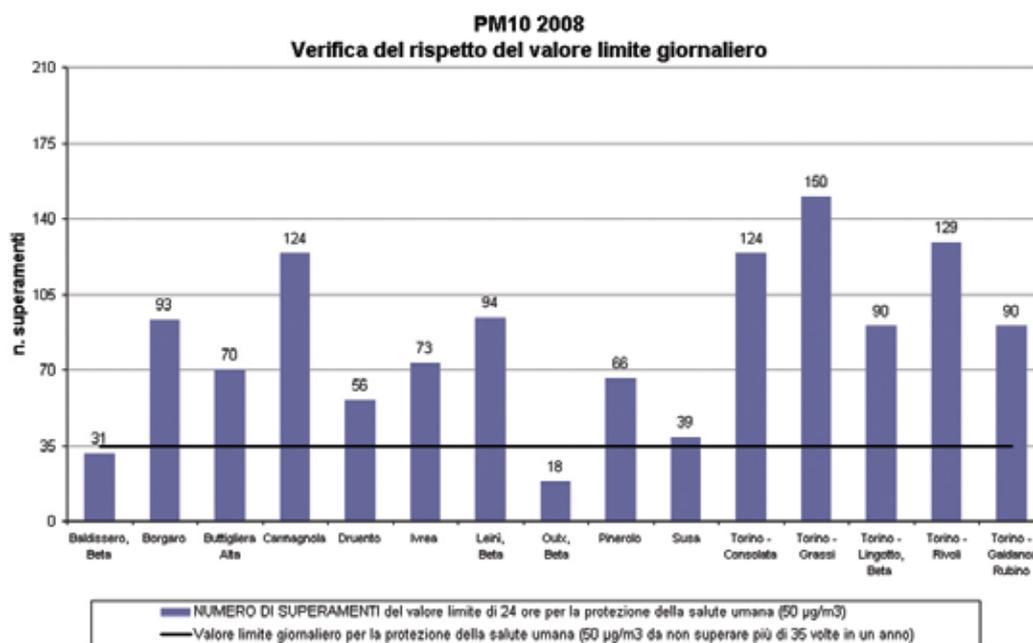


FIGURA 39: parametro PM₁₀, numero di superamenti del limite di 24 ore per la protezione della salute (50 µg/m³ come media giornaliera).

Le stazioni poste nella città di Torino rappresentano da sempre la situazione più critica, poiché la media del numero di superamenti è stata di 117, più di tre volte il valore limite, anche se il dato è molto migliore rispetto a quello del 2007, in cui i superamenti arrivavano a 146. Per la stazione di Torino-Consolata la data del raggiungimento del trentacinquesimo superamento nel 2008 è stata il 15 febbraio e negli ultimi 8 anni è stata raggiunta sempre nei primi giorni di febbraio (nel 2002 addirittura il 4 febbraio, vale a dire nei primi 35 giorni di quell'anno il limite era stato superato tutti i giorni). Concentrazioni al di sopra dei limiti si presentano, però, su area più vasta, non solo provinciale, ma sull'intero bacino padano e in Europa in altre zone di ampia dimensione (ad esempio in Benelux, Polonia, Repubblica Ceca, Ungheria, sud della penisola iberica). Intervenire a livello locale per la riduzione del PM₁₀ ha un'efficacia limitata a causa dell'origine dell'inquinante, che è molto difficile da abbattere, perché non solo proviene direttamente dalle varie sorgenti di emissione (in generale tutte le combustioni: traffico veicolare, impianti di riscaldamento, impianti di produzione di energia elettrica, impianti industriali, senza dimenticare il PM₁₀ generato dall'erosione dei pneumatici, dall'usura dei freni e del manto stradale), ma si forma anche in atmosfera attraverso reazioni che coinvolgono altre sostanze, quali ossidi di azoto, ossidi di zolfo, ammoniaca, composti organici volatili. Il PM₁₀ in quest'ultimo caso viene detto secondario e rappresenta un "fondo" su cui è molto più complesso incidere. Alcune stime evidenziano che la componente secondaria può arrivare a costituire circa il 70-80 % del PM₁₀ nelle zone rurali, mentre nelle aree urbane circa il 60 %. Per poter comprendere meglio il fenomeno è indicativo paragonare ad esempio l'andamento orario del PM₁₀ con quello del monossido di azoto, inquinante di origine esclusivamente primaria (le combustioni), come si può osservare in FI-

GURA 40 dove è rappresentato il giorno "medio" degli anni dal 2003 al 2008. Il monossido di azoto, presenta dei picchi nelle ore di maggior traffico veicolare molto più elevati rispetto al PM₁₀, che quindi sembra permanere per più tempo in atmosfera, anche nelle ore in cui il numero di sorgenti inquinanti è minore. Il PM₁₀ in questo caso è misurato con una strumentazione automatica denominata Teom (Tapered Element Oscillating Microbalance), che fornisce valori orari di concentrazione.

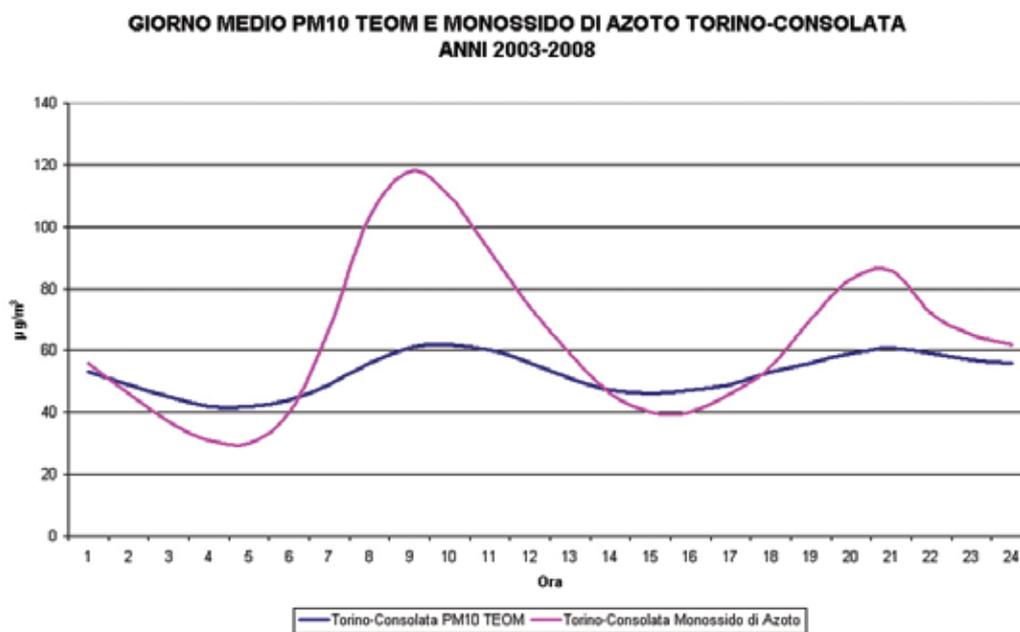


FIGURA 40: giorno medio di PM₁₀ Teom e Monossido di Azoto misurati a Torino-Consolata.

La Regione Piemonte ha aggiornato l'inventario regionale delle emissioni in atmosfera al 2005 (<http://extranet.regione.piemonte.it/ambiente/aria/emissioni/inventario.htm>), stimando che il contributo dei trasporti al PM₁₀ primario sia pari al 49% circa, di cui il 40,8% dovuto al trasporto su strada, mentre l'8,5% è dovuto ad altre sorgenti mobili e macchinari (trasporto ferroviario, traffico aereo, mezzi usati in agricoltura ed industria). Il trasporto su strada è anche la principale sorgente di ossidi di azoto (43,2%), precursori del PM₁₀, mentre le emissioni di ammoniaca sono causate dall'agricoltura (94,6%) e l'SO₂ in prevalenza dai processi produttivi (57,8%). L'utilizzo dell'autovettura privata in Piemonte, continua ad essere predominante: nel 2007 il 76,2% degli spostamenti è avvenuto con questa modalità, secondo le statistiche regionali sulla mobilità prodotte dall'Istituto Superiore di Formazione e Ricerca per i Trasporti.

Le sorgenti dei precursori del PM₁₀ quindi sono molteplici e le azioni di riduzione dovranno essere coordinate su più fronti per essere efficaci.

Per poter valutare l'importanza del particolato secondario nel 2006 e 2007 è stato avviato uno studio per la caratterizzazione del particolato PM₁₀ in alcune stazioni di rilevamento piemontesi, tra cui quella di Torino-Consolata. Sui campioni di particolato prelevati sono stati determinati ammonio, solfati, nitrati e cloruri; i risultati analitici possono essere approfonditi nel capitolo successivo relativo al particolato secondario.

In FIGURA 41 è rappresentato l'andamento storico del PM₁₀ per le stazioni di Torino – via Consolata e Torino – Grassi, operative a partire dal 1999; come si può vedere le medie annuali sono relativamente stabili, con oscillazioni dovute molto probabilmente alle diverse caratteristiche meteorologiche degli anni.

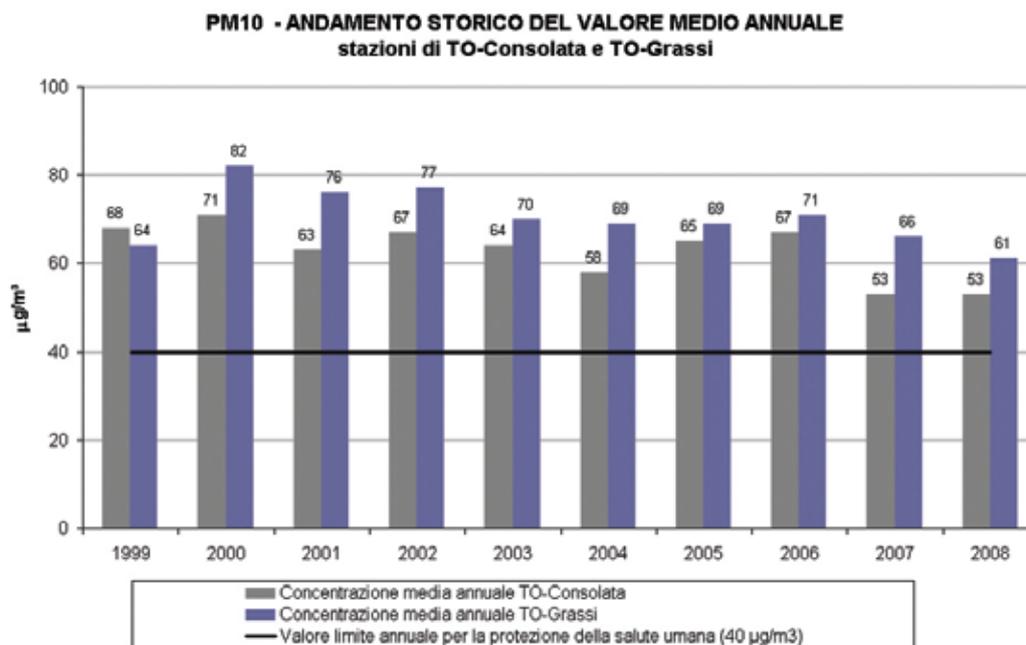


FIGURA 41: parametro PM₁₀, concentrazioni medie annue rilevate nella città di Torino nel periodo 1999-2008.

Negli ultimi anni la normativa ha preso in considerazione anche le particelle più fini e la nuova direttiva europea 2008/50/CE ha introdotto un valore obiettivo per le particelle sottili PM_{2.5} pari a 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1 gennaio 2010. In provincia di Torino sono attivi un campionatore gravimetrico di PM_{2.5} nella stazione di Torino – Lingotto e un campionatore a raggi beta nella stazione di Leinì, di proprietà privata, ma gestito da Arpa Piemonte. Su base annuale la concentrazione media di PM_{2.5} nella stazione di Torino – Lingotto è di 35 µg/m³, quindi al di sopra del valore obiettivo europeo, così anche a Leinì, ma nel 2008 quest'ultimo strumento ha avuto problemi tecnici, per cui la percentuale di dati validi è del 52 % e non adeguata a fornire una media annuale significativa dal punto di vista statistico. In FIGURA 42 sono riportati i valori mensili di PM_{2.5} a confronto con quelli di PM₁₀ a Torino – Lingotto.

Si osservi come la frazione più fine incida in maniera maggiore nei mesi invernali, in particolare modo nel mese di ottobre, nel quale la scarsità di precipitazioni e l'elevata stabilità atmosferica ha determinato l'accumulo in atmosfera delle particelle più fini, mentre il contributo più basso di PM_{2.5} si rileva in estate tra aprile e luglio, nonostante in tale periodo le reazioni di formazione di particolato secondario siano favorite dalla maggiore intensità della radiazione solare.

I dati disponibili non permettono di fornire un'interpretazione esaustiva della variabilità temporale del rapporto PM_{2.5}/PM₁₀ ma si possono effettuare alcune considerazioni.

È presumibile che, durante i mesi invernali, le maggiori concentrazioni in prossimità del suolo di inquinanti gassosi precursori di particolato secondario (ossidi di azoto, idrocarburi ecc.) giochino un ruolo significativo, in quanto il particolato che si origina da tali precursori va a incidere quasi esclusivamente sulla frazione più fine. Durante i mesi caldi la diminuzione della concentrazione dei precursori di particolato secondario in prossimità del suolo è solo parzialmente compensata dall'aumento della velocità della trasformazione di gas in particolato.

Un ulteriore fattore da valutare è la distribuzione dell'incidenza percentuale delle fonti di particolato primario fine nei diversi periodi dell'anno.

In FIGURA 43 è invece riportato l'andamento dei valori medi del PM_{2.5} e del PM₁₀ di Torino-Lingotto lungo l'arco della settimana. Come si può osservare i massimi sono raggiunti per

entrambi i parametri nei giorni di mercoledì e giovedì, ma la variabilità del PM_{2.5} è molto più ridotta rispetto al PM₁₀, presumibilmente in quanto la componente secondaria è percentualmente più rilevante. Nella stazione di Torino – Lingotto il PM_{2.5} rappresenta mediamente il 77 % del PM₁₀.

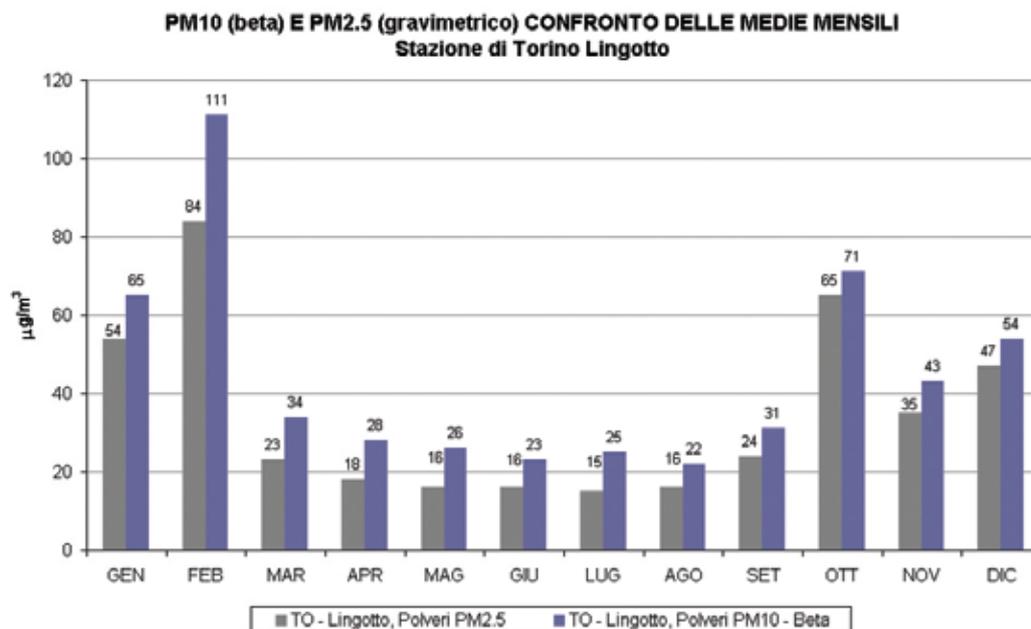


FIGURA 42: confronto tra PM_{2.5} e PM₁₀ presso la stazione di Torino – Lingotto.

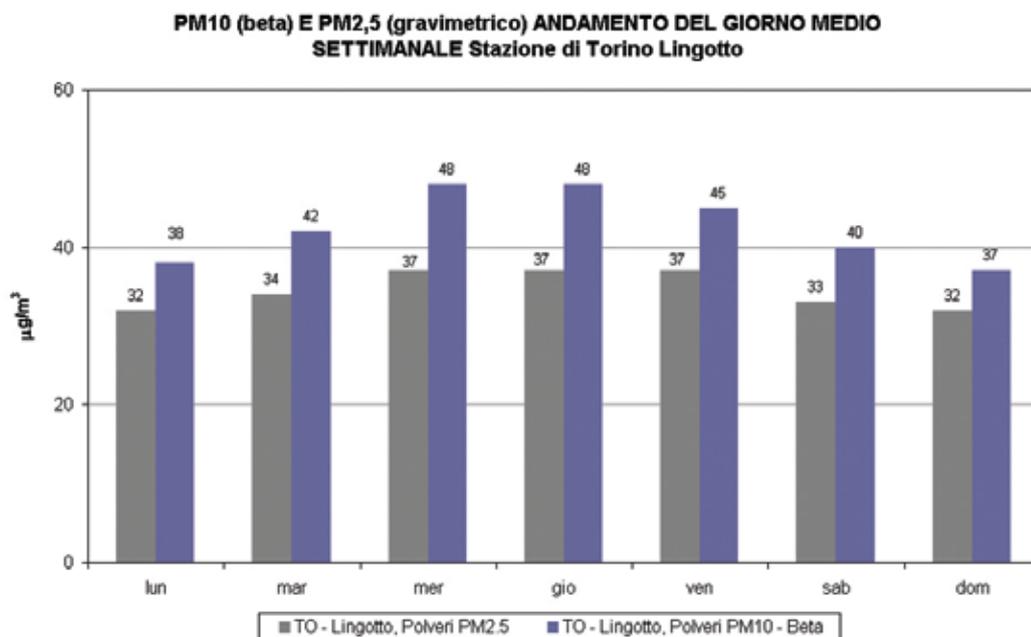


FIGURA 43: andamento del giorno medio settimanale del PM_{2.5} e PM₁₀ presso la stazione di Torino-Lingotto.

Particelle sospese totali

L'attenzione normativa si è incentrata sulla frazione di particolato PM₁₀ e PM_{2,5} negli ultimi anni, in quanto gli studi epidemiologici hanno evidenziato che le particelle più fini 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 misurate dall'anno 2005 esclusivamente presso la stazione di Torino - via 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, che ne costituisce circa il 60-70 %, anche in periodi nei quali questo parametro non veniva misurato.

In FIGURA 44 sono riportate le concentrazioni medie annue rilevate negli ultimi 29 anni. I valori che si misurano oggi sono molto minori rispetto agli anni '80, ma dal 1999 al 2006 si sono stabilizzati intorno ai 100 µg/m³. Un segnale incoraggiante, se sarà confermato dalle rilevazioni dei prossimi anni, è che nel 2007 e nel 2008 si sono registrati i valori più bassi mai misurati presso questa stazione, inferiori agli 80 µg/m³.

La diminuzione registrata rispetto ai primi anni di rilevamento si è 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, e alla diminuzione del biossido di zolfo, precursore del particolato. Per poter incidere ulteriormente nel decremento delle concentrazioni si dovranno adottare provvedimenti atti alla riduzione di tutti i precursori del particolato.

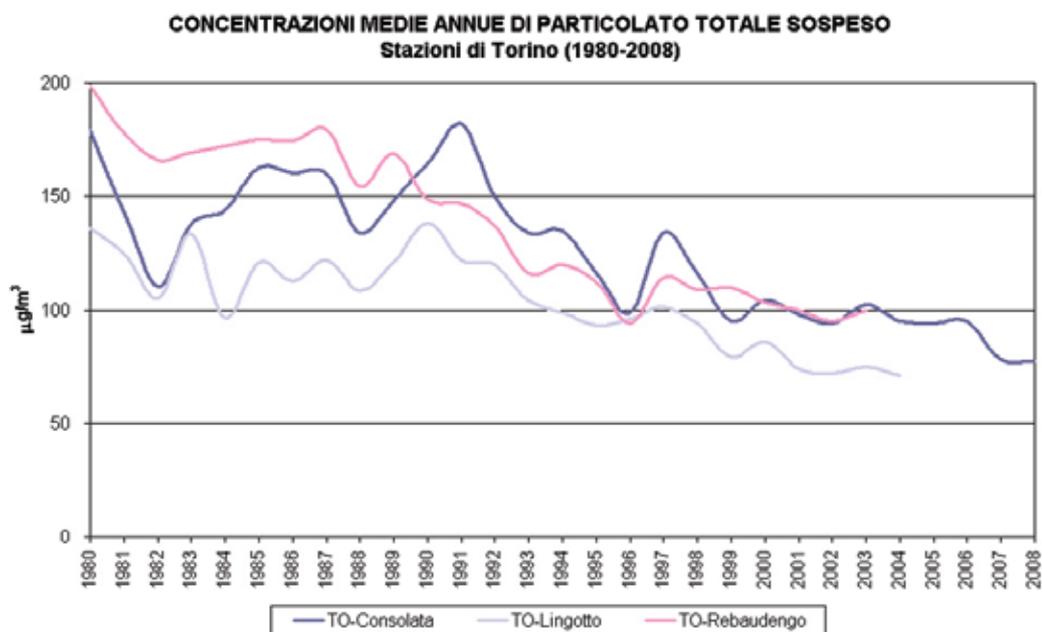


FIGURA 44: : parametro PTS, medie annuali misurate nelle stazioni di Torino dal 1980 al 2008.

STAZIONE	Rendim. Strument. 2008 (% dati validi)	VALORE MEDIO ANNUO (µg/m ³) Valore limite annuale per la protezione della salute umana: 40 µg/m ³										NUMERO DI SUPERAMENTI del valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana (50 µg/m ³)									
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
BALDISSERO - BETA	90%	-	-	-	-	-	-	23	22	22	22	-	-	-	-	-	-	9	16	31	
BORGARO	98%	-	-	52	47	43	46	51	56	46	43	-	-	67	125	103	130	143	161	118	
BUTTIGLIERA ALTA	95%	53	44	43	42	43	43	46	46	38	36	-	-	-	19	108	105	132	109	85	
CARMAGNOLA	98%	71	46	51	50	58	47	47	61	50	48	-	-	-	25	170	107	125	171	130	
DRUENTO	92%	-	-	-	30	33	31	36	38	32	32	-	-	-	7	59	46	83	77	63	
IVREA - LIBERAZIONE (1)	97%	-	-	-	48	45	43	47	46	39	34	-	-	-	23	85	88	123	114	89	
LEINI' - BETA	84%	-	-	-	-	-	-	-	43	46	44	-	-	-	-	-	-	-	52	97	
OULX - BETA	81%	-	-	-	-	-	-	-	27	20	20	-	-	-	-	-	-	-	31	6	
PINEROLO	96%	-	-	-	36	38	38	42	43	37	36	-	-	-	14	84	77	102	96	74	
SUSA	96%	-	-	-	31	34	30	29	30	22	25	-	-	-	5	59	42	43	40	27	
TO - CONSOLATA	93%	68	71	63	67	64	58	65	67	53	53	84	214	186	198	185	173	199	184	146	
TO - GRASSI	92%	64	82	76	77	70	69	70	71	66	61	98	264	254	251	200	213	197	194	150	
TO - LINGOTTO, BETA	94%	-	-	-	-	-	-	43	64	61	43	-	-	-	-	-	-	98	172	147	
TO - RIVOLI	95%	-	-	-	44	49	39	54	71	59	54	-	-	-	73	129	65	142	186	153	
TO - GAIDANO/RUBINO (2)	90%	-	-	-	36	42	50	51	66	47	43	-	-	-	50	102	118	130	183	95	

(1) fino al 06/11/2006 la stazione era ubicata in Piazza Freguglia

(2) dal 29/03/2007 la stazione è stata trasferita in Via Rubino

TABELLA 29: parametro PM₁₀, valutazione statistica anni 1999-2008.

STAZIONE	VALORE MEDIO ANNUO										Rendim. Strument. 2007 (% dati validi)
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
TORINO - CONSOLATA, PTS	95	104	98	94	102	95	95	95	78	77	86%

TABELLA 31: parametro polveri totali (PTS), valutazione statistica anni 1999-2008.

STAZIONE	VALORE MEDIO ANNUO		Rendim. Strument. 2008 (% dati validi)
	2006	2007	
LEINI', PM _{2.5} - BETA	33	40	52%
TO - LINGOTTO, PM _{2.5}	40	36	95%

TABELLA 30: parametro PM_{2.5}, valutazione statistica anni 2006-2008.

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

DESCRIZIONE

La Direttiva 2004/107/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio dell'Unione europea, al fine di migliorare la sorveglianza e la valutazione della qualità dell'aria in merito a sostanze con effetti cancerogeni quali arsenico, cadmio, mercurio e nichel, ha stabilito che tali sostanze devono essere determinate anche nelle deposizioni totali, oltre che nelle frazioni più sottili delle polveri.

Sul territorio provinciale è in funzione uno strumento per la raccolta delle deposizioni umide e secche, installato nella stazione di Baldissero T.se di proprietà, come la stazione di Leinì, dell'azienda AceaElectrabel Produzione SpA; in virtù del DEC/VIA/2003/0725 del 28 novembre 2003 la gestione di tali stazioni è stata affidata ad Arpa Piemonte a partire dal 1° dicembre 2006.

Nelle deposizioni, secche e umide, raccolte presso la stazione di Baldissero Torinese a partire da marzo 2008 sono stati determinati i metalli previsti dalla direttiva europea, per le cui caratteristiche generali si può fare riferimento al capitolo dei metalli della presente relazione, e altri parametri quali: pH, conducibilità, cationi, anioni e altri metalli. In particolare la determinazione di cationi e anioni fornisce informazioni importanti sull'entità e andamento di composti che sono precursori di particolato secondario (si veda l'approfondimento il capitolo "Particolato Secondario").

Va sottolineato che per i parametri determinati sulle deposizioni il Decreto Legislativo 152/2007 ("Attuazione della direttiva 2004/107/CE concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente"), emanato successivamente all'installazione della stazione di Baldissero T.se, non stabilisce valori ufficiali di riferimento.

In questo capitolo sono stati quindi utilizzati a titolo di confronto:

- a) i dati riportati nei seguenti documenti preparatori (Position Paper) della Direttiva 2004/107/CE:
 - Ambient air pollution by As,Cd e Ni - Position Paper-European Communities, 2001
 - Ambient air pollution by mercury - Position Paper-European Communities, 2002e riferiti a misure effettuate in una serie di siti europei alla fine degli anni '90.
- a) i dati riportati in un articolo di letteratura scientifica¹⁷ relativamente alla sola deposizione umida nell'anno 2004 in tre siti del Nord Italia¹.
- a) i dati riportati nel documento "Il monitoraggio Samanet nelle deposizioni atmosferiche della laguna di Venezia- anno 2007"¹⁸ a cura del Ministero delle Infrastrutture e trasporti – Magistrato delle Acque, in quanto riferito a un'area interessata dalla presenza di un grosso complesso industriale .

METODO DI MISURA

Il sistema di raccolta installato presso la stazione di Baldissero T.se è del tipo "wet and dry", cioè è dotato di due contenitori per la raccolta separata delle deposizioni secche ed umide. In condizioni di assenza di precipitazione un apposito sistema di chiusura impedisce la deposizione nel contenitore "wet", mentre in presenza di precipitazioni un sensore comanda lo spostamento automatico del coperchio sul contenitore "dry", permettendo la raccolta delle deposizioni umide.

¹⁷ Ruschetta et al." Trace metal measurements in atmospheric depositions at three sites in Northern Italy. Methodology and preliminary results" – For. Snow. Landsc. Res. 80, 2: 191-200(2006).

¹⁸ Scaricabile all'indirizzo web http://www.magisacque.it/sama/frame_sama.htm.

È stata redatta una procedura interna di Arpa che prevede, di minima, il campionamento delle deposizioni secche con frequenza mensile e la successiva determinazione dei metalli previsti dalla Direttiva 2004/107/CE. Le deposizioni umide vengono raccolte al termine di ogni episodio di precipitazione, con successiva determinazione di pH, conducibilità, anioni, cationi e metalli. I metalli sono determinati con un metodo ICP-MS (Inductively coupled plasma-mass spectrometry) il mercurio con metodo ICP-MS o di Fluorescenza atomica CVAFS (Cold Vapor Atomic Fluorescence Spectrometry), cationi e anioni con il metodo IC (Ionic Chromatography)

Come citato in premessa, il D.Lgs. 152/2007, che fornisce indicazioni sulla misura delle deposizioni di As, Cd, Hg e Ni, è stato emanato successivamente all'installazione delle stazioni di Baldissero T.se; tale Decreto fa riferimento alla misura delle deposizioni totali (campionatori di tipo "bulk") e non alla raccolta separata delle frazioni umida e secca, per cui acquisita una serie storica adeguata con l'attuale campionatore wet & dry, sarà valutata la possibilità di sostituire tale sistema con un campionatore di deposizioni totali, ai fini di adeguare il campionamento alla nuova normativa. Nelle tabelle che seguono i dati delle deposizioni secche e umide sono stati aggregati, in modo da fornire il valore delle deposizioni totali.

Nel corso del 2007 per le deposizioni umide sono stati effettuati 19 campionamenti, mentre per le deposizioni secche, a causa di una serie di malfunzionamenti del sistema di prelievo successivamente risolti, sono stati effettuati 3 campionamenti di durata mensile in luogo dei 9 previsti. Nei casi in cui, a causa di un malfunzionamento, la mancata chiusura del contenitore delle deposizioni secche ha comportato la raccolta in quest'ultimo delle precipitazioni, si è proceduto all'analisi del campione con le stesse modalità delle deposizioni umide.

Nel corso del 2008 per le deposizioni umide sono stati effettuati 18 campionamenti, mentre per le deposizioni secche, sono stati raccolti 11 campioni; il campione di dicembre 2008 è stato analizzato con le stesse modalità delle deposizioni umide a causa della mancata chiusura del contenitore delle deposizioni secche che ha comportato la raccolta in quest'ultimo delle precipitazioni.

I valori di deposizione secca su base annuale sono stati calcolati effettuando la media dei singoli prelievi; nel caso della deposizione umida i flussi di ogni specie, espressi in massa/m²/anno, sono stati calcolati a partire dalla media delle concentrazioni pesate in funzione della quantità di pioggia raccolta. Lo stesso calcolo, è stato applicato ai limiti di rilevabilità strumentale di ogni analita. Ciò determina che, a seconda della quantità di deposizione umida raccolta nell'anno (in millilitri di pioggia), il limite di rilevabilità strumentale, espresso come flusso, possa avere valori diversi. Per maggiore semplicità e per permettere confronti diretti tra anni diversi, in caso di flussi inferiori al limite di rilevabilità, non è stato riportato un valore numerico, ma la dicitura NR (non rilevabile).

ESAME DEI DATI

Nei paragrafi successivi vengono sinteticamente descritti i risultati delle determinazioni, con riferimento ai flussi medi su base annuale per il periodo 2007 - 2008. Occorre considerare che, per l'anno 2007 i prelievi sono iniziati nel mese di marzo e diversi interventi di manutenzione hanno comportato una serie di interruzioni delle attività di prelievo. Per il 2008 la serie di dati è più completa.

Per quanto riguarda i parametri di base, il valori di pH (TABELLA 32) nel 2007 oscillano tra un minimo di 4,3 a un massimo di 7,1; nel 2008 il valore massimo è equivalente ed il minimo è pari a 4,0. Nei due anni di campionamento la situazione è analoga con circa il 65% dei valori compreso tra 5 e 7, l'11% mostra valori maggiori di 7 e circa il 20% ha pH minore di 5.

I valori di conducibilità elettrica specifica nei due anni si situano nel range 7,5- 65,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ con valori medi di 23 $\mu\text{S}/\text{cm}$ nel 2007 e 19,6 nel 2008. Per quanto riguarda gli anioni (TABELLA 33), cloruri e fluoruri sono risultati inferiori al limite di quantificazione del metodo, mentre le deposizioni di maggiore entità risultano quelle di nitrati e solfati. Nel 2008 sono stati registrati valori leggermente maggiori rispetto al 2007, vale a dire 29 meq/m²/anno per i nitrati e 19 per i solfati.

Le deposizioni di cationi confermano i dati raccolti nel 2007, con valori di maggiore entità per azoto ammoniacale e calcio; anche in questo caso si osserva un incremento dei valori rispetto al 2007, con 33 meq/m²/anno per l'azoto ammoniacale e 42 per il calcio. Le deposizioni di magnesio, potassio e sodio sono molto vicini ai rispettivi limiti di rilevabilità, con valori paragonabili nel corso dei due anni di campionamento.

Come evidenziato nel capitolo "Particolato Secondario" di "Uno Sguardo all'aria 2007" ammonio, nitrati e solfati sono importanti componenti del particolato sospeso che si forma in atmosfera in seguito a processi chimico-fisici a partire dagli inquinanti primari.

Per quanto riguarda i metalli, la deposizione media annuale totale di arsenico (TABELLA 34) risulta inferiore al limite di quantificazione del metodo in entrambi gli anni di campionamento. Non è possibile stabilire in quale range di concentrazioni si posiziona questo parametro, in quanto il metodo di analisi utilizzato ha una sensibilità inferiore rispetto a quello applicato negli studi di letteratura citati in premessa.

Nel caso del cadmio la deposizione media annuale totale (TABELLA 34) è risultata pari a 39 µg/m²/anno nel 2007 e 57 µg/m²/anno nel 2008; in quest'ultimo anno quindi vi è stato un lieve incremento del valore, tuttavia l'ordine di grandezza rimane del tutto paragonabile. Se confrontato con i valori riportati nel Position Paper citato in premessa, il dato si colloca nell'intervallo tipico delle aree rurali e risulta significativamente inferiore ai valori riportati per aree urbane e industriali.

Il dato di Baldissero T.se risulta inoltre inferiore di più di un ordine di grandezza al valore limite a scala locale a suo tempo proposto dal gruppo di lavoro che ha curato la stesura del Position Paper. Se confrontato con i dati riportati nello studio sulla laguna di Venezia¹⁹ si osserva che il tenore di cadmio è equivalente ai livelli più bassi registrati.

Nel caso del nichel nel 2008 si osserva una diminuzione del valore di deposizione media annuale totale rispetto al 2007, in quanto il valore è passato da 2480 a 1925 µg/m²/anno (TABELLA 34).

I valori riportati nel Position Paper a parità di tipo di sito, presentano una variabilità superiore a quella degli altri metalli; in generale il dato rilevato a Baldissero T.se si colloca in un intervallo riferibile alle aree industriali e risulta significativamente superiore ai valori più comuni riportati in aree rurali o urbane. Rispetto ai valori registrati nella laguna di Venezia a Baldissero T.se il livello di nichel è confrontabile alla media delle rilevazioni effettuate su tutto il territorio lagunare.

L'analisi di dettaglio dei dati di entrambi gli anni mostra che i valori più elevati di nichel si sono distribuiti lungo tutto il periodo di campionamento, per cui il valore annuale di deposizione non appare attribuibile a singoli eventi di precipitazione particolarmente critici.

Per quanto riguarda il mercurio la deposizione media annuale totale (TABELLA 34) per il 2008 è risultata inferiore al limite di rilevabilità, espresso come flusso e calcolato facendo riferimento alla quantità di pioggia raccolta, infatti a parte un caso in tutti i campioni la concentrazione di mercurio nelle precipitazioni è risultata inferiore al limite di quantificazione analitico (0.05 µg/l).

Il dato è stato confrontato con i livelli riportati nel Position Paper, i quali si riferiscono unicamente a dati rilevati territorio svedese, e risultano comunque confrontabili con quelli riportati nello studio condotto nel Nord Italia²⁰. Nella laguna di Venezia sono stati determinati valori piuttosto modesti di mercurio (tra 2 e 7 µg/m²/anno).

Il confronto diretto con questi valori reperiti in letteratura non è possibile, in quanto il metodo di analisi utilizzato ha una sensibilità inferiore rispetto a quelli applicati nei suddetti studi.

¹⁹ Il monitoraggio Samanet nelle deposizioni atmosferiche della laguna di Venezia- anno 2007 a cura del Ministero delle Infrastrutture e trasporti – Magistrato delle Acque.

²⁰ Ruschetta et al. "Trace metal measurements in atmospheric depositions at three sites in Northern Italy. Methodology and preliminary results" – For. Snow. Landsc. Res. 80, 2: 191-200(2006).

Si può tuttavia sottolineare che rispetto al 2007 si osserva un miglioramento relativamente ai livelli di mercurio, infatti non si sono verificati episodi di campioni con presenza significativa di questo metallo come accadde nel 2007 in corrispondenza di alcuni eventi di precipitazione; l'unico campione in cui è stata rilevata la presenza di mercurio è quello raccolto tra febbraio e marzo 2008 con una concentrazione pari a 0,06 µg/l.

Nel caso degli altri metalli analizzati e non presi in considerazione dal Decreto Legislativo 152/2007, il confronto riportato in TABELLA 34 indica che il monitoraggio condotto nel 2007, per quanto non completo e spesso condizionato da malfunzionamenti dello strumento, si può considerare attendibile; infatti, i livelli di flusso dei vari metalli sono confermati, con antimonio, bario, berillio, cobalto, palladio, platino, rodio, selenio, uranio e vanadio che in entrambi gli anni sono risultati inferiori ai limiti di rilevabilità, e ferro e manganese che risultano i più abbondanti (si tratta di tipici componenti di origine crostale).

Per il ferro si osserva un incremento rispetto al 2007, in quanto il valore di flusso è passato da 8200 a circa 17000 µg/m²/anno, ma è comunque circa un ordine di grandezza inferiore ai livelli trovati nella laguna di Venezia.

Gli altri metalli che hanno flussi superiori ai rispettivi limiti di rilevabilità (manganese, cromo, piombo e rame) mostrano una diminuzione rispetto all'anno precedente e, a parte il cromo, si osserva che i valori sono inferiori a quelli riportati nello studio condotto nella laguna di Venezia e leggermente superiori a quelli dei tre siti del Nord Italia. Il cromo, pur mostrando una diminuzione rispetto all'anno 2007, presenta valori significativamente più elevati sia di quelli rilevati nei tre siti del Nord Italia che di quelli della laguna di Venezia.

Come specificato nella descrizione del metodo di campionamento, lo strumento installato nella stazione di Baldissero T.se permette il campionamento separato di deposizioni secche e umide; dall'analisi in dettaglio dei dati delle due frazioni si evidenzia che il contributo della deposizione umida risulta prevalente rispetto alla deposizione secca per tutti i metalli ad eccezione del cromo.

Tale differenza di distribuzione è significativa per cadmio, nichel, piombo, rame e ferro, mentre è meno netta per il manganese.

	pH		Conducibilità elettrica specifica (µS/cm)	
	2007	2008	2007	2008
Minimo	4,3	4,0	7,6	7,5
Massimo	7,1	7,1	51,0	65,6
N° campioni	19	18	19	18

TABELLA 32: Stazione di Baldissero T.se – Deposizioni umide – pH e conducibilità specifica, anni 2007 - 2008.

meq/m ² /anno	N° campioni	Azoto ammoniacale come ione fluoruro	Cloruri come ione cloruro	Calcio	Fluoruri come ione fluoruro	Magnesio	Nitrati come ione nitrato	Potassio	Sodio	Solfati come ione solfato
2007	19	24	NR	27	NR	11	22	3	7	14
2008	18	33	NR	42	NR	9	29	4	11	19

TABELLA 33: Stazione di Baldissero T.se – Deposizioni umide – cationi e anioni, anni 2007 – 2008. (NR significa Non Rilevabile)

µg/m ² /anno	N° campioni	Antimonio	Arsenico	Bario	Berillio	Cadmio	Cobalto	Cromo	Ferro	Manganese
2007	22	NR	NR	NR	NR	39	NR	1530	8200	5600
2008	29	NR	NR	NR	NR	57	NR	1307	17324	5048

µg/m ² /anno	N° campioni	Mercurio	Nichel	Palladio	Piombo	Platino	Rame	Rodio	Selenio	Uranio	Vanadio
2007	22	160	2480	NR	1150	NR	2600	NR	NR	NR	NR
2008	29	NR	1925	NR	1112	NR	2465	NR	NR	NR	NR

TABELLA 34: Stazione di Baldissero T.se – Deposizioni Totali – metalli, anni 2007 – 2008. (NR significa Non Rilevabile)

**Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:
F. Lollobrigida, Arpa Piemonte, Dipartimento di Torino.**

DESCRIZIONE

Gli idrocarburi policiclici aromatici, noti come I.P.A., sono un importante gruppo di composti organici caratterizzati dalla presenza di due o più anelli aromatici condensati. Hanno una solubilità relativamente bassa in acqua e sono altamente lipofili. Gli I.P.A. 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. La presenza di I.P.A. nei gas di scarico degli autoveicoli è dovuta sia alla presenza nel carburante di questi composti come tali che a processi di pirosintesi che hanno luogo durante la combustione. Negli autoveicoli alimentati a benzina l'utilizzo di marmitte catalitiche riduce l'emissione di I.P.A. dell'ordine dell'80-90%²¹.

A livello di ambienti confinati il fumo di sigaretta e le combustioni domestiche prive di ventilazione possono costituire una ulteriore fonte di inquinamento da I.P.A.

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 I.P.A. Va però sottolineato che in alcune situazioni si sta parallelamente diffondendo in misura significativa l'utilizzo della combustione di biomasse per il riscaldamento domestico. Tale fenomeno, se da un lato ha indubbi benefici in termini di bilancio complessivo di gas serra, va tenuto attentamente sotto controllo per quanto riguarda l'inquinamento al suolo in quanto la quantità di I.P.A. (come pure di altri inquinanti atmosferici di rilievo come il PM₁₀) emessi da un impianto domestico alimentato a legna è da 5 a 10 volte maggiore della quantità emessa da un impianto alimentato con combustibile liquido (kerosene, gasolio da riscaldamento, ecc.)²². La rilevanza di questa problematica è testimoniata dal fatto che anche l'Aggiornamento al Piano di risanamento e tutela della qualità dell'aria riguardante il riscaldamento ambientale e il condizionamento, approvato dalla Regione Piemonte con D.C.R. 98-1247 dell'11 gennaio 2007, individua in uno specifico allegato le prestazioni emissive che devono essere garantite dai sistemi di combustione a biomassa affinché la diffusione di tali combustibili non si ponga in contraddizione con gli obiettivi di risanamento della qualità dell'aria. Tali prestazioni, definite in termini di emissioni di ossidi di azoto e particolato, hanno indirettamente un effetto di limitazione anche delle sostanze componenti il particolato, tra cui gli I.P.A.

A livello di emissioni e di aria ambiente gli I.P.A. con 2 o 3 anelli si ritrovano prevalentemente in fase vapore, mentre quelli con 5 o più anelli, maggiormente rilevanti sul piano tossicologico, sono per la quasi totalità adsorbiti sul particolato e più precisamente nella frazione con diametro aerodinamico < 2,5 µm. Nell'atmosfera gli I.P.A. possono inoltre reagire con altri inquinanti quali ozono, ossidi d'azoto e biossido di zolfo generando inquinanti di tipo secondario come azaareni e nitroderivati.

In termini di massa gli I.P.A. costituiscono una frazione molto piccola del particolato atmosferico rilevabile in aria ambiente (< 0,1%) ma rivestono un grande rilievo tossicologico.

In particolare, il benzo(a)pirene (o 3,4-benzopirene) è un idrocarburo policiclico aromatico a cinque anelli su cui è disponibile una vasta letteratura scientifica; per tali ragioni questo composto viene usualmente utilizzato, anche a livello normativo, quale indicatore di esposizione in aria per l'intera classe degli I.P.A. Il D.Lgs. 152/2007 (art. 3.4 e allegato II) fissa per tale inquinante un valore obiettivo pari a 1 ng/m³ come media annuale, da raggiungere entro il 31 dicembre 2012. Il medesimo provvedimento individua anche altri sei idrocarburi policiclici aromatici di rilevanza tossicologica (art. 5.4) che vanno misurati al fine di verificare la co-

²¹ European Commission Ambient air pollution by PAH –Position Paper , pag. 8.

²² EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2007 pag. B216-29 tab 8.1a e B216-.32 tab 8.2 b.

stanza dei rapporti tra la loro concentrazione e quella del benzo(a)pirene stesso.

A titolo esemplificativo la TABELLA 35 e la TABELLA 36 riportano i fattori di emissione del benzo(a)pirene individuati dall' Agenzia Europea per l' Ambiente, rispettivamente, per il trasporto stradale²³ e per le combustioni domestiche.²⁴

Auto passeggeri e mezzi leggeri < 3,5 t – benzina (µg/Km)		Auto passeggeri e mezzi leggeri < 3,5 t – diesel (µg/Km)		Mezzi pesanti > 3,5 t (µg/Km)	GPL (µg/Km)
Convvenz.	Euro 1 e succ.	Iniez. diretta	Iniez. indiretta	Iniez. diretta	
0,48	0,32	0,63	2,85	0,90	0,01

TABELLA 35: fattori di emissione totali (caldo+freddo) di benzo(a)pirene – trasporto stradale.

Carbone (g/GJ)	Gas (g/GJ)	Combustibile liquido (g/GJ)	Legno e scarti agricoli (g/GJ)
230,0	NA	22,0	210,0

TABELLA 36: fattori di emissione di benzo(a)pirene – combustioni a fini di riscaldamento civile.

Per quanto riguarda le concentrazioni di benzo(a)pirene misurate nel particolato in aria ambiente, va sottolineato che esse presentano di norma un marcato andamento stagionale, con valori minori in primavera ed estate e più elevati in autunno e inverno. La diminuzione delle concentrazioni in aria ambiente nei mesi caldi dell' anno è legata a un insieme di fattori, tra cui le minori emissioni complessive dovute allo spegnimento degli impianti di riscaldamento, la maggiore altezza dello strato di rimescolamento, la diversa ripartizione degli I.P.A. tra fase aeriforme e particolato e l' aumento della velocità delle reazioni di fotolisi diretta che portano a una degradazione degli I.P.A. stessi.

DANNI CAUSATI

I dati ricavati da test su animali di laboratorio indicano che molti I.P.A. 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 I.P.A., 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 e il conseguente ingresso nella catena alimentare.

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.

La classificazione dell' International Agency for Research on Cancer (IARC)²⁵ del benzo(a)pirene e degli altri idrocarburi policiclici aromatici considerati di rilevanza tossicologica dal D.Lgs 152/2007 è indicata nella TABELLA 37.

²³ EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2007 pag B710-77 tab 8-64.

²⁴ EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2007 pag. B216-29 tab 8.1a. Tale tabella fa riferimento ad una distribuzione percentuale standard dei diversi tipi di riscaldamento descritta nel dettaglio a pag. B216-28 del documento. Per un dettaglio sulle stufe domestiche si veda la tabella del medesimo documento.

²⁵ International Agency for Research on Cancer (IARC) – Agents reviewed by the IARC monographs Volumes 1-100A last updated 2 april 2009.

Inquinante	Classificazione IARC
Benzo(a)pirene	Gruppo 1-cancerogeno per l'uomo
Dibenzo(a,h)antracene	Gruppo 2A-probabile cancerogeno per l'uomo
Benzo(a)antracene	Gruppo 2B - possibile cancerogeno per l'uomo
Benzo(b)fluorantene	Gruppo 2B - possibile cancerogeno per l'uomo
Benzo(j)fluorantene	Gruppo 2B - possibile cancerogeno per l'uomo
Benzo(k)fluorantene	Gruppo 2B - possibile cancerogeno per l'uomo
Indeno(1,2,3-cd)pirene	Gruppo 2B - possibile cancerogeno per l'uomo

TABELLA 37: classificazione I.A.R.C degli idrocarburi policiclici aromatici presi in considerazione dal D.Lgs. 152/07.

METODO DI MISURA

Il metodo di misura utilizzato a partire dall'anno 2005 prevede la raccolta con frequenza giornaliera su filtro in fibra di quarzo della frazione inalabile del particolato (PM_{10}) contenuta in un volume noto di aria; da ogni singolo filtro viene estratta una porzione di area nota e i campioni su base giornaliera vengono aggregati al fine della costituzione di un campione composto su base mensile²⁶, che viene sottoposto a estrazione con solvente e successiva determinazione quantitativa mediante gascromatografia-spettrometria di massa.

Negli anni precedenti al 2005 è stata utilizzata una metodica analoga ma con frequenze di prelievo inferiori per alcune stazioni in relazione alla presenza di campionatori che richiedono il cambio manuale dei filtri²⁷. Dall'anno 2007 sono disponibili, oltre a quelle di benzo(a)pirene, anche le misure di benzo(a)antracene, benzo(b)fluorantene, benzo(j)fluorantene, benzo(k)fluorantene²⁸ e indeno(1,2,3-cd)pirene

A partire dal 2006 nel caso della stazione di Torino Lingotto la determinazione del benzo(a)pirene è stata effettuata anche sulla frazione $PM_{2,5}$ con le stesse modalità utilizzate per la frazione PM_{10} .

ESAME DEI DATI

Il valore obiettivo per il benzo(a)pirene previsto dalla Direttiva 2004/107/CE recepita con il D.Lgs. n. 152 del 2 agosto 2007 è pari a 1 ng/m^3 come media annuale. Tale valore coincide con l'obiettivo di qualità dell'aria precedentemente in vigore a seguito del DM 25 novembre 1994.

La TABELLA 38 riassume le concentrazioni medie annuali rilevate a partire dal 1999 sul territorio provinciale.

Per una corretta interpretazione dei risultati occorre tener conto che:

- la frequenza di prelievo e la metodica analitica sono omogenee per tutte le stazioni solo a partire dal 2005; la confrontabilità dei dati con quelli rilevati negli anni precedenti non è quindi sempre pienamente assicurata, in particolare i valori relativamente bassi rispetto alla media del decennio rilevati nella stazione di Buttigliera nel 2000 e nel 2002 e in quella

²⁶ La possibilità di costituire campioni composti su base mensile è esplicitamente prevista dall'Allegato IV punto 7 del D.Lgs 152/2007.

²⁷ Per i dettagli si rimanda alle singole edizioni di "Uno sguardo all'aria".

²⁸ La metodica utilizzata non permette la determinazione dei singoli isomeri; nel seguito, come previsto dall'Al. IV punto 7 del D. Lgs 152/2007, si farà quindi riferimento a benzo(b+j+k)fluorantene, inteso come somma di benzo(b)fluorantene, benzo(j)fluorantene e benzo(k)fluorantene.

- di Carmagnola nel 2000 sono attribuibili al numero limitato di prelievi;
- nell'anno 2004 la determinazione del benzo(a)pirene non è stata effettuata per ragioni tecniche di messa a punto della nuova metodica analitica;
- i dati dell'ultima riga della tabella si riferiscono alla stazione di Torino Gaidano sino a marzo 2007, ubicata nei pressi di un asse viario a elevato traffico veicolare, e dal mese di aprile 2007 alla stazione di Torino Rubino, ubicata nello stesso quartiere ma in zona con caratteristiche ricreativo-residenziali;
- le medie annuali indicate in tabella per ogni stazione sono ricavate a partire 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.

La TABELLA 38 mostra che il valore obiettivo risulta rispettato, nel corso del decennio, in più dell'80% dei casi e che nel complesso i superamenti si sono quasi esclusivamente concentrati in stazioni urbane o suburbane da traffico; i valori in assoluto più bassi si rilevano nella stazione di Druento, posizionata nel Parco de La Mandria e quindi lontano da fonti di inquinamento antropogenico, mentre quelli mediamente più elevati sono stati misurati nella stazione di Torino Grassi, storicamente la più critica del territorio provinciale anche per il PM_{10} .

Il numero di punti di misura relativamente elevato dell'ultimo quinquennio permette di effettuare alcune importanti considerazioni statistiche. Un dato che va innanzitutto sottolineato è l'aumento della percentuale di stazioni in cui il valore obiettivo viene rispettato (FIGURA 45). Anche escludendo dal calcolo la stazione di Torino Lingotto, in cui il monitoraggio del benzo(a)pirene è iniziato nel 2006, si passa dal 73% (anno 2003) al 100% (anni 2007 e 2008) di stazioni in cui la media annuale è inferiore al valore obiettivo. Il trend favorevole di benzo(a)pirene, già rilevato nell'edizione 2007 di "Uno sguardo all'aria", è confermato anche dai valori del totale degli I.P.A. (TABELLA 39), anche se in questo caso occorre maggiore cautela poiché sono disponibili solo due anni di dati.

Poiché alcune stazioni mostrano una media annuale del benzo(a)pirene nell'intorno inferiore del valore obiettivo, non si può escludere del tutto che nei prossimi anni, in presenza di condizioni meteorologiche particolarmente sfavorevoli, tali stazioni possano nuovamente presentare un superamento del valore obiettivo, ma in ogni caso la situazione illustrata dalla FIGURA 45 costituisce un dato certamente positivo in termini di impatti sulla salute.

Per quanto riguarda il profilo temporale di concentrazione, viene confermato, sia per il solo benzo(a)pirene che per gli I.P.A. totali, il tipico andamento che presenta concentrazioni sensibilmente maggiori nei mesi invernali rispetto al periodo estivo; a titolo di esempio sono riportati gli andamenti (FIGURA 46 e FIGURA 47) relativi a tre postazioni rappresentative di situazioni territoriali diverse (una di fondo, una extraurbana e una nel capoluogo). Tale andamento temporale è attribuibile all'azione congiunta di una pluralità di fattori. In primo luogo il periodo invernale è tipicamente caratterizzato nel territorio provinciale da condizioni meteorologiche non favorevoli alla dispersione degli inquinanti e dalla presenza delle emissioni legate agli impianti di riscaldamento domestico, come testimoniato dal fatto che in ogni stazione il valore massimo di media mensile si riscontra nel periodo novembre- gennaio; in secondo luogo nel periodo estivo le temperature più elevate e l'intensa radiazione solare, oltre a creare condizioni di instabilità atmosferica favorevoli alla dispersione degli inquinanti, aumentano la velocità delle reazioni di fotodegradazione e/o trasformazione degli I.P.A.

I dati disponibili per la stazione di Torino Lingotto permettono di effettuare alcune considerazioni anche sulla distribuzione della massa di I.P.A. nelle diverse frazioni di particolato (TABELLA 40). Prendendo in considerazione il biennio 2007-2008 si osserva che in media più dell'80% degli I.P.A. totali e la quasi totalità del benzo(a)pirene è concentrato nella frazione "fine" $PM_{2.5}$;

- il rapporto medio tra le concentrazioni di benzo(a)pirene e I.P.A. nel $PM_{2.5}$ e nel PM_{10} è significativamente superiore al rapporto tra le concentrazioni medie delle due frazioni di particolato. Ciò significa che nel sito considerato la massa di benzo(a)pirene per unità di massa di particolato è in media maggiore nel $PM_{2.5}$, cioè nella frazione in grado di penetrare maggiormente in profondità nell'apparato polmonare.

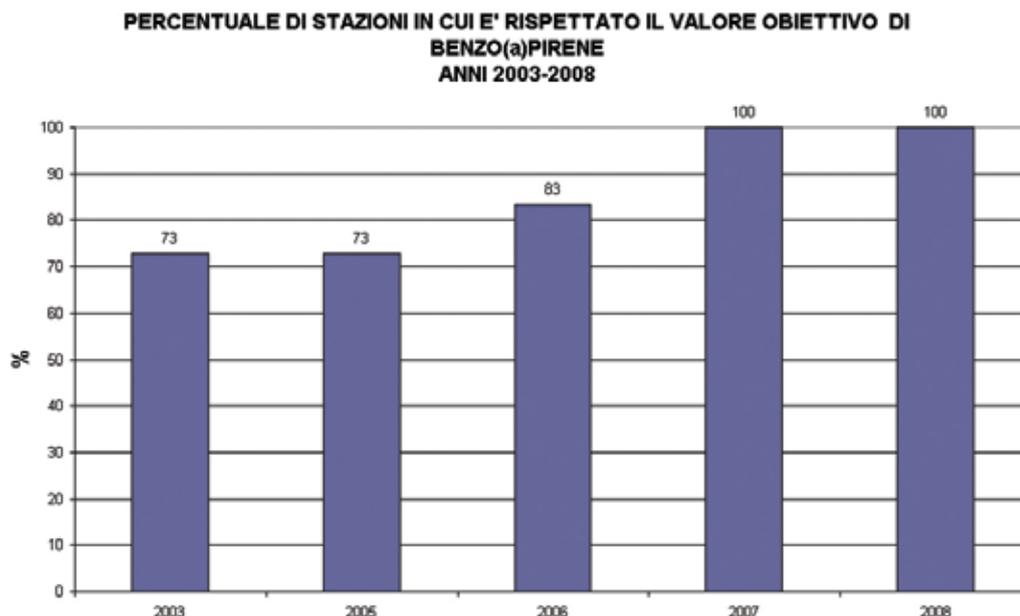


FIGURA 45: percentuale di stazioni in cui il valore obiettivo è rispettato - 2003-2008

Alcune considerazioni di un certo interesse possono essere infine effettuate utilizzando come indicatore non le concentrazioni assolute di benzo(a)pirene ma la percentuale in massa dell'inquinante nel particolato.

La TABELLA 41 e la FIGURA 48 riportano la percentuale di benzo(a)pirene nel PM_{10} per tutte le stazioni considerate²⁹ in relazione al quadriennio 2005-2008. La FIGURA 50 riporta graficamente l'andamento temporale di tali percentuali relativamente alle tre stazioni (Druento, Susa e Torino Consolata) già utilizzate come rappresentative di diverse situazioni territoriali.

La TABELLA 42, la FIGURA 49 e la FIGURA 51 riportano le stesse elaborazioni relativamente agli I.P.A. totali per il biennio 2007-2008.

Il calcolo della percentuale di benzo(a)pirene e I.P.A. nel particolato evidenzia che:

- a livello temporale il PM_{10} risulta, a parità di stazione, significativamente più ricco sia di benzo(a)pirene che di I.P.A. totali durante i mesi freddi dell'anno. Il periodo invernale risulta quindi quello più critico per l'esposizione a particolato non solo in termini di concentrazioni assolute ma anche di composizione in microinquinanti organici;
- a livello spaziale durante il mese caldo non vi sono differenze significative tra le diverse stazioni; durante il semestre freddo si osserva invece che le stazioni in cui la percentuale di benzo(a)pirene e di I.P.A. totali è più elevata sono esterne al capoluogo. Nel dettaglio si osserva che nei mesi freddi le stazioni di Torino si assestano attorno a valori dell'ordine di 0,0015 – 0,0020 % per il benzo(a)pirene e di 0,0080 – 0,0100 % per gli I.P.A. totali, confrontabili a quelli riscontrate presso la stazione di fondo rurale di Druento, mentre le stazioni più critiche risultano quelle di Ivrea, Buttigliera Alta e soprattutto Susa, con valori tra 0,0030 e 0,0050% per il benzo(a)pirene e tra 0,0140 e 0,0240% per gli I.P.A. totali. L'entità delle dif-

²⁹ Le percentuali riportate in tabella in riferimento alla media dei mesi freddi e a quella dei mesi caldi sono calcolate sulla base delle concentrazioni medie giornaliere di benzo(a)pirene e PM_{10} misurate, rispettivamente, nei mesi di gennaio, febbraio, marzo, ottobre, novembre, dicembre (semestre freddo) e in quelli di aprile, maggio, giugno, luglio, agosto, settembre (semestre caldo) del triennio considerato. A causa del diverso peso statistico di ogni mese, tali percentuali possono quindi presentare leggere differenze rispetto a quelle calcolabili sulla base della semplice media aritmetica delle percentuali mensili riportate nella medesima tabella.

ferenze nel semestre freddo è inoltre tale da far sì che analoghe differenze tra le stazioni si rilevino, in misura ovviamente meno accentuata, anche a livello di percentuali medie annue.

Il fenomeno in questione, già evidenziato nelle relazioni dell'anno 2006 e 2007, è di non facile interpretazione, ma la consistenza ormai quadriennale della base dati per il benzo(a)pirene e il fatto che gli stessi andamenti si osservino anche per gli I.P.A. totali indicano che vi è una differenza sistematica di composizione chimica tra alcune stazioni extraurbane e quelle del capoluogo.

A livello di analisi preliminare si può osservare che le fonti emissive che possono risultare più critiche per quanto riguarda l'emissione di I.P.A. nelle aree lontane dal capoluogo (e che quindi possono dare origine in aria ambiente a un particolato più ricco di I.P.A.) sono il traffico veicolare pesante sui grandi assi viari extraurbani, la combustione del legno (o comunque di biomasse) ai fini di riscaldamento domestico e gli eventuali insediamenti produttivi con emissioni atmosferiche di I.P.A. significative.

Per definire in termini quantitativi il peso relativo delle diverse tipologie di fonti sarebbe necessario intraprendere uno studio specifico. Sulla base dei dati disponibili è comunque possibile formulare alcune considerazioni relativamente al traffico e alla combustione di biomasse.

L'analisi dei dati suggerisce che il traffico veicolare non costituisca la causa principale del fenomeno. Come già rilevato nelle relazioni degli anni 2006 e 2007, i valori rilevati nella stazione di Carmagnola, posizionata nelle immediate vicinanze di una strada statale caratterizzata da un notevole flusso di autoveicoli pesanti, non presentano una percentuale di benzo(a)pirene nel PM_{10} più elevata di quella delle stazioni del capoluogo né della stazione di fondo rurale di Druento. Al contrario le osservazioni indicano che il contributo della combustione di biomasse è presumibilmente significativo in quanto:

- il rapporto I.P.A./ PM_{10} assume i valori più elevati dal punto di vista spaziale nelle aree territoriali extraurbane (dove l'utilizzo di legna e biomasse è presumibilmente più diffuso) e dal punto di vista temporale nel semestre freddo dell'anno e in particolare nei mesi da novembre a febbraio (FIGURA 48 e FIGURA 49) in cui è più intenso l'utilizzo degli impianti di riscaldamento;
- la stazione di Saliceto in Provincia di Cuneo, che per la sua ubicazione è soggetta a ricadute significative da impianti a biomassa i quali costituiscono localmente la principale tipologia di riscaldamento civile, può essere utilizzata come riferimento per valutare tale fenomeno. Dal punto di vista della concentrazione assoluta di benzo(a)pirene, i dati rilevati in questa stazione durante il quadriennio considerato sono fra i più elevati in ambito regionale; inoltre anche in questo caso le percentuali di benzo(a)pirene e I.P.A. totali nel PM_{10} sono significativamente più alte che nell'area urbana torinese, sia in termini di media annuale (0,0044% e 0,0022% rispettivamente sul quadriennio 2005-2008) che in riferimento al semestre freddo (0,0060% e 0,031%). Questi dati avvalorano l'ipotesi di una correlazione fra intensa combustione di biomasse e la presenza di significative concentrazioni di I.P.A. in aria ambiente, evidenziabile anche attraverso i fattori di emissione riportati in TABELLA 36.

Per approfondire questa tematica il Dipartimento Arpa di Torino ha avviato una collaborazione scientifica con L'Università degli Studi di Milano (Dipartimento di Scienze Ambientali - UNIMIB, Dipartimento di Chimica Inorganica Metallorganica e Analitica - UNIMI, Dipartimento di Fisica - UNIMI), finalizzata all'acquisizione di informazioni sulla componente organica del particolato atmosferico e in particolare alla determinazione di traccianti della combustione di biomasse³⁰.

³⁰ "A simplified method for levoglucosan quantification in wintertime atmospheric particulate matter by High Performance Anion-Exchange Chromatography coupled with Pulsed Amperometric Detection" A. Piazzalunga, et al - International Journal of Environmental Analytical Chemistry - in corso di pubblicazione;
 "A mass closure and PMF source apportionment study on the sub-micron sized aerosol fraction at urban sites in Italy" Vecchi R. et al -. Atmospheric Environment, 42, 2240-2253, 2008;
 "A TGA/FT-IR study for measuring OC and EC in aerosol samples" P. Fermo, A. Piazzalunga, R. Vecchi, G. Valli, M. Ceriani, Atmospheric Chemistry and Physics, 6, 255-266.

A fronte della criticità descritta per le aree extraurbane, va rilevato che a livello di serie temporale sembra emergere, per la maggior parte delle stazioni, una tendenza alla diminuzione della percentuale sia di benzo(a)pirene che di I.P.A. sul particolato (TABELLA 43 e TABELLA 44); in particolare, analogamente a quanto evidenziato nel capitolo relativo ai metalli, la diminuzione delle concentrazioni nel 2008 risulta in generale maggiore di quanto ci si aspetterebbe in base alla sola diminuzione delle concentrazioni di PM₁₀ rispetto al 2007, e sembrerebbe indicare un miglioramento della qualità complessiva delle fonti emissive. Tale ipotesi andrà comunque confermata negli anni successivi.

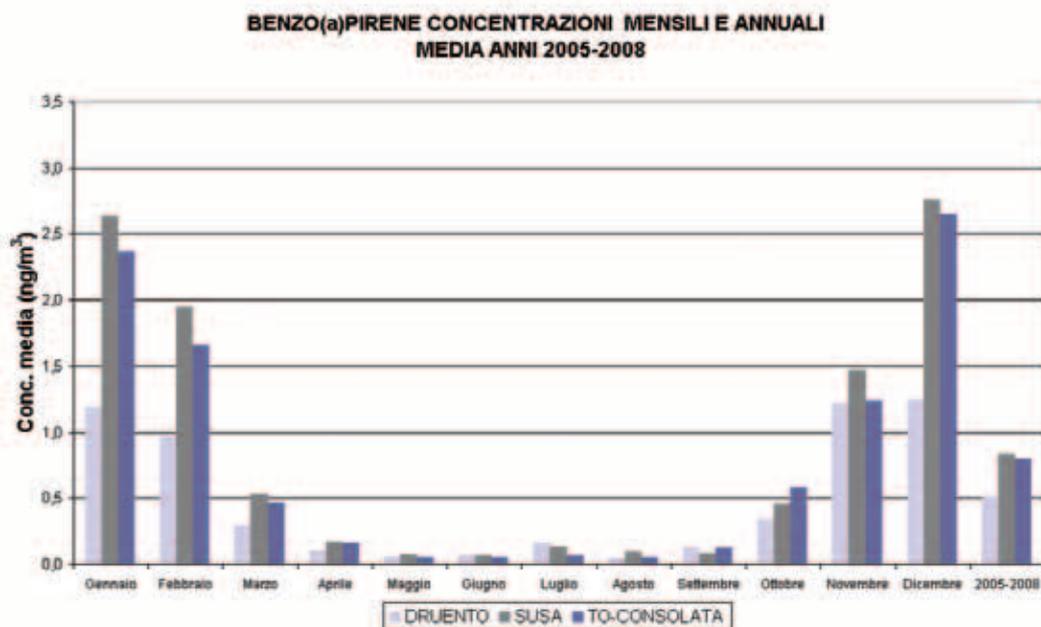


FIGURA 46: concentrazioni medie mensili e annuali di benzo(a)pirene rilevato nel PM₁₀ – Quadriennio 2005-2008.

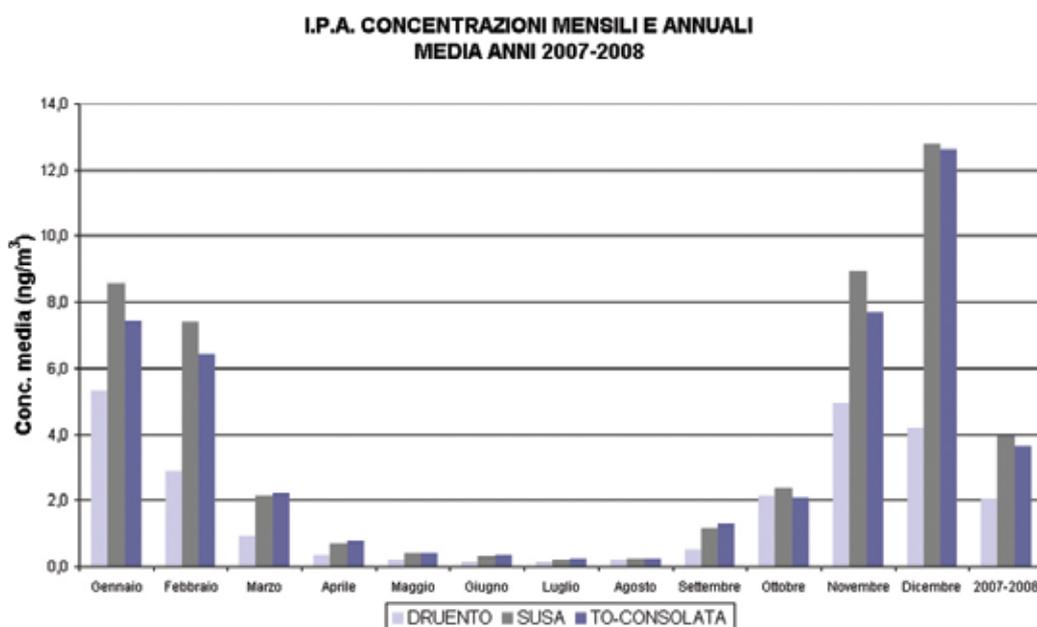


FIGURA 47: concentrazioni medie mensili e annuali di I.P.A. totali rilevati nel PM₁₀ – Biennio 2007-2008.

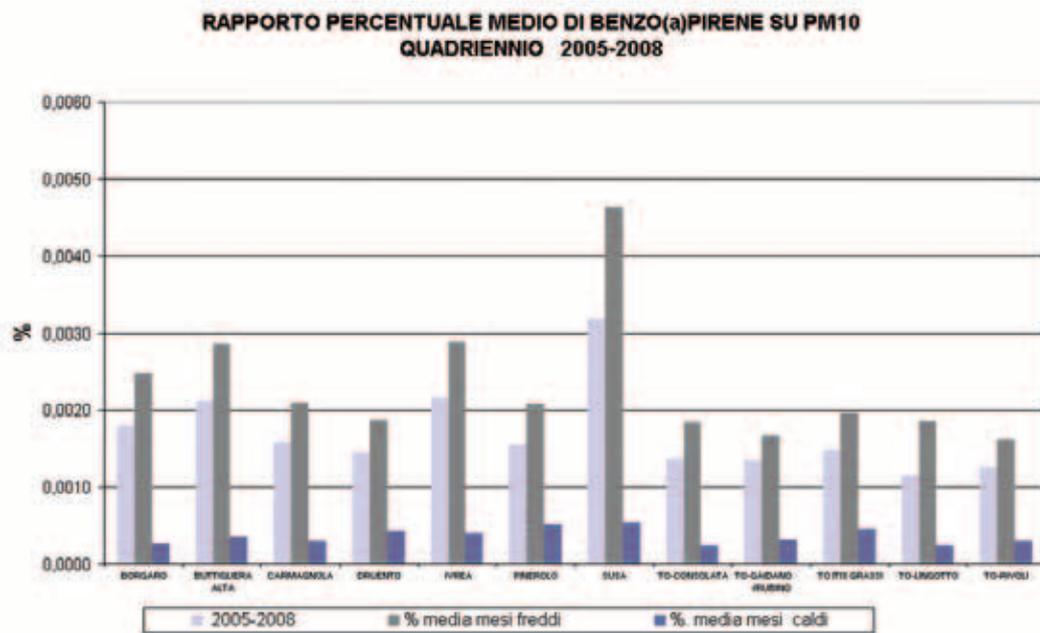


FIGURA 48: percentuale di benzo(a)pirene nel PM₁₀ – Quadriennio 2005-2008.

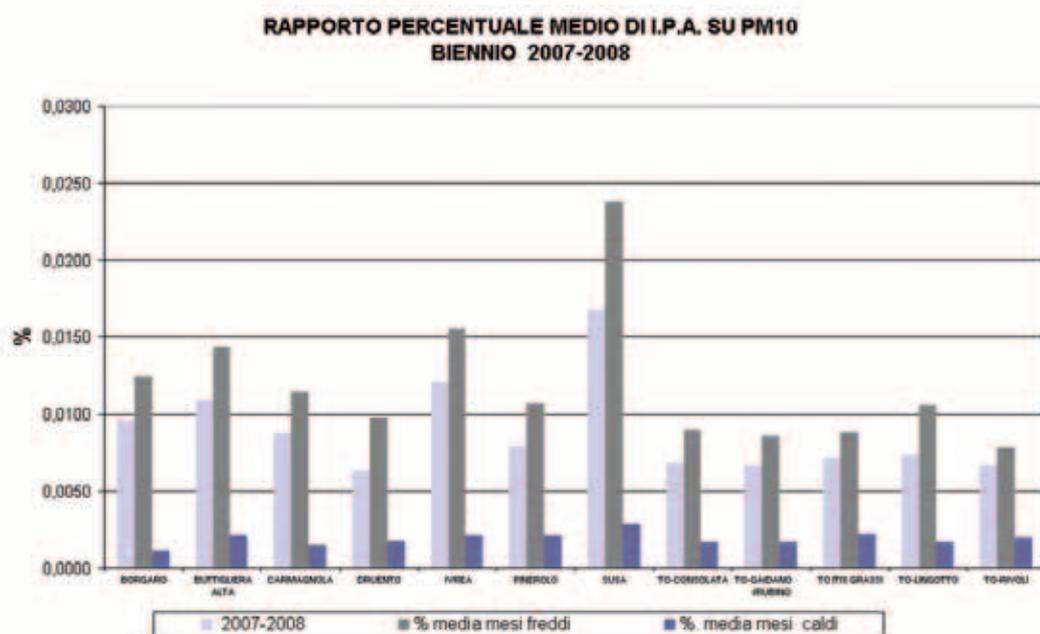


FIGURA 49: percentuale di I.P.A. nel PM₁₀ – Biennio 2007-2008.

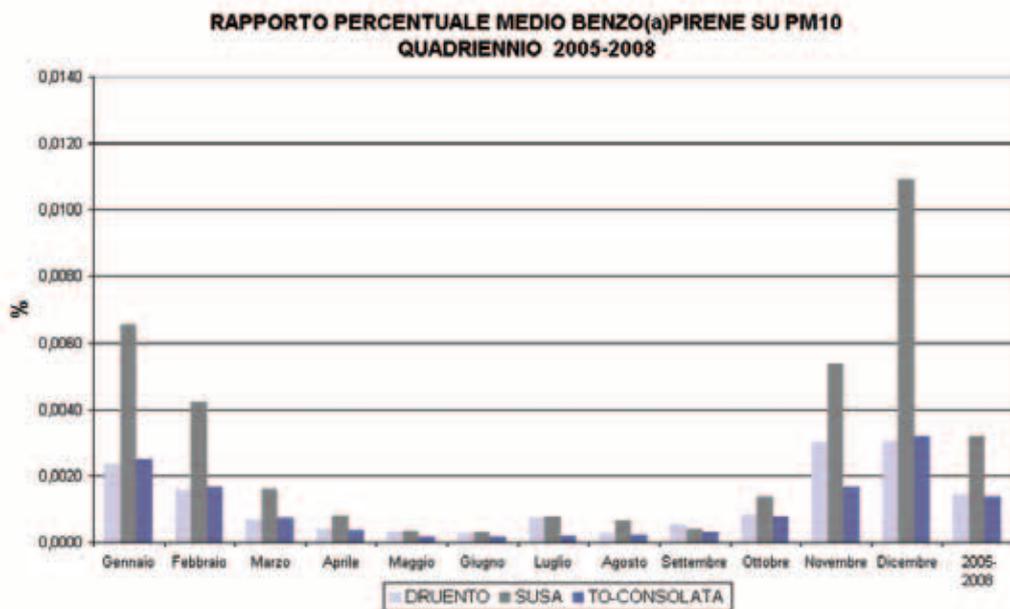


FIGURA 50: percentuale benzo(a)pirene nel PM₁₀ – Andamento delle medie mensili- Quadriennio 2005-2008.

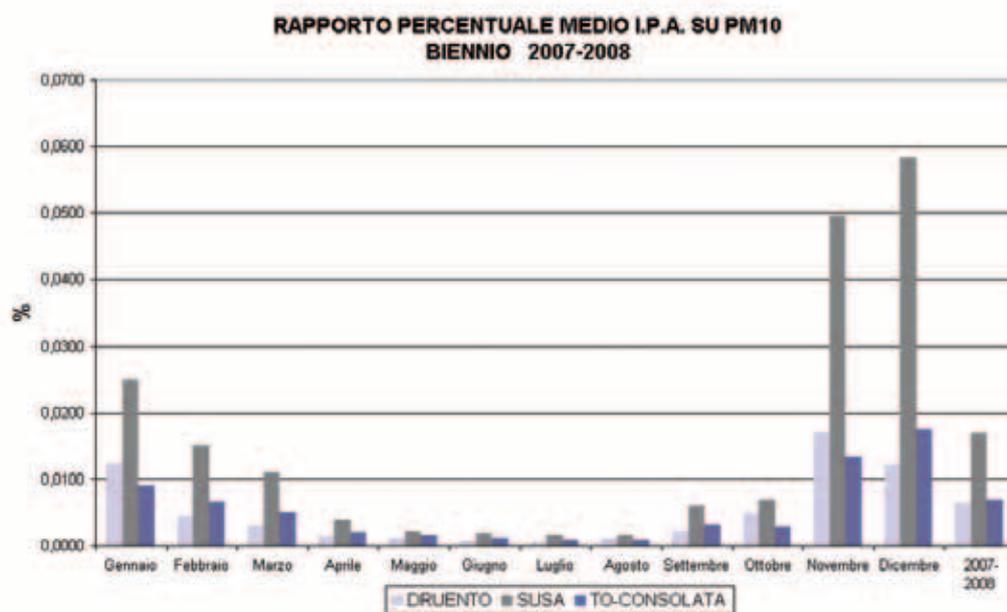


FIGURA 51: percentuale I.P.A. totali nel PM₁₀ – Andamento delle medie mensili- Biennio 2007-2008

STAZIONE	% giorni validi 2008	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
BORGARO	98%	-	-	-	0,7	0,9	-	1,1	1,0	0,8	0,7
BUTTIGLIERA ALTA	95%	0,8	-	0,8	0,4 ⁽⁵⁾	0,9	-	1,0	1,2	0,7	0,6
CARMAGNOLA	98%	0,7	0,4 ⁽⁴⁾	0,8	0,9	1,0	-	0,7	1,0	0,8	0,7
DRUENTO	92%	-	-	-	-	0,4	-	0,8	0,4	0,4	0,4
IVREA ⁽¹⁾	97%	-	-	-	-	1,3	-	1,0	1,0	0,9	0,7
PINEROLO	96%	-	-	-	-	0,6	-	0,8	0,6	0,5	0,5
SUSA	96%	-	-	-	-	0,9	-	1,0	1,0	0,7	0,6
TO ITIS GRASSI	92%	-	-	-	1,2	1,1	-	1,4	0,9	0,9	0,8
TO-LINGOTTO	68% ⁽⁷⁾	-	-	-	-	-	-	-	0,6 ⁽⁶⁾	0,7	0,6 ⁽⁷⁾
TO-LINGOTTO PM _{2,5}	95%	-	-	-	-	-	-	-	0,8	0,6	0,6
TO-RIVOLI	95%	-	-	-	-	0,8	-	1,1	0,8	0,6	0,6
TO-CONSOLATA	93%	0,9	0,9	0,9	0,8	1,1	-	0,9	1,1	0,6	0,6
TO-GAIDANO ⁽²⁾	90%	-	-	-	-	1,0	-	0,9	0,9	0,4	0,5
TO-RUBINO ⁽³⁾											

TABELLA 38: concentrazioni medie annuali di benzo(a)pirene rilevate su PM₁₀ e PM_{2,5} – 1999-2008 (ng/m³).

(1) sino al novembre 2006 il sito è quello da traffico di P.zza Freguglia; dal dicembre 2006 il sito è quello di background suburbano di Viale della Liberazione.

(2) stazione dismessa nel marzo 2007.

(3) stazione attiva a partire da aprile 2007.

(4) dati disponibili a partire dal mese di aprile.

(5) numero limitato di campioni su base annuale rispetto alle altre stazioni.

(6) dati disponibili a partire dal mese di maggio (ciò spiega il valore inferiore a quello del BaP determinato sul PM_{2,5}).

(7) percentuale di dati disponibili inferiore all'obiettivo fissato dalla normativa (90%).

STAZIONE	% giorni validi 2008	2007	2008
BORGARO	98%	5,1	3,4
BUTTIGLIERA ALTA	95%	4,8	3,3
CARMAGNOLA	98%	5,1	3,5
DRUENTO	92%	2,7	2,1
IVREA(1)	97%	5,5	3,3
PINEROLO	96%	3,2	2,6
SUSA	96%	4,8	3,1
TO ITIS GRASSI	92%	5,0	4,0
TO-LINGOTTO	68% ⁽⁴⁾	5,4	2,3
TO-LINGOTTO PM _{2,5}	95%	3,3	3,1
TO-RIVOLI	95%	4,2	3,0
TO-CONSOLATA	93%	4,2	3,1
TO-GAIDANO ⁽²⁾ /TO-RUBINO ⁽³⁾	90%	3,3	2,7

TABELLA 39: concentrazioni medie annuali di I.P.A. totali rilevate su PM₁₀ e PM_{2,5} – 2007-2008 (ng/m³).

(1) sino al novembre 2006 il sito è quello da traffico di P.zza Freguglia; dal dicembre 2006 il sito è quello di back-ground suburbano di Viale della Liberazione.

(2) stazione dismessa nel marzo 2007.

(3) stazione attiva a partire da aprile 2007.

(4) percentuale di dati disponibili inferiore all'obiettivo fissato dalla normativa (90%).

Rapporto B(a)P su PM _{2,5} /B(a)P su PM ₁₀	0,97
Rapporto I.P.A. tot su PM _{2,5} /I.P.A. tot su PM ₁₀	0,84
Rapporto PM _{2,5} /PM ₁₀	0,69

TABELLA 40: Stazione di Torino Lingotto – Rapporto tra benzo(a)pirene/I.P.A. totali contenuti nel PM_{2,5} e nel PM₁₀ - biennio 2007-2008.

Periodo di mediazione (con riferimento a quadriennio 2005-2008)	BORGARO	BUTTIGLIERA ALTA	CARMAGNOLA	DRUENTO	IVREA	PINEROLO	SUSA	TO-CONSOLATA	TO-GAIDANO RUBINO	TO ITIS GRASSI	TO-LINGOTTO	TO-RIVOLI
Gennaio	0,0032	0,0037	0,0029	0,0024	0,0038	0,0029	0,0065	0,0025	0,0022	0,0028	0,0017	0,0020
Febbraio	0,0026	0,0024	0,0019	0,0016	0,0032	0,0020	0,0042	0,0017	0,0016	0,0019	0,0012	0,0017
Marzo	0,0009	0,0006	0,0008	0,0007	0,0009	0,0007	0,0016	0,0007	0,0005	0,0008	0,0007	0,0005
aprile	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0008	0,0004	0,0004	0,0006	0,0003	0,0004
Maggio	0,0002	0,0002	0,0002	0,0003	0,0003	0,0006	0,0003	0,0001	0,0002	0,0002	0,0003	0,0004
Giugno	0,0002	0,0003	0,0002	0,0003	0,0003	0,0002	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Luglio	0,0002	0,0006	0,0004	0,0007	0,0006	0,0006	0,0007	0,0002	0,0006	0,0004	0,0002	0,0004
Agosto	0,0004	0,0005	0,0004	0,0002	0,0007	0,0004	0,0007	0,0002	0,0003	0,0004	0,0004	0,0004
Settembre	0,0002	0,0002	0,0002	0,0005	0,0003	0,0008	0,0004	0,0003	0,0002	0,0008	0,0002	0,0002
Ottobre	0,0009	0,0010	0,0006	0,0008	0,0011	0,0009	0,0014	0,0008	0,0006	0,0008	0,0003	0,0005
Novembre	0,0026	0,0030	0,0019	0,0030	0,0027	0,0023	0,0054	0,0017	0,0016	0,0016	0,0014	0,0015
Dicembre	0,0041	0,0062	0,0040	0,0031	0,0055	0,0041	0,0109	0,0032	0,0032	0,0033	0,0041	0,0030
2005-2008	0,0018	0,0021	0,0016	0,0014	0,0022	0,0015	0,0032	0,0014	0,0013	0,0015	0,0011	0,0013
% media mesi freddi	0,0025	0,0029	0,0021	0,0019	0,0029	0,0021	0,0046	0,0018	0,0017	0,0020	0,0018	0,0016
% media mesi caldi	0,0003	0,0004	0,0003	0,0004	0,0004	0,0005	0,0005	0,0002	0,0003	0,0005	0,0002	0,0003

TABELLA 41: percentuale in massa di benzo(a)pirene nel PM₁₀– Quadriennio 2005-2008.

Periodo di mediazione (con riferimento a biennio 2007-2008)	BORGARO	BUTTIGLIERA ALTA	CARMAGNOLA	DRUENTO	IVREA	PINEROLO	SUSA	TO-CONSOLATA	TO-GAIDANO RUBINO	TO ITIS GRASSI	TO-LINGOTTO	TO-RIVOLI
Gennaio	0,0133	0,0154	0,0134	0,0122	0,0162	0,0134	0,0248	0,0090	0,0090	0,0091	0,0098	0,0081
Febbraio	0,0083	0,0089	0,0083	0,0044	0,0106	0,0067	0,0150	0,0065	0,0065	0,0071	0,0059	0,0054
Marzo	0,0076	0,0063	0,0054	0,0029	0,0053	0,0053	0,0110	0,0049	0,0035	0,0051	0,0059	0,0041
Aprile	0,0012	0,0023	0,0018	0,0013	0,0021	0,0020	0,0037	0,0020	0,0018	0,0026	0,0015	0,0017
Maggio	0,0013	0,0015	0,0012	0,0012	0,0017	0,0013	0,0022	0,0015	0,0012	0,0006	-	0,0015
Giugno	0,0014	0,0015	0,0011	0,0007	0,0012	0,0011	0,0017	0,0011	0,0012	0,0008	0,0008	0,0010
Luglio	0,0008	0,0010	0,0008	0,0006	0,0012	0,0010	0,0014	0,0008	0,0008	0,0008	-	0,0009
Agosto	0,0009	0,0011	0,0007	0,0012	0,0012	0,0009	0,0015	0,0009	0,0009	0,0011	0,0007	0,0008
Settembre	0,0015	0,0046	0,0042	0,0021	0,0046	0,0055	0,0059	0,0032	0,0034	0,0059	0,0069	0,0045
Ottobre	0,0034	0,0045	0,0031	0,0047	0,0053	0,0024	0,0069	0,0028	0,0022	0,0038	0,0028	0,0024
Novembre	0,0187	0,0221	0,0139	0,0171	0,0231	0,0188	0,0496	0,0132	0,0129	0,0124	-	0,0116
Dicembre	0,0259	0,0319	0,0245	0,0122	0,0328	0,0234	0,0582	0,0175	0,0187	0,0179	0,0226	0,0157
2007-2008	0,0096	0,0109	0,0088	0,0063	0,0121	0,0079	0,0168	0,0069	0,0067	0,0071	0,0074	0,0066
% media mesi freddi	0,0124	0,0143	0,0114	0,0097	0,0155	0,0106	0,0238	0,0089	0,0085	0,0088	0,0106	0,0079
% media mesi caldi	0,0011	0,0022	0,0015	0,0017	0,0021	0,0021	0,0029	0,0017	0,0017	0,0022	0,0017	0,0020

TABELLA 42: percentuale in massa di I.P.A. totali nel PM₁₀ - Biennio 2007-2008.

Anno di mediazione	BORGARO	BUTTIGLIERA ALTA	CARMAGNOLA	DRUENTO	IVREA	PINEROLO	SUSA	TO-CONSOLATA	TO-GAIDANO RUBINO	TO ITIS GRASSI	TO-LINGOTTO	TO-RIVOLI
2005	0,0022	0,0022	0,0015	0,0022	0,0021	0,0019	0,0034	0,0014	0,0018	0,0020	-	0,0020
2006	0,0017	0,0026	0,0017	0,0011	0,0022	0,0013	0,0034	0,0017	0,0014	0,0012	0,0010	0,0012
2007	0,0017	0,0018	0,0016	0,0013	0,0023	0,0014	0,0032	0,0011	0,0009	0,0014	0,0016	0,0011
2008	0,0016	0,0017	0,0015	0,0013	0,0021	0,0014	0,0024	0,0011	0,0012	0,0013	0,0012	0,0011

TABELLA 43: percentuale in massa media annuale di benzo(a)pirene nel PM₁₀.

Anno di mediazione	BORGARO	BUTTIGLIERA ALTA	CARMAGNOLA	DRUENTO	IVREA	PINEROLO	SUSA	TO-CONSOLATA	TO-GAIDANO RUBINO	TO ITIS GRASSI	TO-LINGOTTO	TO-RIVOLI
2007	0,0111	0,0126	0,0101	0,0084	0,0141	0,0086	0,0219	0,0079	0,0069	0,0035	0,0088	0,0076
2008	0,0080	0,0091	0,0073	0,0064	0,0097	0,0072	0,0124	0,0058	0,0063	0,0013	0,0054	0,0056

TABELLA 44: percentuale in massa media annuale di I.P.A. totali nel PM₁₀.

**Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:
F. Romeo, 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 individuati dagli organismi di coordinamento ARPA - Provincia di Torino.

La stazione mobile è dotata di sensori per la misura in continuo di biossido di zolfo, monossido di carbonio, ossidi di azoto, polveri PM₁₀, ozono, idrocarburi aromatici e dei principali parametri meteorologici.

Di norma, in ognuno dei siti vengono effettuate campagne di monitoraggio in due diversi periodi, uno nel semestre freddo e uno in quello caldo dell'anno, in modo da tener conto della variabilità delle concentrazioni degli inquinanti aerodispersi legate alla variazione stagionale delle condizioni meteorologiche ed in particolare di stabilità atmosferica.

Tutti i siti monitorati sono stati oggetto di specifiche relazioni tecniche curate dal Dipartimento ARPA di Torino; copia delle relazioni è disponibile sia presso tale Dipartimento che presso l'Area Ambiente della Provincia di Torino ed è scaricabile via internet all'indirizzo: <http://www.provincia.torino.it/ambiente/inquinamento/aria/qualita/mezzo>.

Per ogni campagna di monitoraggio viene riportata nel presente capitolo una breve scheda riassuntiva, che descrive il confronto con i valori limite a oggi in vigore (D.M. 60/2002 per biossido di zolfo, biossido di azoto, monossido di carbonio, benzene e PM₁₀, e D. Lgs n. 183 del 21/05/04 per quanto riguarda l'ozono).

In ogni tabella il numero di superamenti viene espresso, oltre che in termini assoluti, anche in percentuale, in modo da fornire un'indicazione che tenga conto della durata della campagna di monitoraggio. La percentuale è riferita al numero di unità temporali a cui fa riferimento il valore limite di confronto, cioè al numero massimo teorico di superamenti; nel caso di un valore limite espresso come concentrazione media oraria, ad esempio, la percentuale è riferita al numero totale di dati orari validi.

I dati acquisiti tramite il mezzo mobile consentono di integrare le valutazioni sulla qualità dell'aria sul territorio provinciale e permettono agli amministratori comunali di valutare l'adozione di interventi al fine di migliorare la qualità dell'aria del proprio territorio, dove possono esserci situazioni specifiche, quali ad esempio la presenza di vie di comunicazione o di unità produttive.

Nel corso del 2008, il Laboratorio Mobile è stato posizionato in sei Comuni della Provincia di Torino, (Piossasco, Venaria Reale, Bardonecchia, Rivoli, Nichelino e Torre Pellice), con la campagna di Bardonecchia effettuata in due siti differenti.

La seconda campagna nel comune di Piossasco è stata realizzata al fine di monitorare l'inquinamento prodotto dal traffico veicolare, nella strada S.S. Pinerolo - Avigliana.

La prima campagna di monitoraggio di Venaria Reale è stata finalizzata alla verifica della qualità dell'aria in un primo sito nei pressi della tangenziale stradale, in cui è stata posizionata la stazione mobile, e in un secondo sito, caratterizzato dalla presenza di impianti produttivi di cui è prevista la rilocalizzazione, in cui è stato posizionato un campionatore di PM₁₀. In questo capitolo si farà riferimento alle misure effettuate nel primo sito, rimandando per quanto riguarda il secondo sito alla relazione di dettaglio.

Anche la prima campagna nel comune di Bardonecchia ha avuto luogo in due siti distinti, il primo (Sito Autostrada) adiacente all'imbocco del tunnel ferroviario in prossimità dell'autostrada A32, il secondo (Sito Laghetto) in prossimità della zona di campo Smith. In questo caso in entrambi i siti è stata utilizzata la stazione mobile.

La prima campagna nel comune di Rivoli è stata realizzata al fine di valutare la qualità dell'aria a seguito della deviazione dei flussi veicolari dal centro storico di Rivoli in C.so Susa, a seguito dell'istituzione della ZTL. Uno scopo analogo ha avuto anche la seconda campagna

realizzata nel comune di Nichelino.

La campagna di Torre Pellice è stata realizzata in Via Giacomo Matteotti, lungo la strada S.P. 161, che attraversa il comune, ed è stata quindi finalizzata all'inquinamento atmosferico prodotto dal traffico automobilistico.

Il valore limite previsto dal DM 60/2002 per il monossido di carbonio è stato rispettato in tutti i siti, così come quello per il biossido di zolfo. Le maggiori criticità sono emerse dal monitoraggio del PM₁₀ nel periodo invernale, mentre nel periodo estivo o primaverile, è l'ozono il parametro che registra il maggior numero di superamenti, in relazione all'aumento dell'irraggiamento solare e delle temperature.

In particolare per il PM₁₀, il livello giornaliero per la protezione della salute di 50 µg/m³ è stato superato 9 volte su 26 giorni validi a Venaria, 22 volte su 54 giorni a Piossasco e 16 volte su 32 giorni validi a Rivoli, mentre non si sono verificati superamenti nelle campagne estive di Bardonecchia e Nichelino.

Nel seguito si riassumono brevemente i principali risultati emersi dalle campagne, rimandando per approfondimenti alle relazioni tecniche di dettaglio.

Nel Comune di Piossasco la seconda campagna è stata condotta tra fine Gennaio e fine Febbraio, un periodo caratterizzato da elevata stabilità atmosferica. L'unico inquinante per cui si sono registrati dei superamenti è il PM₁₀, con valori simili a quelli di stazioni della rete fissa provinciale che hanno caratteristiche simili come Pinerolo, Buttigliera e Carmagnola, con il 91% di superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m³.

Gli andamenti di benzene, monossido di carbonio e biossido di azoto mostrano che la qualità dell'aria è influenzata dalla presenza di traffico veicolare, in quanto le concentrazioni più elevate, pur rispettando i limiti previsti dalla normativa, si osservano tra le 7 e le 11 e tra le 18 e le 20. Nessun superamento dei valori limite si è verificato per quanto riguarda l'inquinante NO₂, il secondo inquinante in ordine di criticità nel periodo invernale sul territorio provinciale.

Il Benzene ha fatto registrare il valore medio più alto di tutte le altre campagne con una media di 5 µg/m³.

Nel Comune di Venaria Reale la prima campagna del monitoraggio è stata condotta tra novembre e dicembre. Il PM₁₀ ha registrato 9 superamenti del limite dei 50 µg/m³, su 26 giorni di campionamento, con un valore massimo di 81 µg/m³ ed una media di 43 µg/m³, valori identici a quelli registrati nella stazione fissa di Borgaro Torinese. Gli altri inquinanti non hanno registrato alcun superamento.

Nel Comune di Bardonecchia, nel corso della campagna dell'estate 2008, l'inquinante ozono è quello che ha fatto registrare il maggior numero di superamenti, sia nel sito Laghetto (8 giorni di superamento) che in quello Autostrada (4 giorni di superamento); si ricorda che la campagna è stata effettuata nel periodo estivo in un sito di quota, vale a dire in condizioni in cui sono possibili fenomeni di accumulo di quantità significative di ozono (si veda a tale proposito il capitolo specifico relativo a questo inquinante)

Nel Comune di Rivoli, nel corso della campagna effettuata tra ottobre e novembre, il PM₁₀ è stato l'unico inquinante che ha registrato superamenti (16 su 32 giorni di campionamento), con un valore massimo di 123 µg/m³ e valori confrontabili a quelli della stazione fissa di Buttigliera alta. Gli altri inquinanti non hanno registrato nessun superamento dei limiti.

Nel Comune di Nichelino il periodo di monitoraggio è stato a cavallo tra Luglio ed Agosto, per cui l'unico parametro che ha mostrato una criticità è risultato l'ozono, anche se con un numero di giorni di superamento inferiore alle campagne di Bardonecchia, mentre gli altri parametri non presentano nessun superamento delle soglie.

Nel Comune di Torre Pellice la campagna di monitoraggio, svoltasi in Settembre, e quindi in un periodo mediamente più favorevole di quello invernale dal punto di vista della dispersione degli inquinanti, ha presentato superamenti sulle polveri sottili PM₁₀, con una percentuale di superamenti del valore limite giornaliero di poco meno della metà dei giorni validi, mentre gli altri parametri, compreso l'ozono, non presentano alcun superamento.



LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI PIOSSASCO - S.S. 589 Pinerolo - Avigliana N° Civico 46

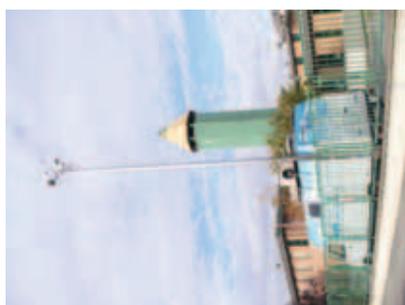
Seconda campagna periodo di monitoraggio: 29 Gennaio - 21 Febbraio 2008

Inquinante	Riferimenti normativi	Dati validi		Valore limite per la protezione della salute umana							Soglia di informazione				Soglia di allarme						
		%		Valore medio del periodo	Valore medio massimo	Valore di riferimento	Valore di riferimento	Valore medio massimo	Valore di riferimento	Valore medio massimo	Valore di riferimento	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	superamenti %	Valore di riferimento	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	superamenti %	
SO ₂	DM 60/2002	80		9 µg/m ³ (1)	7 µg/m ³ (2)	350 µg/m ³	125 µg/m ³	0	0							8 µg/m ³ (3)	500 µg/m ³	0	0		
NO ₂	DM 60/2002	92		107 µg/m ³ (1)		200 µg/m ³		0	0							99 µg/m ³ (3)	400 µg/m ³	0	0		
CO	DM 60/2002	95		0.6 mg/m ³ (4)		10 mg/m ³ (4)		0	0												
PM ₁₀	DM 60/2002	100		102 µg/m ³ (2)		50 µg/m ³ (2)		22	92												
O ₃	D.Lgs. 183 del 21/05/04	91		66 µg/m ³ (4)		120 µg/m ³		0 (5)	0	106 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³					106 µg/m ³ (1)	240 µg/m ³	0	0		
C ₆ H ₆	DM 60/2002	41		5 µg/m ³ (6)		5 µg/m ³ (7)															

* Per O₃ sono stati presi in considerazione i valori limite del D.Lgs. n. 183 del 21/05/04

(1) Concentrazione media oraria; (2) Concentrazione media giornaliera; (3) Concentrazione misurata su tre ore consecutive; (4) Concentrazione media giornaliera su 8 ore (calcolata con la media mobile trascinata, per ogni ora, sulle 8 ore precedenti); (5) Numero di giorni con almeno un superamento del livello di protezione della salute su medie di 8 ore; (6) Concentrazione media del periodo di monitoraggio; (7) Concentrazione media annuale.

FIGURA 52: comune di Piossasco S.S. 589 Pinerolo - Avigliana - Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.



LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI VENARIA REALE – V. Boccaccio, c/o Scuola “G. Di Vittorio”

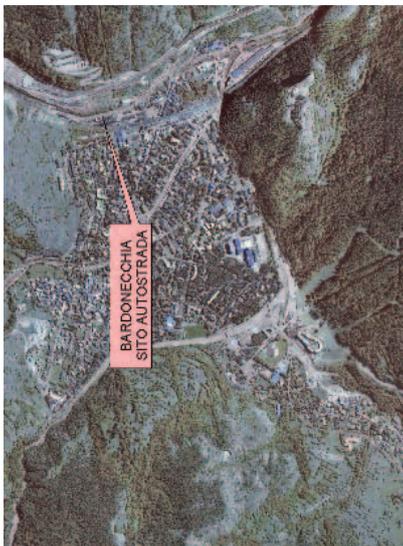
Prima campagna: Periodo di monitoraggio: 14 Novembre – 15 Dicembre 2008

Inquinante	Riferimenti normativi	Dati validi		Valore limite per la protezione della salute umana						Soglia di Informazione				Soglia di allarme			
		%		Valore medio periodo	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	
SO ₂	DM 60/2002	78		28 µg/m ³ (1)	350 µg/m ³	350 µg/m ³	0	0						17.7 µg/m ³ (3)	500 µg/m ³	0	0
NO ₂	DM 60/2002	78		9 µg/m ³ (2)	125 µg/m ³	125 µg/m ³	0	0						130 µg/m ³ (3)	400 µg/m ³	0	0
CO	DM 60/2002	95			2 mg/m ³ (4)	10 mg/m ³ (4)	0	0									
PM ₁₀	DM 60/2002	78			81 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	10	40									
O ₃	D.Lgs. 188 del 21/05/04	78		62 µg/m ³ (4)	120 µg/m ³	120 µg/m ³	0 ⁽⁵⁾	0	69 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	0	0	69 µg/m ³ (1)	240 µg/m ³	0	0	
C ₆ H ₆	DM 60/2002	75		2.9 µg/m ³ (6)	5 µg/m ³ (7)												

* Per O₃ sono stati presi in considerazione i valori limite del D.Lgs n. 188 del 21/05/04

(1) Concentrazione media oraria; (2) Concentrazione media giornaliera; (3) Concentrazione misurata su tre ore consecutive; (4) Concentrazione media giornaliera su 8 ore (calcolata con la media mobile trascinata, per ogni ora, sulle 8 ore precedenti); (5) Numero di giorni con almeno un superamento del livello di protezione della salute su medie di 8 ore; (6) Concentrazione media del periodo di monitoraggio; (7) Concentrazione media annuale.

FIGURA 53: comune di Venaria reale V. Boccaccio – Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.



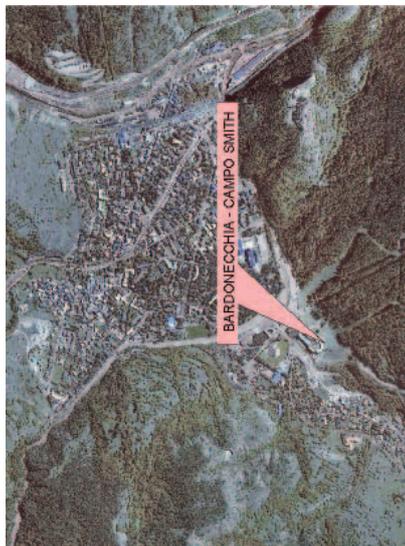
LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI BARDONECCHIA – Sito Autostrada

Prima campagna: Periodo di monitoraggio: 18 Giugno – 07 Luglio 2008

Inquinante	Riferimenti normativi	Dati validi %	Valore limite per la protezione della salute umana				Soglia di informazione				Soglia di allarme						
			Valore medio del periodo	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%		
SO ₂	DM 60/2002	93		10 µg/m ³ (1)	350 µg/m ³												
				2 µg/m ³ (2)	125 µg/m ³												
NO ₂	DM 60/2002	93		151 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³												
				0 mg/m ³ (4)	10 mg/m ³ (4)												
PM ₁₀	DM 60/2002	80		42 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)												
				151 µg/m ³ (4)	120 µg/m ³	4 (5)											
O ₃	D.Lgs. 183 del 21/05/04	70															
C ₆ H ₆	DM 60/2002	93		0.4 µg/m ³ (6)													
					5 µg/m ³ (7)												

* Per O₃ sono stati presi in considerazione i valori limite del D.Lgs. n. 183 del 21/05/04
 (1) Concentrazione media oraria; (2) Concentrazione media giornaliera; (3) Concentrazione misurata su tre ore consecutive; (4) Concentrazione media giornaliera su 8 ore (calcolata con la media mobile trascinata, per ogni ora, sulle 8 ore precedenti); (5) Numero di giorni con almeno un superamento del livello di protezione della salute su medie di 8 ore; (6) Concentrazione media del periodo di monitoraggio; (7) Concentrazione media annuale.

FIGURA 54: comune di Bardonecchia – Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.



LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI BARDONECCHIA – Sito Laghetto Campo Smith

Prima campagna: Periodo di monitoraggio: 09 Luglio – 28 Luglio 2008

Inquinante	Riferimenti normativi	Dati validi %	Valore limite per la protezione della salute umana				Soglia di informazione				Soglia di allarme							
			Valore medio del periodo	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%			
SO ₂	DM 60/2002	64		3 µg/m ³ (1)	350 µg/m ³	0	0											
NO ₂	DM 60/2002	64		2 µg/m ³ (2)	125 µg/m ³	0	0								2.3 µg/m ³ (3)	500 µg/m ³	0	0
CO	DM 60/2002	97		42 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³	0	0								27.3 µg/m ³ (3)	400 µg/m ³	0	0
PM ₁₀	DM 60/2002	75		0.2 mg/m ³ (4)	10 mg/m ³ (4)	0	0											
O ₃	D.Lgs. 183 del 21/05/04	64		21 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	0	0											
C ₆ H ₆	DM 60/2002	64	0.5 µg/m ³ (6)		120 µg/m ³ (4)	8 ⁽⁵⁾	80	224 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³						224 µg/m ³ (1)	240 µg/m ³	0	0
				5 µg/m ³ (7)														

* Per O₃ sono stati presi in considerazione i valori limite del D.Lgs n. 183 del 21/05/04

(1) Concentrazione media oraria; (2) Concentrazione media giornaliera; (3) Concentrazione misurata su tre ore consecutive; (4) Concentrazione media giornaliera su 8 ore (calcolata con la media mobile trascinata, per ogni ora, sulle 8 ore precedenti); (5) Numero di giorni con almeno un superamento del livello di protezione della salute su medie di 8 ore; (6) Concentrazione media del periodo di monitoraggio; (7) Concentrazione media annuale.

FIGURA 55: comune di Bardonecchia laghetto – Via San Rocco 4 - Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici



LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI NICHELINO – P.zza di Vittorio

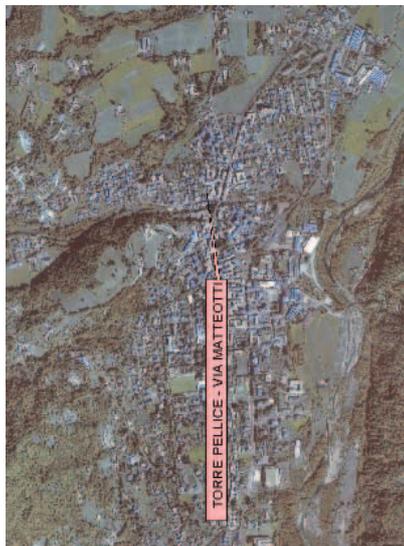
Seconda Campagna: Periodo di monitoraggio: 29 Luglio – 02 Settembre 2008

Inquinante	Riferimenti normativi	Dati validi		Valore limite per la protezione della salute umana							Soglia di informazione				Soglia di allarme				
		%		Valore medio del periodo	Valore medio massimo	Valore medio riferimento	Valore di riferimento	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%
SO ₂	DM 60/2002	0		0 µg/m ³ (1)	0 µg/m ³ (2)	350 µg/m ³	125 µg/m ³	0	0							0 µg/m ³ (3)	500 µg/m ³	0	0
NO ₂	DM 60/2002	77		150 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³	200 µg/m ³	200 µg/m ³	0	0							0 µg/m ³ (3)	400 µg/m ³	0	0
CO	DM 60/2002	0		0 mg/m ³ (4)	10 mg/m ³ (4)	10 mg/m ³ (4)	10 mg/m ³ (4)	0	0										
PM ¹⁰	DM 60/2002	89		39 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	0	0										
O ₃	D Lgs. 183 del 21/05/04	74		155 µg/m ³ (4)	120 µg/m ³	120 µg/m ³	120 µg/m ³	4 ⁽⁵⁾	16.6	161 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	0	0			161 µg/m ³ (1)	240 µg/m ³	0	0
C ₆ H ₆	DM 60/2002	74		1.5 µg/m ³ (6)	5 µg/m ³ (7)	5 µg/m ³ (7)	5 µg/m ³ (7)												

* Per O₃ sono stati presi in considerazione i valori limite del D.Lgs n. 183 del 21/05/04.

(1) Concentrazione media oraria; (2) Concentrazione media giornaliera; (3) Concentrazione misurata su tre ore consecutive; (4) Concentrazione media giornaliera su 8 ore (calcolata con la media mobile trascinata, per ogni ora, sulle 8 ore precedenti); (5) Numero di giorni con almeno un superamento del livello di protezione della salute su medie di 8 ore; (6) Concentrazione media del periodo di monitoraggio; (7) Concentrazione media annuale.

FIGURA 56: comune di Nichelino P.zza di Vittorio - Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.



LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI TORRE PELLICE – Via Matteotti

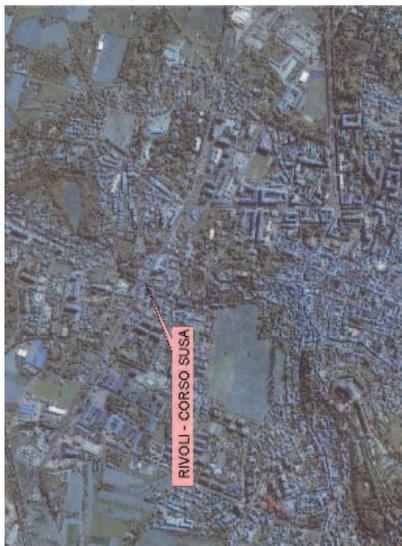
Prima Campagna: Periodo di monitoraggio: 02 Settembre – 02 Ottobre 2008

Inquinante	Riferimenti normativi	Dati validi		Valore limite per la protezione della salute umana						Soglia di informazione				Soglia di allarme					
		%	Valore medio del periodo	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	superamenti %	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	superamenti %	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	superamenti %				
SO ₂	DM 60/2002	51		9 µg/m ³ (1)	350 µg/m ³	0	0												
NO ₂	DM 60/2002	92		7 µg/m ³ (2)	125 µg/m ³	0	0												
CO	DM 60/2002	40			10 mg/m ³ (4)	0	0												
PM ₁₀	DM 60/2002	90			50 µg/m ³ (2)	12	42.8												
O ₃	D.Lgs. 183 del 21/05/04	90		81 µg/m ³ (4)	120 µg/m ³	0 (5)	0	93 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	0	0	93 µg/m ³ (1)	240 µg/m ³	0	0				
C ₆ H ₆	DM 60/2002	91	3.1 µg/m ³ (6)		5 µg/m ³ (7)														

* Per O₃ sono stati presi in considerazione i valori limite del D.Lgs n. 183 del 21/05/04

(1) Concentrazione media oraria; (2) Concentrazione media giornaliera; (3) Concentrazione media giornaliera su 8 ore (calcolata con la media mobile trascinata, per ogni ora, sulle 8 ore precedenti); (4) Numero di giorni con almeno un superamento del livello di protezione della salute su medie di 8 ore; (5) Concentrazione media del periodo di monitoraggio; (6) Concentrazione media annuale.

FIGURA 57: comune di Torre Pellice – Via Matteotti - Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.



LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI RIVOLI - C.so Susa

Prima Campagna: Periodo di monitoraggio: 03 Ottobre - 03 Novembre 2008

Inquinante	Riferimenti normativi	Dati validi		Valore limite per la protezione della salute umana							Soglia di informazione				Soglia di allarme					
		%		Valore medio del periodo	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%				
SO ₂	DM 60/2002	100			13 µg/m ³ (1)	350 µg/m ³	0	0												
NO ₂	DM 60/2002	94			6 µg/m ³ (2)	125 µg/m ³	0	0												
CO	DM 60/2002	97			0.6 mg/m ³ (4)	200 µg/m ³	0	0												
PM ₁₀	DM 60/2002	100			123 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	16	50												
O ₃	D.Lgs. 183 del 21/05/04	96			101 µg/m ³ (4)	120 µg/m ³	0 ⁽⁵⁾	0	134 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	0	0	134 µg/m ³ (1)	240 µg/m ³	0	0				
C ₆ H ₆	DM 60/2002	99			2.3 µg/m ³ (6)	5 µg/m ³ (7)														

* Per O₃ sono stati presi in considerazione i valori limite del D.Lgs. n. 183 del 21/05/04

(1) Concentrazione media oraria; (2) Concentrazione media giornaliera; (3) Concentrazione misurata su tre ore consecutive; (4) Concentrazione media giornaliera su 8 ore (calcolata con la media mobile trascinata, per ogni ora, sulle 8 ore precedenti); (5) Numero di giorni con almeno un superamento del livello di protezione della salute su medie di 8 ore; (6) Concentrazione media del periodo di monitoraggio; (7) Concentrazione media annuale.

FIGURA 58: comune di Rivoli C.so Susa - Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.

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

M. Nicoella e G. Paesano, ARPA Piemonte, Area Previsione e Monitoraggio Ambientale.

PREMESSA

La misura regolare e continuativa e l'analisi dei parametri meteorologici costituiscono una parte fondamentale del monitoraggio della qualità dell'aria; esaminandole congiuntamente è infatti possibile caratterizzare le condizioni meteorologiche e climatiche del territorio interessato e valutare i fenomeni di diffusione degli inquinanti.

L'Area Previsione e Monitoraggio Ambientale di Arpa Piemonte cura e gestisce un sistema complesso di monitoraggio sul territorio regionale, tra cui un sistema di misure a terra che ad oggi consta di circa 500 stazioni automatiche, di cui circa 120 nella provincia di Torino, 2 sistemi di radiosondaggio, presso l'Aeroporto di Cuneo-Levaldigi e nel comune di Cesana Torinese, in località Pariol, 2 radar doppler ed un profilatore verticale di vento e temperatura collocato nell'area urbana di Torino.

Sulla base di rigorose specifiche tecniche, elaborate con la collaborazione del Politecnico di Torino, la rete è stata realizzata per fasi successive: a partire da una prima maglia di stazioni di interesse meteorologico "regionale" si sono via via infittiti i punti di monitoraggio sia a copertura di tutti i principali bacini, sia in base a particolari esigenze locali, legate a situazioni di dissesto createsi a seguito degli eventi alluvionali che hanno ripetutamente colpito il Piemonte, o di controllo di fenomeni in fase evolutiva.

A partire dall'anno 2002 sono stati avviati i lavori volti all'ottimizzazione delle risorse di monitoraggio disponibili sul territorio piemontese mediante l'integrazione tra la rete di telerilevamento Meteoidrografica di Arpa Piemonte e la rete regionale di rilevamento della qualità dell'aria (S.R.Q.A.). Per garantire un adeguato supporto alla validazione dei dati chimici e quindi alle valutazioni di qualità dell'aria, si è provveduto al potenziamento dei sistemi di rilevazione dei parametri meteorologici per le province di Asti, Novara, Vercelli ed Alessandria.

Inoltre si è provveduto ad integrare la dotazione sensoristica di alcune stazioni della rete Meteoidrografica (Carmagnola, Torino Caselle) con sensori di radiazione globale e di radiazione netta, particolarmente importanti per ottenere stime accurate dei principali parametri rappresentativi della turbolenza degli strati bassi dell'atmosfera.

Nella città di Torino sono stati ripristinati i siti di Torino Consolata e di Torino Alenia, già appartenenti alla rete del sistema regionale di rilevamento della qualità dell'aria (S.R.Q.A.), mediante aggiornamento della dotazione sensoristica ed integrazione operativa tra le stazioni della rete Meteoidrografica, rispettivamente in data 18/12/2003 e 31/05/2005.

I parametri meteorologici principali misurati dalle stazioni della rete regionale sono la velocità (vv) e la direzione del vento (dv), la radiazione solare globale (rdg) e netta (rdn), la pressione atmosferica (pres), l'umidità relativa (umid), la quantità di pioggia (pv) e la temperatura (temp).

La diversa dotazione strumentale è stata adattata alle esigenze di rilevamento di ogni sito, tenendo in considerazione le caratteristiche morfologiche dell'area, la rappresentatività rispetto al territorio e la tipologia della stazione.

In ambiente di alta montagna, le stazioni aggiungono alla normale configurazione i sensori di altezza della neve (hs) e temperatura del manto nevoso (ts). I dati così rilevati si integrano a quelli raccolti dalla rete nivometrica manuale, fornendo indicazioni relative ad aree non presidiate e di particolare interesse.

L'elenco delle stazioni meteorologiche automatiche e dei parametri misurati sono disponibili sul sito di Arpa Piemonte all'indirizzo:

http://www.arpa.piemonte.it/upload/dl/Rischi_naturali/Monitoraggio_idrometeorologico_/stazioni_automatiche.pdf

ELABORAZIONI DEI DATI RILEVATI

Elaborazione dei dati di velocità e direzione del vento

Le elaborazioni riportate sono relative alle stazioni ritenute maggiormente rappresentative per quanto riguarda l'agglomerato urbano (Torino-Consolata) ed i siti esterni al capoluogo (Moncalieri-Bauducchi e Cumiana).

Al fine di evidenziare l'influenza del ciclo giornaliero sulle direzioni di provenienza del flusso atmosferico, sono state realizzate delle rose del vento suddividendo i dati nei periodi diurno e notturno della giornata. Le rose così suddivise sono state inoltre ripartite per classi di velocità, in modo da evidenziare le condizioni di vento tipico per le 3 zone analizzate. Le particolarità di ogni stazione, riscontrabili nel ciclo a carattere giornaliero, possono essere ascritte alle caratteristiche anemologiche locali del sito di monitoraggio.

Nel caso delle stazioni localizzate nel territorio del comune di Torino, le rose dei venti sono state riportate in FIGURA 59 con le relative ripartizioni in classi di velocità. Le elaborazioni grafiche relative alle stazioni esterne alla città di Torino sono state riportate in FIGURA 60 ed in FIGURA 61.

Le rappresentazioni in forma di rosa dei venti sono state realizzate attraverso una serie di elaborazioni dei valori medi orari di intensità e direzione del vento.

In linea generale, sui dati acquisiti, sono state effettuate le seguenti operazioni:

1. per l'intensità del vento:
 - identificazione dei dati appartenenti alla classe definita come "calma di vento", caratterizzata da valori di velocità inferiori a 0,3 m/s;
 - suddivisione delle intensità in 5 classi (0,3-1 m/s, 1-2 m/s, 2-3 m/s e 3-5 m/s e >5 m/s);
2. per la direzione del vento:
 - suddivisione in 16 settori di provenienza, di ampiezza pari a 22,5 gradi, centrati sulle direzioni N, NNE, NE, ENE, E, ESE, SE, SSE, S, SSO, SO, OSO, O, ONO, NO, NNO. Per le intensità del vento inferiori a 0,3 m/s (situazione di calma di vento), il valore di direzione è stato escluso dal calcolo delle percentuali di accadimento per ogni settore.

Per ogni stazione considerata, sono state effettuate le seguenti elaborazioni grafiche: una rosa dei venti con direzione del vento e due rose dei venti (una per il periodo diurno ed una per il periodo notturno) con direzione ed intensità del vento.

In particolare, la rosa dei venti con la distribuzione dei dati in termini di direzione di provenienza è stata realizzata distinguendo il periodo diurno e notturno ed escludendo i dati non validi ed i valori di calma (velocità inferiore a 0,3 m/s). L'informazione è stata completata dalle percentuali di accadimento delle calme di vento totali e dalla percentuale dei dati non validi.

Le rose di direzione ed intensità del vento sono state realizzate suddividendo in 5 classi i dati validi con velocità superiore a 0,3 m/s. Anche in questi grafici, l'informazione è stata completata dalle percentuali di accadimento delle calme di vento nei periodi diurno e notturno e dalla percentuale dei dati non validi.

Si fa notare come il numero di calme registrato dalla stazione di Torino-Consolata risulti inferiore (su un valore al di sotto dell'1,8% del totale delle misure, sia nel periodo diurno che in quello notturno) a quello rilevato nelle altre stazioni. La spiegazione di tale fenomeno è attribuibile al fatto che il palo anemometrico di tale stazione, al fine di eliminare, per quanto possibile in un sito urbano, l'influenza di possibili ostacoli e garantire la significatività della misura, è posizionato sul tetto di un edificio; conseguentemente i dati rilevati risentono, rispetto alla situazione di altre stazioni poste al suolo, in maniera minore dell'influenza del terreno e rilevano quindi intensità del vento mediamente più elevate.

L'influenza della vicinanza al suolo sulle misure viene invece evidenziata dall'analisi delle rose dei venti registrate alle stazioni di Moncalieri-Bauducchi e Cumiana: i sensori di tali stazioni sono posizionati a 10 m dal suolo. In tali condizioni l'occorrenza di calme di vento e venti deboli è prevalente sulla totalità dei dati misurati (si vedano le FIGURA 60 e FIGURA 61).

Una particolarità, che si nota dalla rosa dei venti della stazione di Cumiana a differenza delle altre due stazioni esaminate, è la netta contrapposizione nella direzione del vento tra il giorno e la notte: questo comportamento è associabile a fenomeni di brezza, che tipicamente hanno un andamento ciclico diurno.

Oltre alle rappresentazioni grafiche, per ogni stazione sono riportate alcune elaborazioni statistiche effettuate su base mensile ed annuale. Più precisamente:

- il numero di dati validi, espresso in percentuale;
- il numero di dati validi caratterizzati da velocità orizzontale del vento inferiore a 0,3 m/s (calme di vento), espresso in percentuale;
- il valore massimo tra i dati orari;
- il valore medio, ottenuto calcolando la media aritmetica di tutti i valori orari validi e registrati nel corso del periodo temporale esaminato, fatta esclusione delle calme di vento;
- la deviazione standard dal valore medio dei valori superiori a 0,3 m/s, per valutare la dispersione dei valori di velocità orizzontale rispetto al valore medio.

Si ricorda che le elaborazioni sopra riportate sono disponibili presso Arpa – Area Previsione e Monitoraggio Ambientale e presso l'Area Ambiente, Servizio Qualità dell'Aria, Inquinamento Atmosferico, Acustico ed Elettromagnetico della Provincia di Torino.

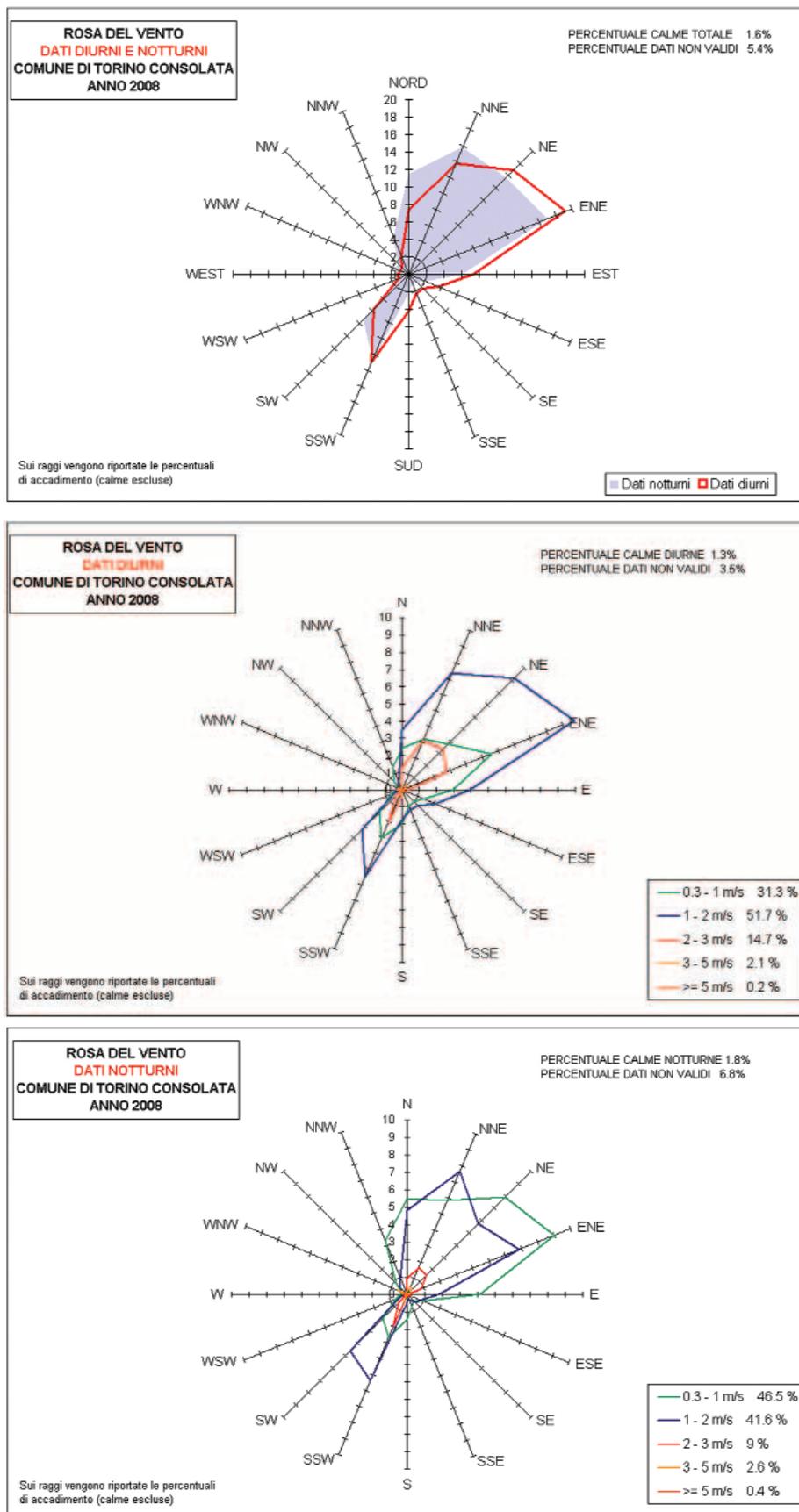


FIGURA 59: rose dei venti diurne e notturne registrate nella stazione Torino Consolata.

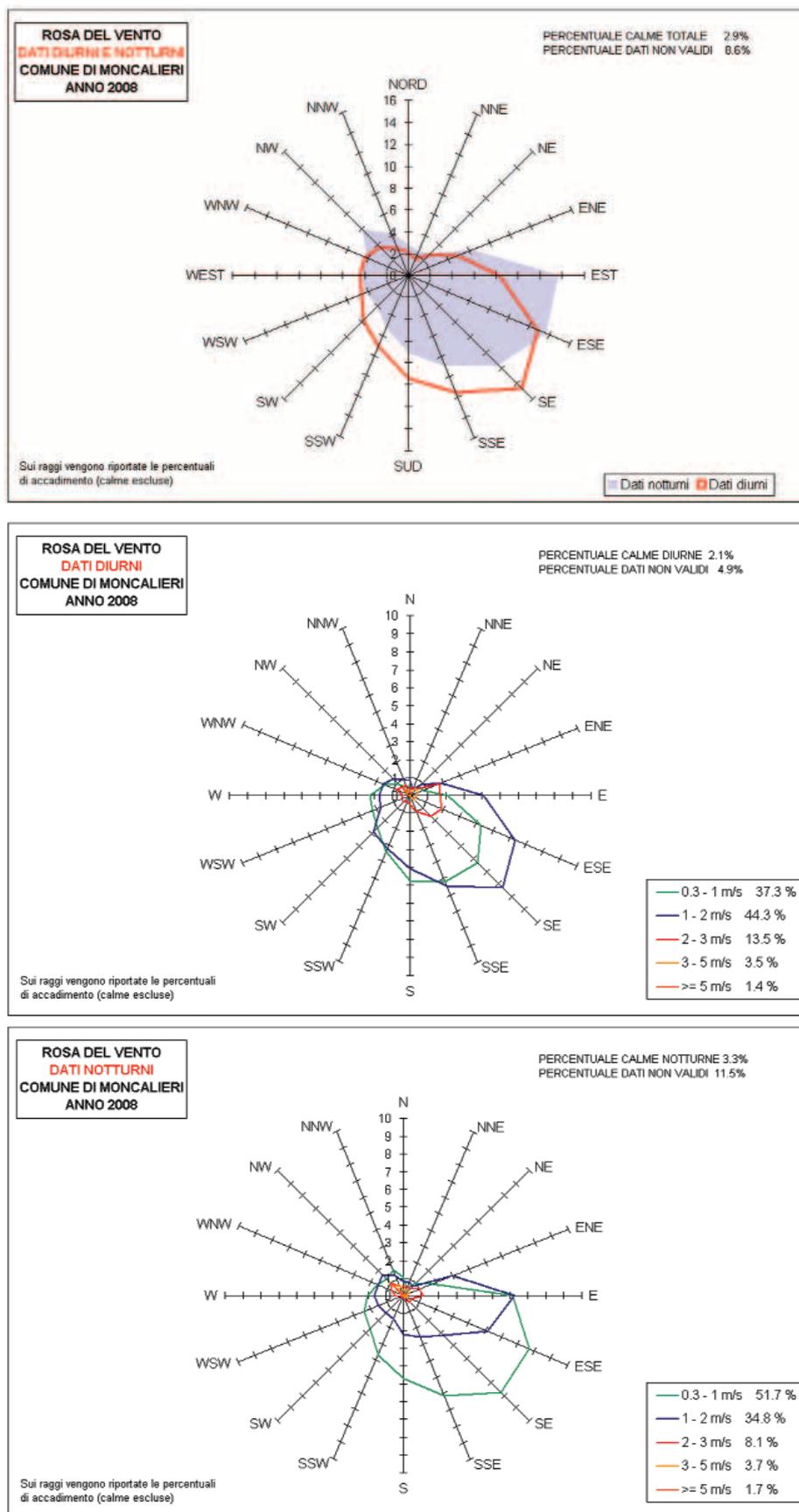


FIGURA 60: rose dei venti diurne e notturne registrate nella stazione di Moncalieri.

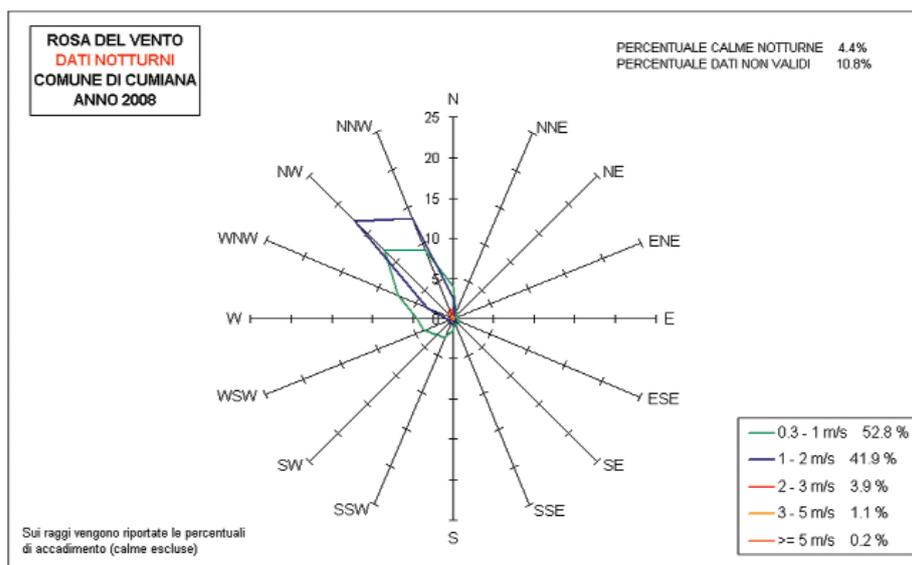
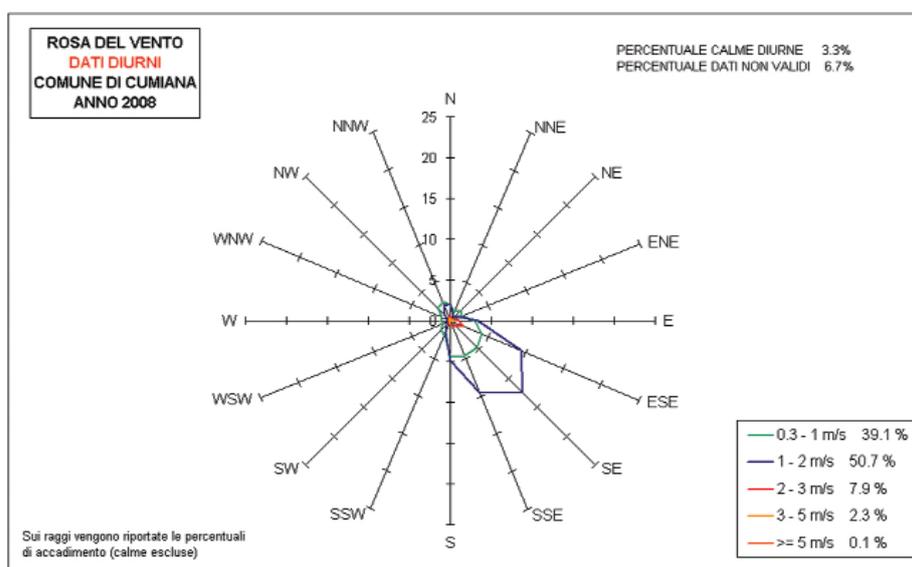
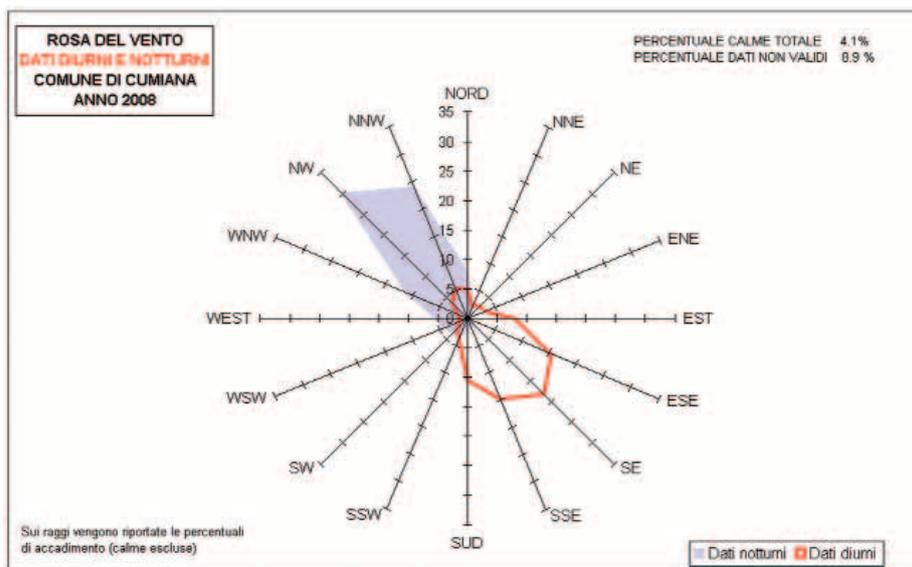


FIGURA 61: rose dei venti diurne e notturne registrate nella stazione di Cumiana.

**STAZIONE DI TORINO-CONSOLATA
PARAMETRO: VELOCITÀ VENTO-2008**

	NUMERO DATI VALIDI (%)	CALME % (misure < 0,3 m/s)	VALORE MASSIMO ORARIO (m/s)	VELOCITÀ MEDIA* (m/s)	DEVIAZIONE STANDARD* (m/s)
GENNAIO 2008	96.5	1.6	5.2	1.1	0.6
FEBBRAIO 2008	98.1	1.0	3.6	1.0	0.5
MARZO 2008	98.7	1.9	5.9	1.6	1.0
APRILE 2008	98.8	0.6	4.8	1.5	0.7
MAGGIO 2008	97.8	0.9	3.9	1.4	0.7
GIUGNO 2008	96.1	1.8	4.0	1.3	0.6
LUGLIO 2008	99.3	1.6	4.8	1.3	0.7
AGOSTO 2008	99.9	0.9	4.5	1.3	0.7
SETTEMBRE 2008	98.6	0.3	4.3	1.3	0.6
OTTOBRE 2008	96.0	1.1	5.5	1.0	0.7
NOVEMBRE 2008	72.8	2.5	7.6	1.2	0.9
DICEMBRE 2008	83.1	3.5	5.0	1.2	0.8

* Calme di vento escluse.

TABELLA 45: elaborazione dei dati anemologici rilevati nella stazione di Torino-Consolata nel 2008.

**STAZIONE DI MONCALIERI BAUDUCCHI
PARAMETRO: VELOCITÀ VENTO-2008**

	NUMERO DATI VALIDI (%)	CALME % (misure < 0,3 m/s)	VALORE MASSIMO ORARIO (m/s)	VELOCITÀ MEDIA* (m/s)	DEVIAZIONE STANDARD* (m/s)
GENNAIO 2008	92.1	3.2	10.0	1.0	0.7
FEBBRAIO 2008	91.1	3.6	4.1	0.9	0.5
MARZO 2008	97.6	3.0	10.8	1.9	1.7
APRILE 2008	94.6	2.1	9.2	1.6	1.2
MAGGIO 2008	96.8	2.0	5.5	1.4	0.8
GIUGNO 2008	96.7	1.5	5.5	1.3	0.7
LUGLIO 2008	98.9	2.6	6.0	1.2	0.7
AGOSTO 2008	96.2	3.9	6.0	1.1	0.7
SETTEMBRE 2008	95.7	1.9	7.1	1.2	0.8
OTTOBRE 2008	92.2	4.3	7.7	1.1	0.9
NOVEMBRE 2008	93.9	1.9	13.2	1.4	1.8
DICEMBRE 2008	51.5	1.9	7.9	1.5	1.3

* Calme di vento escluse.

TABELLA 46: elaborazione dei dati anemologici rilevati nella stazione di Moncalieri - Bauducchi nel 2008.

**STAZIONE DI CUMIANA
PARAMETRO: VELOCITÀ VENTO-2008**

	NUMERO DATI VALIDI (%)	CALME % (misure < 0,3 m/s)	VALORE MASSIMO ORARIO (m/s)	VELOCITÀ MEDIA* (m/s)	DEVIAZIONE STANDARD* (m/s)
GENNAIO 2008	84.8	5.1	5.6	0.8	0.5
FEBBRAIO 2008	91.8	3.6	3.2	1.0	0.6
MARZO 2008	97.3	2.2	6.7	1.5	0.9
APRILE 2008	96.7	3.2	4.2	1.3	0.7
MAGGIO 2008	97.6	2.0	3.9	1.2	0.6
GIUGNO 2008	93.8	3.1	3.4	1.1	0.5
LUGLIO 2008	93.4	2.4	3.1	1.1	0.5
AGOSTO 2008	97.0	3.0	3.3	1.1	0.5
SETTEMBRE 2008	94.6	2.8	3.3	1.0	0.5
OTTOBRE 2008	88.2	3.1	2.7	0.9	0.5
NOVEMBRE 2008	81.8	4.6	6.7	1.0	0.8
DICEMBRE 2008	75.9	9.4	6.0	1.0	0.8

* Calme di vento escluse.

TABELLA 47: elaborazione dei dati anemologici rilevati nella stazione di Cumiana nel 2008.

Elaborazione dei dati di pressione atmosferica, temperatura, umidità relativa e precipitazioni

Nelle pagine seguenti vengono proposte le elaborazioni effettuate sui dati medi orari rilevati nel corso dell'anno 2008 nelle stazioni di Torino-Consolata e Pino Torinese, appartenenti alla Rete Meteoidrografica di Arpa Piemonte.

La scelta delle suddette stazioni è mirata ad evidenziare le diversità dei valori registrati in una stazione urbana di pianura (Torino-Consolata) ed in una stazione posta in quota rispetto alla precedente (Pino Torinese 619 m. s.l.m., a fronte di 290 m. s.l.m. della stazione di Torino).

Per quanto riguarda i parametri di pressione atmosferica e temperatura, sono stati rappresentati graficamente i valori medi mensili registrati nelle due stazioni, associati al valore minimo e massimo orario (FIGURA 62, FIGURA 63, FIGURA 64, FIGURA 65).

Per ogni stazione sono state inoltre riportate in forma tabellare le statistiche mensili relative ai due parametri:

- il numero dei dati validi, espresso in percentuale;
- i valori minimo e massimo tra i dati orari;
- i valori minimo e massimo tra le medie giornaliere;
- il valore medio mensile.

Poiché la stazione di Torino-Consolata non è dotata del sensore per la misurazione dei valori di pressione, per effettuare le elaborazioni sono stati utilizzati i dati di Torino-Giardini Reali.

Nel caso dell'umidità relativa, sono state riportate in un unico prospetto tabellare (TABELLA 48) le statistiche mensili relative alle due stazioni:

- il numero dei dati validi, espresso in percentuale;
- i valori minimo e massimo tra le medie giornaliere;
- il valore medio mensile.

Anche per quanto riguarda le precipitazioni atmosferiche, sono state riportate in un'unica tabella (TABELLA 49) le statistiche mensili relative alle due stazioni:

- il numero dei dati validi, espresso in percentuale;
- il numero di giorni nel corso dei quali si sono verificate precipitazioni atmosferiche superiori ad 1 mm (definiti in climatologia "giorni di pioggia");
- il valore massimo mensile di precipitazione giornaliera;

la precipitazione totale mensile.

Infine, sotto forma di grafico ad istogrammi (FIGURA 66), sono stati confrontati i risultati delle elaborazioni realizzate per le due stazioni: nella forma di valori medi mensili per i parametri di pressione atmosferica, temperatura ed umidità relativa, e nella forma di sommatoria mensile per il parametro delle precipitazioni atmosferiche.

Si ricorda che le elaborazioni sopra riportate sono disponibili presso l'Arpa – Area Previsione e Monitoraggio Ambientale e presso l'Area Ambiente, Servizio Qualità dell'Aria, Inquinamento Atmosferico, Acustico ed Elettromagnetico della Provincia di Torino.

STAZIONE DI TORINO GIARDINI REALI PARAMETRO: PRESSIONE ATMOSFERICA – 2008						
	NUMERO DATI VALIDI (%)	VALORE MINIMO ORARIO (mbar)	VALORE MASSIMO ORARIO (mbar)	VALORE MINIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (mbar)	VALORE MASSIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (mbar)	VALORE MEDIO MENSILE (mbar)
GENNAIO 2008	100	996	1007	979	1005	993
FEBBRAIO 2008	100	1000	1013	985	1011	997
MARZO 2008	100	981	992	958	990	978
APRILE 2008	99	984	996	969	995	981
MAGGIO 2008	100	987	993	975	992	985
GIUGNO 2008	93	988	993	979	992	986
LUGLIO 2008	100	988	997	980	996	986
AGOSTO 2008	100	988	994	978	993	986
SETTEMBRE 2008	100	989	999	978	998	987
OTTOBRE 2008	100	993	1006	968	1004	990
NOVEMBRE 2008	100	991	1002	970	1000	987
DICEMBRE 2008	100	992	1007	971	1005	989

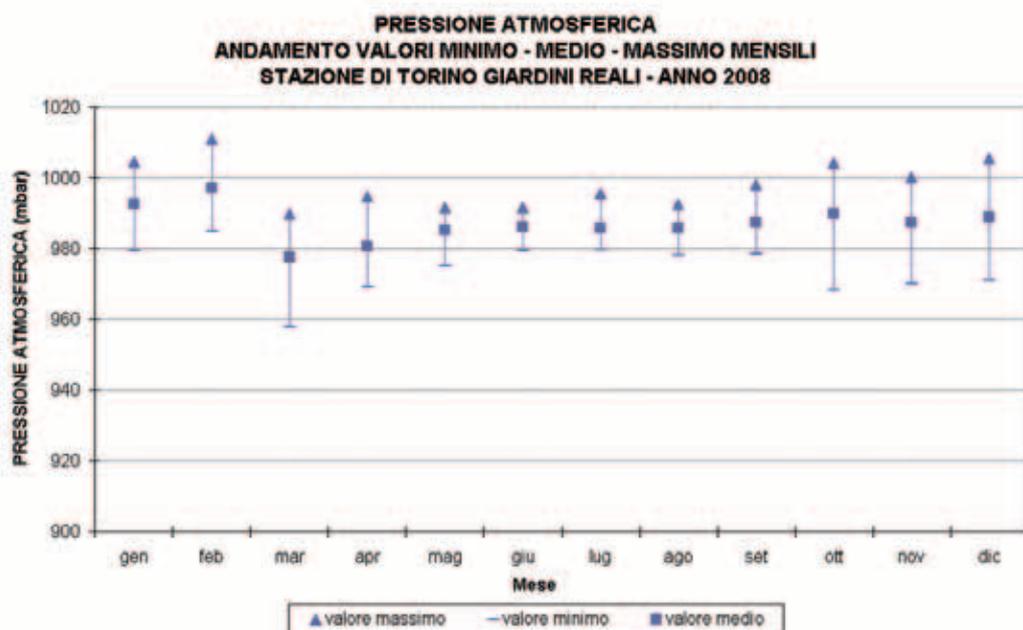


FIGURA 62: elaborazione dei dati della pressione atmosferica rilevati nella stazione di Torino-Giardini Reali nell'anno 2008.

STAZIONE DI PINO TORINESE PARAMETRO: PRESSIONE ATMOSFERICA – 2008						
	NUMERO DATI VALIDI (%)	VALORE MINIMO ORARIO (mbar)	VALORE MASSIMO ORARIO (mbar)	VALORE MINIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (mbar)	VALORE MASSIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (mbar)	VALORE MEDIO MENSILE (mbar)
GENNAIO 2008	100	932	962	935	960	948
FEBBRAIO 2008	100	936	967	940	965	952
MARZO 2008	98	915	950	916	947	935
APRILE 2008	100	923	954	928	953	939
MAGGIO 2008	100	932	952	934	950	943
GIUGNO 2008	100	937	951	938	950	944
LUGLIO 2008	100	936	955	937	953	944
AGOSTO 2008	100	934	952	936	950	944
SETTEMBRE 2008	100	934	955	936	954	945
OTTOBRE 2008	100	920	962	925	961	947
NOVEMBRE 2008	100	924	958	926	956	943
DICEMBRE 2008	100	922	961	927	960	944

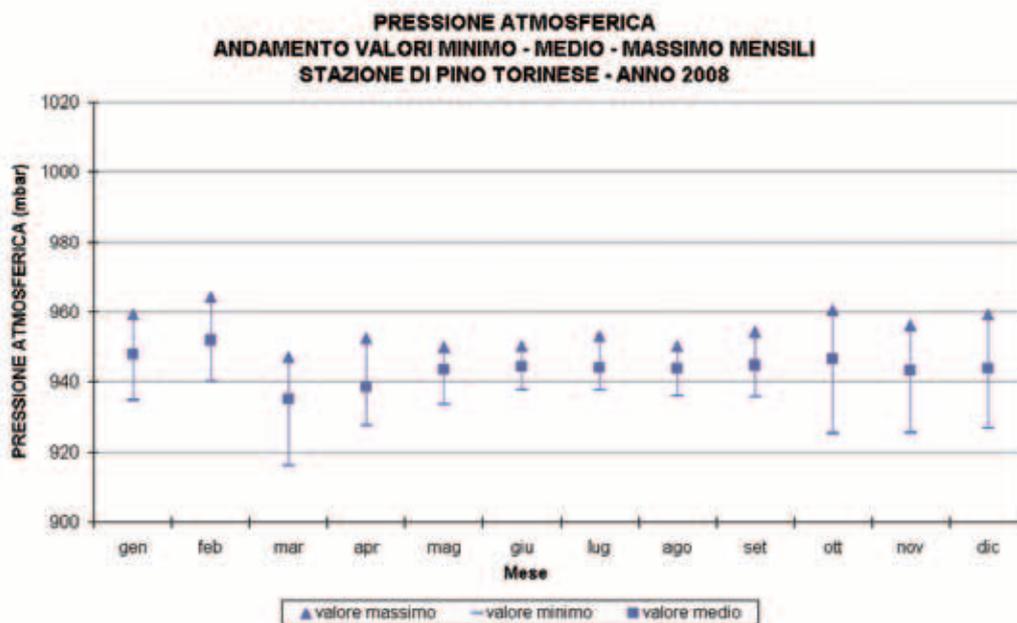


FIGURA 63: elaborazione dei dati della pressione atmosferica rilevati nella stazione di Pino Torinese nell'anno 2008.

STAZIONE DI TORINO – CONSOLATA PARAMETRO: TEMPERATURA – 2008						
	NUMERO DATI VALIDI (%)	VALORE MINIMO ORARIO (°C)	VALORE MASSIMO ORARIO (°C)	VALORE MINIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (°C)	VALORE MASSIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (°C)	VALORE MEDIO MENSILE (°C)
GENNAIO 2008	100	0	22	1	12	5
FEBBRAIO 2008	100	-1	17	3	11	7
ARZO 2008	100	1	25	6	16	11
APRILE 2008	100	6	25	9	18	13
MAGGIO 2008	100	9	26	15	22	18
GIUGNO 2008	98	13	34	14	29	22
LUGLIO 2008	100	17	33	21	27	24
AGOSTO 2008	100	15	35	18	28	24
SETTEMBRE 2008	100	10	30	14	24	19
OTTOBRE 2008	100	7	24	9	18	15
NOVEMBRE 2008	100	0	20	2	13	9
DICEMBRE 2008	100	-4	15	-1	8	4

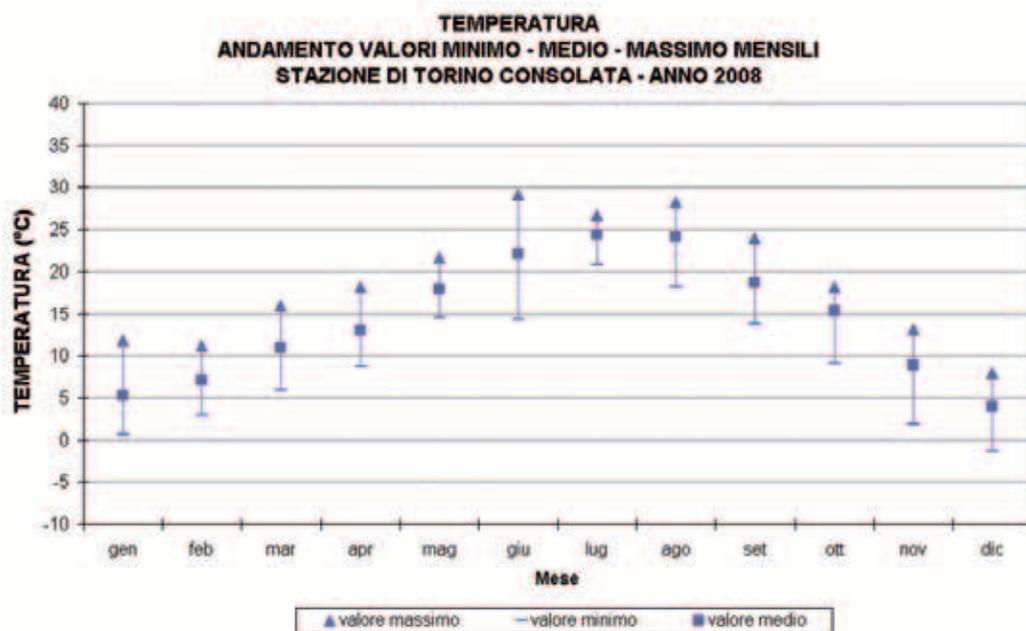


FIGURA 64: elaborazione dei dati della temperatura rilevati nella stazione di Torino-Consolata nell'anno 2008.

STAZIONE DI PINO TORINESE PARAMETRO: TEMPERATURA – 2008						
	NUMERO DATI VALIDI (%)	VALORE MINIMO ORARIO (°C)	VALORE MASSIMO ORARIO (°C)	VALORE MINIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (°C)	VALORE MASSIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (°C)	VALORE MEDIO MENSILE (°C)
GENNAIO 2008	100	-4	21	-3	16	4
FEBBRAIO 2008	100	-3	13	-1	9	5
MARZO 2008	99	0	22	3	17	8
APRILE 2008	100	3	22	5	16	10
MAGGIO 2008	100	7	23	12	19	15
GIUGNO 2008	99	9	31	11	27	19
LUGLIO 2008	100	13	30	17	24	22
AGOSTO 2008	100	12	32	16	26	22
SETTEMBRE 2008	93	8	28	11	23	16
OTTOBRE 2008	100	5	22	6	17	13
NOVEMBRE 2008	100	-3	17	-1	13	7
DICEMBRE 2008	100	-4	18	-3	13	4

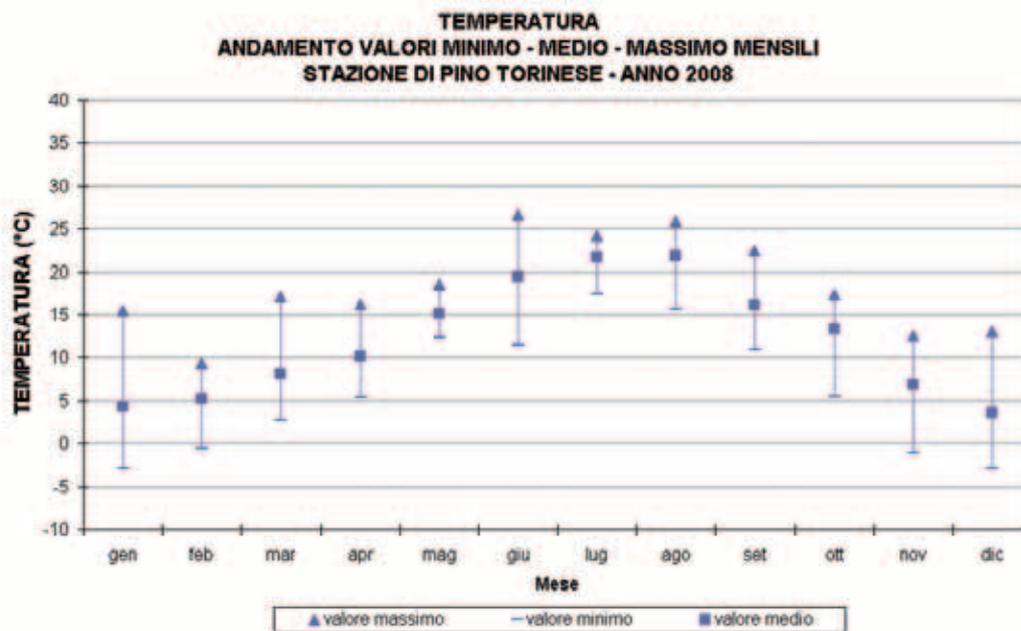


FIGURA 65: elaborazione dei dati della temperatura rilevati nella stazione di Pino Torinese nell'anno 2008.

STAZIONI DI TORINO – CONSOLATA TORINO – CONSOLATA PINO TORINESE PARAMETRO: UMIDITÀ RELATIVA – 2008											
	STAZIONE DI TORINO – CONSOLATA					STAZIONE DI PINO TORINESE					
	Numero dati validi (%)	Valore minimo della media giornaliera (%)	Valore massimo della media giornaliera (%)	Valore medio mensile (%)	Numero dati validi (%)	Valore minimo della media giornaliera (%)	Valore massimo della media giornaliera (%)	Valore medio mensile (%)	Valore minimo della media giornaliera (%)	Valore massimo della media giornaliera (%)	Valore medio mensile (%)
Gennaio 2008	100	46	93	76	100	11	100	78	11	100	78
Febbraio 2008	100	46	91	68	100	31	100	73	31	100	73
Marzo 2008	100	18	93	49	99	19	95	52	19	95	52
Aprile 2008	100	22	88	60	100	20	98	65	20	98	65
Maggio 2008	100	39	93	67	100	39	100	72	39	100	72
Giugno 2008	98	48	85	66	100	51	98	74	51	98	74
Luglio 2008	100	37	75	59	100	39	95	66	39	95	66
Agosto 2008	100	34	84	61	100	34	98	67	34	98	67
Settembre 2008	100	53	82	67	100	58	100	84	58	100	84
Ottobre 2008	100	35	91	70	100	31	100	82	31	100	82
Novembre 2008	100	24	97	77	100	29	100	79	29	100	79
Dicembre 2008	100	58	99	82	100	22	100	73	22	100	73

TABELLA 48: elaborazione dei dati dell'umidità relativa rilevati nelle stazioni di Torino-Consolata e Pino Torinese nell'anno 2008.

STAZIONI DI TORINO – CONSOLATA PINO TORINESE PARAMETRO: PRECIPITAZIONI ATMOSFERICHE 2008												
	STAZIONE DI TORINO – CONSOLATA						STAZIONE DI PINO TORINESE					
	Numero dati validi (%)	Presenza di precipitazioni (n. giorni)	Precipitazione giornaliera valore massimo mensile (mm)	Precipitazioni totali nel mese (mm)	Numero dati validi (%)	Presenza di precipitazioni (n. giorni)	Precipitazione giornaliera valore massimo mensile (mm)	Precipitazioni totali nel mese (mm)	Numero dati validi (%)	Presenza di precipitazioni (n. giorni)	Precipitazione giornaliera valore massimo mensile (mm)	Precipitazioni totali nel mese (mm)
Gennaio 2008	100	9	26	56	100	8	15	36	100	8	15	36
Febbraio 2008	100	2	10	11	100	1	6	6	100	1	6	6
Marzo 2008	100	4	3	8	100	4	2	6	100	4	2	6
Aprile 2008	100	11	28	137	100	13	23	103	100	13	23	103
Maggio 2008	100	15	54	203	100	16	35	146	100	16	35	146
Giugno 2008	100	15	36	131	100	12	20	110	100	12	20	110
Luglio 2008	100	5	26	60	100	6	27	63	100	6	27	63
Agosto 2008	100	6	37	111	100	7	12	40	100	7	12	40
Settembre 2008	100	7	53	98	100	7	29	55	100	7	29	55
Ottobre 2008	100	2	6	13	100	3	6	11	100	3	6	11
Novembre 2008	100	10	64	159	100	10	47	114	100	10	47	114
Dicembre 2008	100	9	72	216	100	8	42	122	100	8	42	122

TABELLA 49: elaborazione dei dati delle precipitazioni atmosferiche rilevati nelle stazioni di Torino-Consolata e Pino Torinese nell'anno 2008.

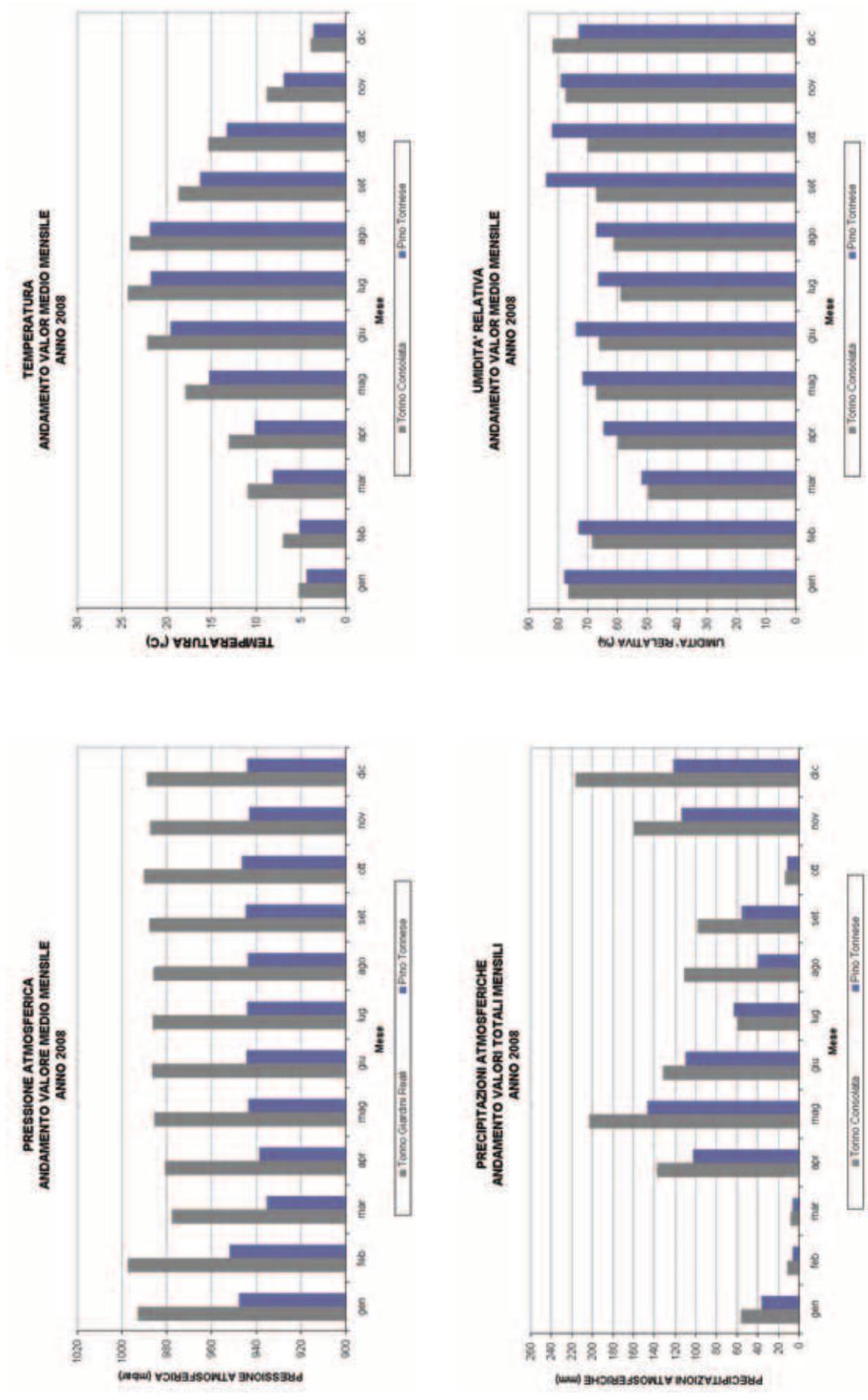


FIGURA 66: confronto fra le stazioni di Torino e Pino Torinese: parametri pressione atmosferica, temperatura, umidità relativa e precipitazioni atmosferiche.

**Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:
L. Pallavidino, 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. Il censimento delle emissioni relativo all'anno 2005, redatto dalla Regione Piemonte secondo la metodologia Corinair, stima che il traffico contribuisca, nell'area metropolitana torinese, alle emissioni di particolato fine (PM₁₀) per il 47% e alle emissioni di ossidi di azoto (NO) per il 49%. Inoltre, secondo questa stima, poco più della metà delle emissioni da traffico sarebbe imputabile alle automobili e ai motocicli.

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 sia richiedendo la commercializzazione di combustibili sempre più ecologici.

Con l'intento di fornire qualche informazione su questa fonte di inquinamento si è pensato di predisporre questa breve sezione circa le emissioni associate alle diverse tipologie di veicoli a motore in relazione alle omologazioni ambientali. In TABELLA 50, sono riportati i limiti di emissione che le direttive e i regolamenti europei hanno fissato per le autovetture a benzina e diesel dal 1970 ad oggi.

DIRETTIVA DI RIFERIMENTO	CO (g/km)		NO ^x (g/km)		HC+NO _x (g/km)		HC (g/km)	PM10 (g/km)
	benzina	diesel	benzina	diesel	benzina	diesel	benzina	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 50: limiti di emissione fissati dalle direttive europee per autovetture benzina e diesel.

Ogni nuova normativa ha fissato dei limiti inferiori di circa il 50% rispetto alla 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 dai 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; le case automobilistiche non sono infatti 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 richieste per i veicoli Euro5 con quelle dei veicoli "Pre-Euro" è evidente che l'evoluzione tecnologica delle marmitte catalitiche, dei filtri e dei sistemi 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 67 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.

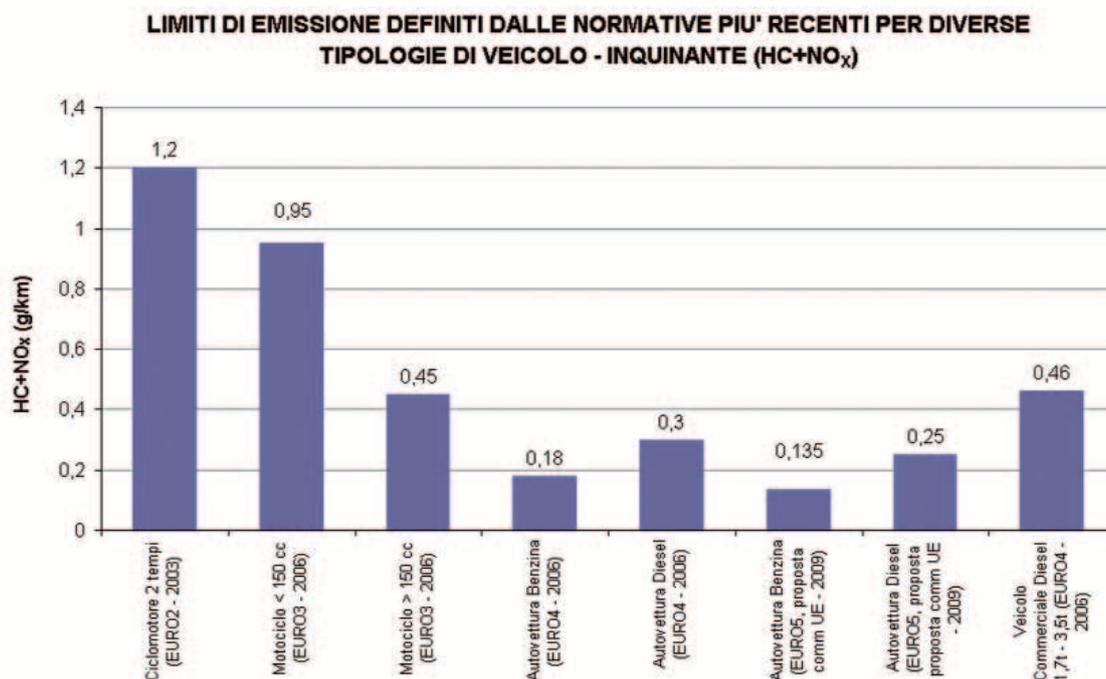


FIGURA 67: limiti di emissione definiti dalle normative più recenti per diverse tipologie di veicolo.

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

Per la valutazione del contributo del traffico veicolare all'inquinamento atmosferico e per poter attuare dei provvedimenti per il miglioramento della qualità dell'aria è importante conoscere la composizione del parco veicolare immatricolato in Provincia di Torino.

I dati relativi al periodo 2006-2008 forniti dal servizio tributi della Regione Piemonte, sono riassunti nei grafici e nelle tabelle delle pagine seguenti (TABELLA 51, TABELLA 52, FIGURA 68, FIGURA 69). I dati storici elaborati dai dati pubblicati dall'ACI sono riportati nei grafici in riquadro della FIGURA 68 e della FIGURA 69.

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

- Il numero di autoveicoli circolante in Provincia di Torino è di poco inferiore a un milione e mezzo. Il tasso di motorizzazione è dunque molto elevato (0,66 autoveicoli/abitante), tra i più alti in Italia e in Europa. Un numero di veicoli così elevato è un ostacolo per l'incremento dell'uso del mezzo pubblico, sia perché la motorizzazione privata peggiora la velocità del servizio pubblico, sia perché il possesso dell'auto ne incentiva l'uso anche quando sarebbe possibile o preferibile servirsi di un altro mezzo di trasporto.
- Il parco veicolare per la mobilità privata si è progressivamente rinnovato e i veicoli Euro3 e Euro4 costituiscono il 60% del totale (TABELLA 51). Gli autoveicoli non ecologici, secondo i contenuti 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), costituiscono circa il 12% (180.000 veicoli) e la quasi totalità di questi è alimentata a benzina.
- Nella categoria dei veicoli commerciali leggeri di peso complessivo inferiore a 3,5t (TABELLA 52) la percentuale di mezzi pre-Euro è in diminuzione ma la porzione di veicoli non ecologici 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) è circa del 40% ed è costituita soprattutto da mezzi diesel, caratterizzati da forti emissioni di particolato (75.000 veicoli). Questo dato conferma la necessità dei divieti alla circolazione contenuti nella DGR.
- I veicoli alimentati a gasolio stanno assorbendo quote crescenti di mercato, tale crescita è stata notevole dal 1998 e i veicoli diesel costituiscono il 60% dei veicoli di nuova immatricolazione. Sebbene i limiti di emissione del particolato imposti dalla normativa europea siano sempre più bassi, i veicoli diesel hanno comunque un'emissione di particolato primario molto più alta di quelli a benzina e la diffusione di queste autovetture potrebbe avere un impatto negativo sulla qualità dell'aria. I Filtri AntiParticolato potrebbero contenere notevolmente il problema, ma attualmente ne sono dotate poche vetture della fascia di prezzo più alta, ed esse rappresentano una quota minoritaria del mercato. Il passaggio alla normativa Euro5 obbligatoria per le autovetture immatricolate dal 2011 dovrebbe allineare le emissioni di particolato dei veicoli diesel e benzina.

		2006			2007			2008		
Autoveicoli "pre-Euro"	numero	138'09	118'142 8'858 11'091	benzina gasolio GPL-Met	115'970	96'467 8'385 11'118	benzina gasolio GPL-Met	106'331	87'555 8'147 10'629	benzina gasolio GPL-Met
	%	9,8	8,4 0,6 0,8	gasolio GPL-Met	8,0	6,6 0,6 0,8	benzina gasolio GPL-Met	7,1	5,9 0,5 0,7	benzina gasolio GPL-Met
Autoveicoli "Euro1"	numero	128'789	110'941 12'688 5'160	benzina gasolio GPL-Met	100'090	83'931 9'927 6'232	benzina gasolio GPL-Met	85'015	70'026 8'514 6'475	benzina gasolio GPL-Met
	%	9,2	7,9 0,9 0,4	benzina gasolio GPL-Met	6,9	5,8 0,7 0,4	benzina gasolio GPL-Met	5,7	4,7 0,6 0,4	benzina gasolio GPL-Met
Autoveicoli "Euro2"	numero	450'851	354'602 84'505 11'744	benzina gasolio GPL-Met	414'784	323'024 77'106 14'654	benzina gasolio GPL-Met	380'194	291'893 69'786 18'515	benzina gasolio GPL-Met
	%	32,1	25,2 6,0 0,8	benzina gasolio GPL-Met	28,5	22,2 5,3 1,0	benzina gasolio GPL-Met	25,4	19,5 4,7 1,2	benzina gasolio GPL-Met
Autoveicoli "Euro3"	numero	409'314	199'096 204'704 5'514	benzina gasolio GPL-Met	398'290	194'807 196'907 6'576	benzina gasolio GPL-Met	387'180	188'428 190'038 8'714	benzina gasolio GPL-Met
	%	29,1	14,2 14,6 0,4	benzina gasolio GPL-Met	27,4	13,4 13,5 0,5	benzina gasolio GPL-Met	25,9	12,6 12,7 0,6	benzina gasolio GPL-Met
Autoveicoli "Euro4"	numero	278'818	141'115 133'201 4'502	benzina gasolio GPL-Met	425'395	201'613 212'977 10'805	benzina gasolio GPL-Met	536'007	243'566 268'198 24'243	benzina gasolio GPL-Met
	%	19,8	10,0 9,5 0,3	benzina gasolio GPL-Met	29,2	13,9 14,6 0,7	benzina gasolio GPL-Met	35,9	16,3 17,9 1,6	benzina gasolio GPL-Met
Autoveicoli "Euro5"	numero	17	10 7 0	benzina gasolio GPL-Met	22	11 11 0	benzina gasolio GPL-Met	536'007	243'566 268'198 24'243	benzina gasolio GPL-Met
	%	0,0	0,0 0,0 0,0	benzina gasolio GPL-Met	0,0	0,0 0,0 0,0	benzina gasolio GPL-Met	0,0	0,0 0,0 0,0	benzina gasolio GPL-Met

TABELLA 51: autoveicoli immatricolati in provincia di Torino dal 2006 al 2008, suddivisi per tipo di omologazione ambientale. Banca dati Regione Piemonte.

**AUTOVEICOLI IMMATRICOLATI IN PROVINCIA DI TORINO (2006-2008)
SUDDIVISIONE PER OMOLOGAZIONE AMBIENTALE
BANCA DATI REGIONE PIEMONTE**

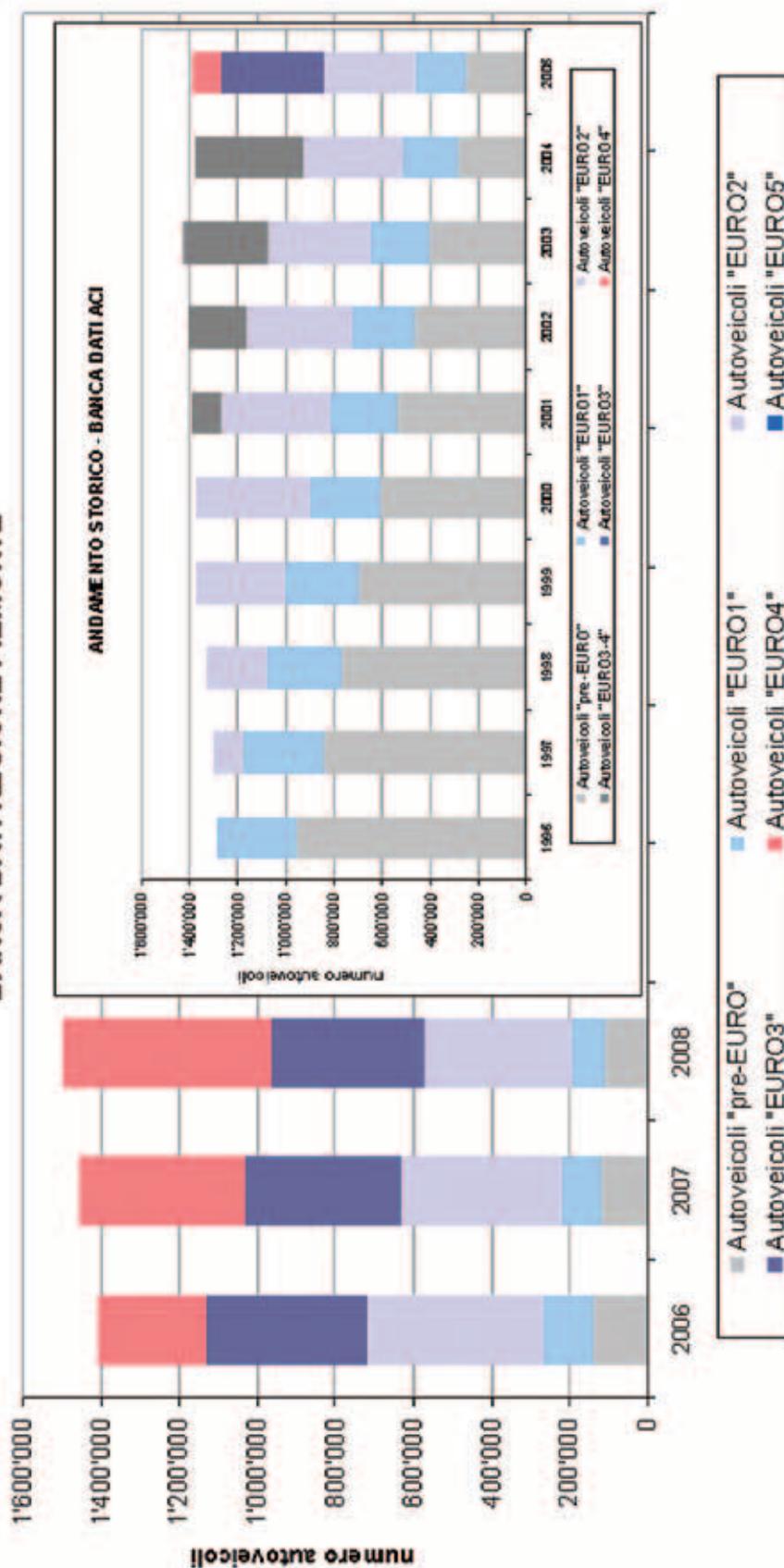


FIGURA 68: autoveicoli immatricolati in provincia di Torino – Omologazione ambientale.

		2006			2007			2008		
Autocarri <3,5 t "pre-Euro"	numero	46'157	5'698 39'786 673	benzina gasolio GPL-Met	42'421	5'309 36'410 702	benzina gasolio GPL-Met	39'895	5'063 34'158 674	benzina gasolio GPL-Met
	%	27,2	3,4 23,5 0,4	benzina gasolio GPL-Met	24,0	3,0 20,6 0,4	benzina gasolio GPL-Met	20,9	2,6 17,9 0,4	benzina gasolio GPL-Met
Autocarri <3,5 t "Euro1"	numero	11'138	1'185 9'854 99	benzina gasolio GPL-Met	10'292	1'044 9'139 109	benzina gasolio GPL-Met	9'769	937 8'720 112	benzina gasolio GPL-Met
	%	6,6	0,7 5,8 0,1	benzina gasolio GPL-Met	5,8	0,6 5,2 0,1	benzina gasolio GPL-Met	5,1	0,5 4,6 0,1	benzina gasolio GPL-Met
Autocarri <3,5 t "Euro2"	numero	42'895	7'070 35'363 462	benzina gasolio GPL-Met	41'409	6'754 34'180 475	benzina gasolio GPL-Met	39'832	6'479 32'853 500	benzina gasolio GPL-Met
	%	25,3	4,2 20,9 0,3	benzina gasolio GPL-Met	23,4	3,8 19,3 0,3	benzina gasolio GPL-Met	20,8	3,4 17,2 0,3	benzina gasolio GPL-Met
Autocarri <3,5 t "Euro3"	numero	61'504	3'052 58'077 375	benzina gasolio GPL-Met	60'859	2'989 57'463 407	benzina gasolio GPL-Met	64'089	5'976 57'709 404	benzina gasolio GPL-Met
	%	36,3	1,8 34,3 0,2	benzina gasolio GPL-Met	34,4	1,7 32,5 0,2	benzina gasolio GPL-Met	33,5	3,1 30,2 0,2	benzina gasolio GPL-Met
Autocarri <3,5 t "Euro4"	numero	7'779	575 7'000 204	benzina gasolio GPL-Met	21'548	962 20'149 437	benzina gasolio GPL-Met	37'219	1'370 34'747 1'102	benzina gasolio GPL-Met
	%	4,6	0,3 4,1 0,1	benzina gasolio GPL-Met	12,2	0,5 11,4 0,2	benzina gasolio GPL-Met	19,5	0,7 18,2 0,6	benzina gasolio GPL-Met
Autocarri <3,5 t "Euro5"	numero	10	0 10 0	benzina gasolio GPL-Met	19,1	0 191 0	benzina gasolio GPL-Met	445	0 445 0	benzina gasolio GPL-Met
	%	0,0	0,0 0,0 0,0	benzina gasolio GPL-Met	0,1	0,0 0,1 0,0	benzina gasolio GPL-Met	0,2	0,0 0,2 0,0	benzina gasolio GPL-Met

TABELLA 52: veicoli commerciali leggeri (< 3,5 t) immatricolati in Provincia di Torino dal 2006 al 2008, suddivisi per tipo di omologazione ambientale Banca Dati di Regione Piemonte.

**COMMERCIALI LEGGERI (<3,5t) IN PROVINCIA DI TORINO (2006-2008)
SUDDIVISIONE PER OMOLOGAZIONE AMBIENTALE - BANCA DATI
REGIONE PIEMONTE**

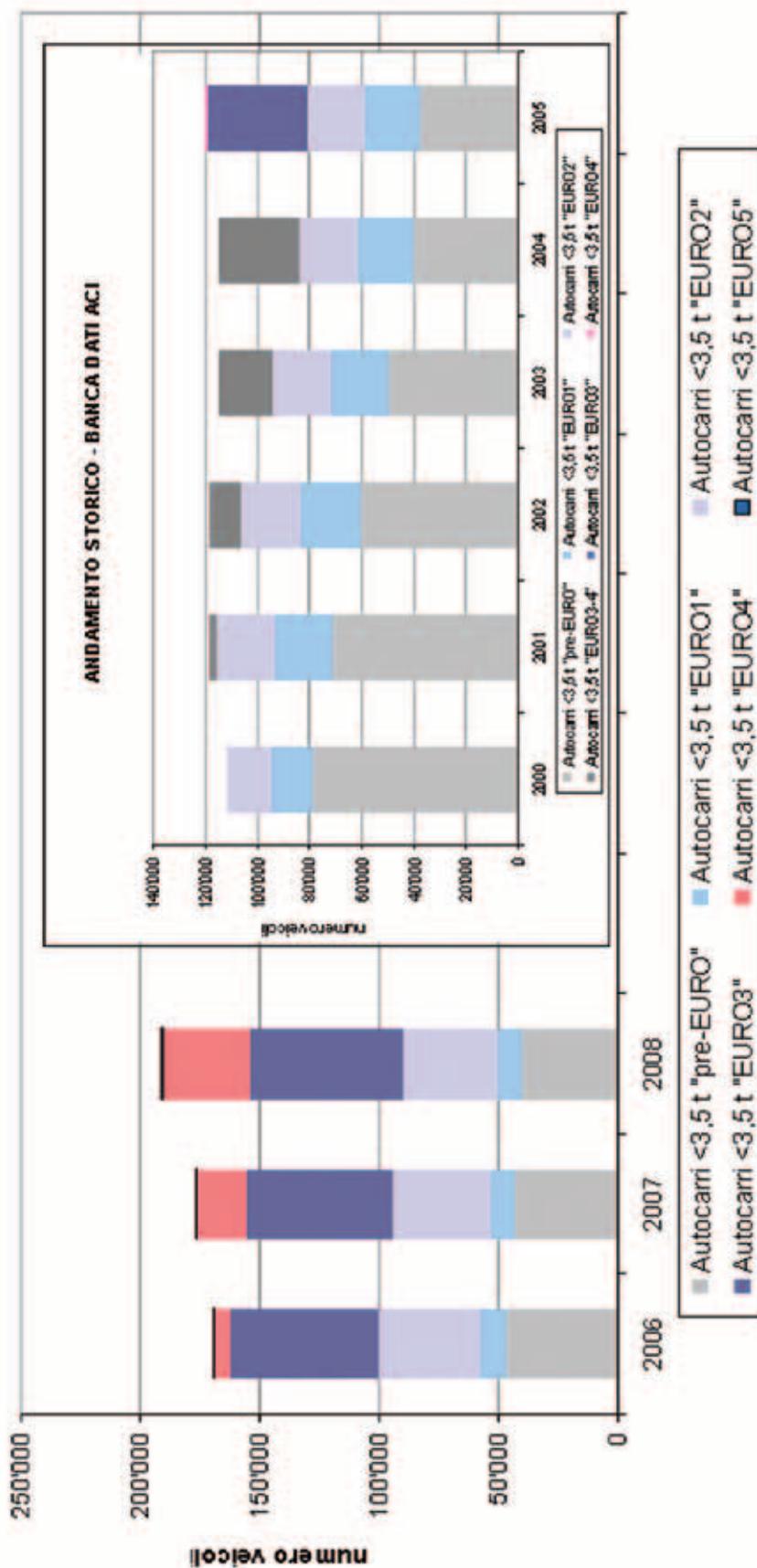


FIGURA 69: veicoli commerciali leggeri (< 3,5 t) immatricolati in Provincia di Torino - Omologazione ambientale.

Il testo di questo capitolo è stato curato da:

M. Sumini, F. Teodori, B. Ferrucci (Università degli Studi di Bologna, Dipartimento di Ingegneria Energetica, Nucleare e del Controllo Ambientale (DIENCA), Laboratorio di Montecuccolino), S. Mantovani (MEEO Srl, Ferrara) e G. Magro (Magro Engineering Ltd., Lonato (BS)).

SOMMARIO

Lo sviluppo di tecniche di indagine spettrometriche grazie a strumenti posizionati su satelliti (MODIS, MODerate resolution Imaging Spectro-radiometer) consente di avere a disposizione valutazioni globali delle condizioni di qualità dell'aria su aree a forte antropizzazione quali la Pianura Padana, evidenziando le corrette scale spaziali e temporali dei fenomeni e l'instaurarsi e lo sviluppo di criticità e di transitori ambientali caratteristici di cui è indispensabile iniziare a valutare la rilevanza in termini ambientali e programmatici.

INTRODUZIONE

Il presente lavoro propone alcuni fra i principali risultati prodotti dall'indagine commissionata nel corso del 2008 al Dipartimento DIENCA dell'Università di Bologna dal Comune di Alessandria per "Analisi della qualità dell'aria nell'area del Piemonte Sud-Orientale e valutazione di efficacia di misure di mitigazione e di contrasto"³¹.

Come è noto, la qualità dell'aria, soprattutto nelle aree urbane o di forte antropizzazione, dipende dai processi di formazione e diffusione degli aerosol prodotti sia per cause naturali (come ad esempio eruzioni vulcaniche, incendi, azione del vento, ecc.) sia, soprattutto, per cause di origine antropica (sistemi di produzione di energia, trasporto, attività industriali). Il riferimento è in particolare relativo alle concentrazioni di PM₁₀ e PM_{2,5} che costituiscono al momento i parametri standard di controllo per la valutazione del cosiddetto AQI (Air Quality Index) soprattutto nelle zone ad alto livello di antropizzazione, quali le aree urbane appunto, in cui, a livello globale, vive ormai circa la metà della popolazione mondiale, e, in particolare, in una delle aree più critiche del pianeta da questo punto di vista, la Pianura Padana.

Il problema è di grande rilevanza soprattutto alla luce degli effetti riconosciuti sulla salute umana. L'Organizzazione Mondiale per la Sanità ha giustamente posto l'inquinamento da aerosol fra le maggiori fonti di rischio³² fin dal primo meeting sugli aspetti sanitari dell'inquinamento atmosferico, tenutosi a Milano nel 1957. L'estensione di concetti tipici della radioprotezione quali quelli di esposizione e dose hanno consentito di formalizzare i concetti di rischio relativi. I parametri più significativi esposti nelle linee guida dell'OMS sono riassumibili nei limiti per il PM₁₀ di 50 µg/m³ come media sulle 24 ore (da non superarsi per più di 35 volte l'anno) e di 40 µg/m³ come media annuale (ed un obiettivo dichiarato, nel 1996, di 20 µg/m³ per il 2010). I valori limite sono definiti in Italia dal D.M. 60 del 2 aprile 2002, che ha recepito in sostanza i limiti proposti dell'OMS sopra ricordati.

Non secondario è poi l'effetto che le concentrazioni di aerosol in atmosfera possono avere sul clima a varia scala in funzione di concentrazione e diffusione: non bisogna infatti dimenticare che la composizione dell'atmosfera, anche negli strati più prossimi al suolo, contribuisce a definire il bilancio fra la radiazione solare incidente e quella trattenuta e/o riflessa.

Gli aerosol riducono la quota di radiazione solare che raggiunge la superficie terrestre e, in funzione della loro natura, possono avere effetti diversi sul bilancio energetico: particelle di colore chiaro (ad esempio le particelle solforose emesse dalle eruzioni vulcaniche) riflettono

³¹ M. Sumini, F. Teodori, B. Ferrucci, S. Mantovani, G. Magro, "Analisi mediante tecniche innovative della qualità dell'aria nell'area del Piemonte Sud-Orientale e valutazione di efficacia di misure di mitigazione e di contrasto", Contratto di ricerca.

Comune di Alessandria – Dipartimento di Ingegneria Energetica, Nucleare e del Controllo Ambientale, DIENCA, Università degli Studi di Bologna, 2008-2009, Relazione Conclusiva, marzo 2009.

³² F. X. van Leuwen, "A European perspective on hazardous air pollutants", Toxicology, n. 181-182, pag. 355-359, 2002.

la radiazione solare e raffreddano la superficie, mentre particelle di colore scuro (ad esempio quelle prodotte nei processi di combustione) riscaldano l'atmosfera. Gli aerosol influenzano anche le precipitazioni: l'acqua evaporata dalla superficie, in assenza di aerosol tende a diffondere in modo uniforme, mentre la presenza di nuclei di condensazione (il particolato appunto) favorisce la formazione di nubi: le nubi prodotte per effetto della presenza di aerosol tuttavia sono diverse da quelle naturali. Dato che gli aerosol di origine antropica risultano più piccoli e localmente più concentrati, le nubi contengono quantità maggiori di piccole gocce d'acqua, risultano più luminose e riflettono più radiazione nello spazio. Questo effetto potrebbe in principio contrastare i fenomeni di riscaldamento, tuttavia gocce più piccole implicano che in caduta evaporino prima di raggiungere il suolo: quindi più nubi ma meno pioggia.

L'attenzione è stata quindi rivolta soprattutto verso quelle metodologie di valutazione in grado di fornire un quadro globale del problema e, al tempo stesso, informazioni il più possibile prive di ogni "bias" ("polarizzazione") interpretativo aprioristico e quindi di far emergere in modo indipendente ogni eventuale criticità ambientale, fornendo anche una chiave di lettura integrale dei dati necessariamente parziali e di difficile sincronizzazione e contestualizzazione relativi alle misure di concentrazione al suolo. Da questo punto di vista, gli spettrometri MODIS installati a bordo dei satelliti NASA Terra e Aqua costituiscono una fonte di dati che si sta dimostrando di grande efficacia ed utilità per la valutazione del cosiddetto AOT (*Aerosol Optical Thickness*), cioè lo spessore dell'atmosfera misurato in termini di cammino libero medio della radiazione riflessa/emessa e quindi una misura della densità di centri scatteranti e quindi di aerosol. Il programma Earth Observation System è nato con l'obiettivo di validare dati e modelli e consentire previsioni sia a livello climatico generale sia in termini di inquinamento e sugli effetti dello stesso su clima, colture, sostenibilità, biodiversità.

I risultati delle analisi dei dati prodotti consentono per esempio di comprendere anche quantitativamente come l'aerosol mobilizzato dal vento sulle regioni aride, ricco di ferro, influenza la formazione di alghe, ma anche come l'aerosol prodotto dalle attività umane possa influire sulle capacità produttive dei terreni agricoli, o come l'energia radiante emessa dalle aree urbane possa modificare localmente il clima provocando fenomeni atmosferici sempre più violenti, o a risolvere il problema di una valutazione dell'efficienza del "sistema vegetale" del pianeta nello stoccaggio della CO₂. Il primo satellite del programma, Terra, venne lanciato il 18 dicembre del 1999, e, grazie allo spettrometro MODIS, transitando con regolarità da Nord a Sud sul pianeta secondo un'orbita polare, consente di avere una mappa globale delle condizioni della Terra ogni due giorni, un enorme passo avanti rispetto al "vecchio" LANDSAT che ne richiedeva ben 16 e con una minor risoluzione, non in grado quindi di risolvere e percepire la dinamica di molti fenomeni. Successivamente, all'inizio del 2002, è stato lanciato un secondo satellite, Aqua, che, su un'analogha orbita polare, copre il globo da Sud verso Nord. I dati salienti dell'orbita dei satelliti e dello spettrometro sono riportati nella tabella seguente:

	DATI CARATTERISTICI
Orbita	705 km, con passaggio alle 10:30 a.m. in fase nord-sud (Terra) o 1:30 p.m. in fase sud-nord (Aqua). Sincronizzata con il Sole, di forma quasi polare, circolare.
Rateo di scansione	20,3 rpm
Dimensioni area scansionata	2330 x 10 km
Diametro del telescopio	17,78 cm
Dimensioni	1,0 x 1,6 x 1,0 m
Peso	250 kg
Alimentazione media	225 W
Data Rate	11 Mbps
Risoluzione spaziale	250 m (bande 1-2), al nadir; 500 m (bande 3-7); 1000 m (bande 8-36)

TABELLA 53: Caratteristiche più significative del sistema MODIS.

Ovviamente, insieme ai vantaggi del sistema MODIS sono da considerare anche alcune criticità, quali ad esempio la discontinuità temporale del dato (vincolata ad esempio dalla distribuzione di nubi e, localmente, dal posizionamento reciproco sensore/area analizzata) che rende necessaria una procedura di validazione rispetto ai dati al suolo, la necessità di integrazione con informazioni meteo locali (soprattutto i profili verticali di temperatura per la valutazione corretta dei moti convettivi in prossimità del suolo, la cosiddetta quota di mescolamento, Mixing Height), la difficoltà nel distinguere fra le tipologie di aerosol: si tratta comunque di un processo di ricerca scientifica ormai avviato ed in costante evoluzione in termini di modelli e di capacità di interpretazione e destinato a divenire l'approccio di riferimento per le analisi di qualità dell'aria.

METODOLOGIA

Strumento principale di indagine è stato il codice di calcolo PM MAPPER®³³ in grado di rilevare la presenza di aerosol atmosferico utilizzando l'informazione spettrale del sensore MODIS dal canale visibile del blu (0,47 μm) fino al canale dell'infrarosso termico (11 μm): il sistema identifica prima i pixel di cielo libero³⁴ e poi separa i contributi di radianza/riflettanza provenienti dalla superficie e dall'atmosfera (v. FIGURA 70).

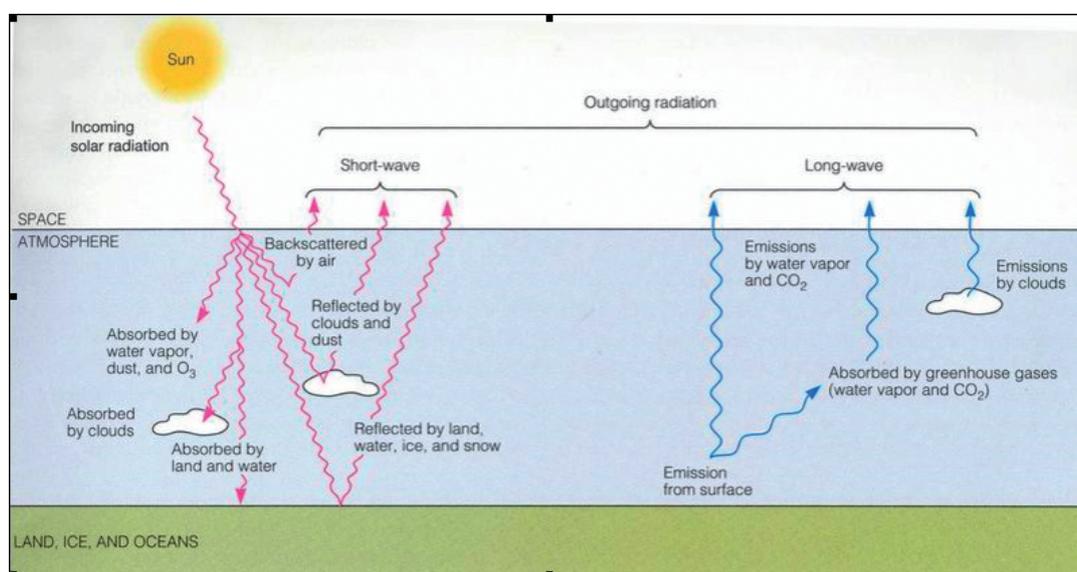


FIGURA 70: Contributi alla radianza/riflettanza ricevuti da un sensore satellitare.

Dal contributo dell'atmosfera è quindi possibile estrarre il contenuto di spessore ottico dell'aerosol utilizzando l'informazione dei canali visibili blu (0,47 μm) e rosso (0,66 μm). La scelta dei canali visibili è giustificata dalla dimostrazione che il contributo alla radianza dell'atmosfera è maggiore sia al diminuire della lunghezza d'onda che al diminuire di valori di riflettanza della superficie. L'approccio utilizzato per estrarre il contenuto di AOT è di tipo *Look-Up Table* (LUT), ovvero i valori di radianza/riflettanza dell'atmosfera osservati da satellite vengono confrontati con una serie di valori calcolati in funzione delle diverse condizioni atmosferiche (temperatura, umidità, ecc.), superficiali (suolo, acqua) e contenuto di aerosol. In FIGURA 71 è rappresentato un diagramma semplificato del sistema PM MAPPER® per il calcolo dell'AOT: inizialmente vengono eseguite una serie di procedure di pre-processamento (identificazione dei pixel di nube, di acqua e di suolo; calcolo degli angoli

³³ AA.VV., "PM MAPPER®: Descrizione del sistema", MEE0-PM-IT-2009-01, Versione 1.3, 2009.

³⁴ Per pixel di cielo libero si intendono i pixel non interessati da copertura nuvolosa.

di osservazione; caricamento di dati ancillari; ecc.) che estraggono tutte le informazioni necessarie e preparano il dato per l'applicazione dell'algoritmo di inversione. La variabilità delle proprietà della superficie di tipo "Suolo" rispetto a quella di tipo "Acqua" determina l'applicazione di algoritmi differenziati per le due tipologie di suolo osservato (PROCESS_ocean, PROCESS_Land). PM MAPPER® lavora su cluster di pixel pari a 3 km x 3 km, e per consentire la corretta applicazione dell'algoritmo di inversione devono essere rispettati i seguenti requisiti³⁵:

il sistema deve processare solo pixel di cielo libero, per cui vengono identificati ed eliminati dalle procedure di processamento tutti i pixel di nube;

il sistema deve processare solo pixel scuri, ovvero pixel con valori di radianza/riflettanza osservati al di sotto del valore di soglia di 0,25 per i quali il contributo della radianza dell'atmosfera è maggiore del contributo della radianza della superficie.

Mentre il rispetto del primo vincolo risulta evidente in quanto il sensore non ha la capacità di penetrare attraverso le nubi, il rispetto del secondo è richiesto per consentire il calcolo dell'AOT da valori di radianza misurati da piattaforma satellitare.

Un secondo modulo di elaborazione consente di stimare la concentrazione di particolato fine PM_{2,5} e PM₁₀ alla superficie (nei primi 250 m dell'atmosfera) da valori di AOT. I dati, infine, vengono rappresentati con una risoluzione in termini di dimensioni del pixel di 1 km x 1 km (a griglia non costante).

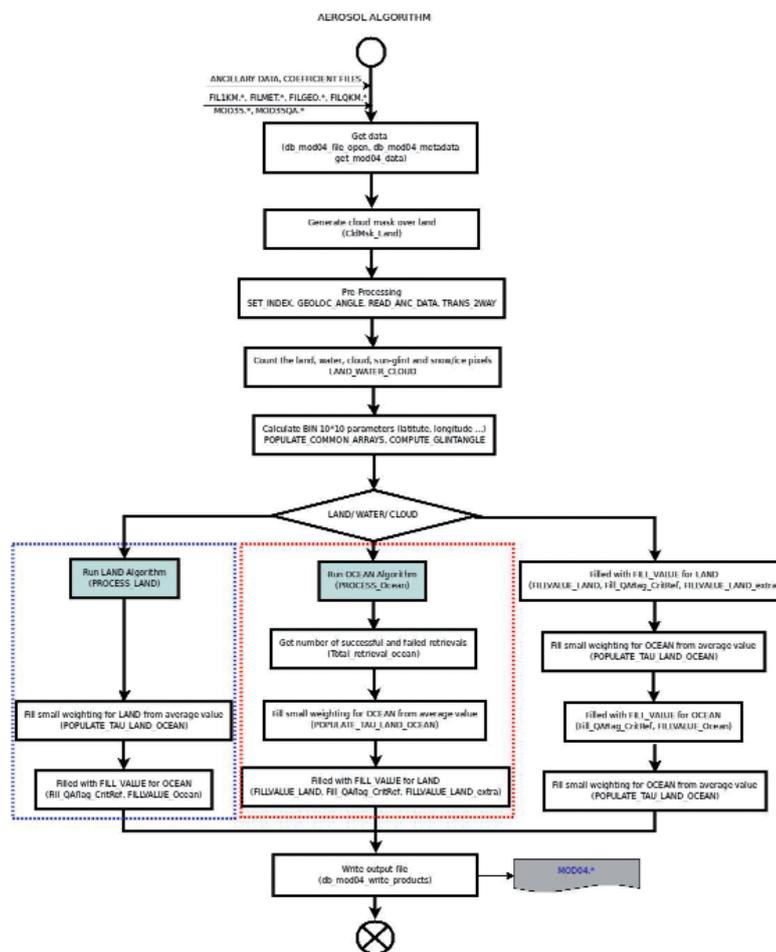


FIGURA 71: Schema del codice PM MAPPER®.

³⁵ La descrizione dettagliata di tutti i requisiti per la corretta applicazione dell'algoritmo e le procedure per il calcolo dell'AOT sono contenute in Yoram J. Kaufman and Didier Tanré, "Remote Sensing of tropospheric aerosol from MODIS", MODIS ATBD, 2008.

Per avere infine una valutazione della qualità dell'aria si utilizzano gli standard EPA 2006, riassunti nella tabella riportata in FIGURA 72. L'accuratezza stimata sulle valutazioni di concentrazioni di aerosol ricostruite mediante il confronto dei dati misurati con opportuni dati di riferimento (*Look-Up Table*, LUT) è valutata attualmente in funzione del parametro τ (lo spessore ottico di aerosol stimato, AOT) come $\pm 0.05 \pm 0.15 \tau$. Nel confronto fra dati al suolo e dati MODIS è anche utile ricordare che tali dati coprono l'intero range superficie-TOA (*Top Of Atmosphere*) e quindi l'intervento di opportuni modelli di mixing e di dinamica di particolato è ovviamente rilevante.

Index	Category	PM _{2.5} (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)
0-50	Good	0-15.4	0-54
51-100	Moderate	15.5-40.4	55-154
101-150	Unhealthy for sensitive groups	40.5-65.4	155-254
151-200	Unhealthy	65.6-150.4	255-354
201-300	Very unhealthy	150.5-250.4	355-424

FIGURA 72: Classificazione della qualità dell'aria (Air Quality Index, AQI), EPA 2006, in funzione della concentrazione di particolato. Le concentrazioni di riferimento adottate a livello europeo/nazionale sono analoghe (per l'EPA la soglia di attenzione su PM₁₀ è di 54-55 µg/m³ rispetto ai consueti 50 µg/m³). I parametri riportati sono stati utilizzati per la definizione delle scale di colore in fase di analisi dei risultati per l'AQI.

Un altro aspetto da considerare è rappresentato dai limiti del processo di acquisizione/interpretazione dei dati, costituiti dalla copertura nuvolosa (CF, *Cloud Fraction*) e dall'influenza di parametri locali quali l'umidità relativa (RH, *Relative Humidity*) e quota di mescolamento (MH, *Mixing Height*). Gli effetti dovuti all'umidità (RH) si spiegano con la natura igroscopica di alcuni tipi di aerosol, un fattore che può aumentare l'efficienza delle particelle in termini di capacità di scattering e quindi condurre a stime di spessore ottico (AOT) maggiori. Valutazioni teoriche mostrano che ad alti valori di umidità relativa (prossimi al 100%), variazioni della stessa conducono a variazioni di AOT di circa il 25%, mentre a bassi valori di umidità relativa (50-80%) la sensitività è di gran lunga inferiore (meno del 5%).

Per quel che riguarda l'altezza di rimescolamento (MH), è ovvio che gli aerosol sono in condizioni ottimali di mescolamento all'interno di tale strato. Valutazioni della MH sono in genere ottenibili mediante strumenti basati a terra, come le reti di LIDAR (*Light Detection And Ranging*) e, con tecniche satellitari, grazie a satelliti come il CALIPSO (*Cloud Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observation*, un programma congiunto NASA/CNES, lanciato nel 2006). In sostanza, bassi valori di MH (100-200 m) consentono in genere un buon accordo fra misure AOT MODIS e misure a terra (in tal caso infatti l'AOT stimato, relativo all'intera colonna atmosferica, registra una densità attribuibile mediante modelli a forte stratificazione), mentre ad alti valori di MH i valori stimati via satellite risultano inferiori a quelli registrati al suolo, dato il più complesso modello di stratificazione del particolato. Inoltre, a parità di modello di stratificazione dell'aerosol, ci si devono attendere deviazioni sistematiche fra i due dati nel passaggio fra stagioni calde e stagioni fredde. Normalmente, si hanno bassi valori di MH nelle stagioni fredde ed alti valori di MH nelle stagioni calde. Tuttavia, in assenza di dati ufficiali disponibili per la MH e, in generale, con l'obiettivo di non inseguire l'accordo con dati di difficile aggregazione, si è preferito non intervenire con alcuna scelta di "polarizzazione" verso una soluzione preordinata, quindi non agendo sui modelli di stratificazione ed adottando valori medi per i diversi parametri identificativi delle condizioni di distribuzione dell'aerosol nell'atmosfera. Come conseguenza, emerge dai risultati una differenza sistematica positiva/negativa nell'accordo fra dati MODIS e dati al

suolo, quando disponibili, di chiara impostazione stagionale.

ANALISI DI UN TRANSITORIO AMBIENTALE RILEVANTE

Come esempio dei risultati ottenuti, si riporta il dato relativo ad un "transitorio ambientale" chiaramente identificabile e relativo all'anno 2008, precisamente quello che si è prodotto sulla Pianura Padana nel periodo 10-19 febbraio 2008. In tali giorni, stante una situazione di alta pressione e calma di vento tipica di quest'area anche nella stagione fredda, si sono prodotte le condizioni ideali per l'accumulo di PM_{10} e $PM_{2,5}$ con un tasso di crescita stabile e costante, che hanno causato valori dell'indice AQI (*Air Quality Index*) degni di attenzione.

Le immagini satellitari (v. FIGURA 73), ottenute dal satellite Terra in transito da Nord a Sud, al mattino (orario tipico attorno alle ore 10 a.m.), mostrano la Pianura Padana sgombra di nubi mentre l'analisi dei dati MODIS, presentata nelle figure successive, indica il livello di concentrazione del particolato che si è prodotto per effetto di tali condizioni di stabilità. L'analisi è stata condotta con PM MAPPER® in modo totalmente indipendente da eventuali dati registrati al suolo, che, peraltro, sembrano confermare la tendenza negativa della qualità dell'aria in quello stesso periodo. Sulle mappe appaiono evidenti gli effetti di vincolo dell'orografia, la rilevanza delle vie di comunicazione e dei termini di sorgente costituiti dalle grandi aree urbane e dai distretti industriali, l'effetto di deriva prodotto sulle masse d'aria dai bacini fluviali, in particolare dal bacino del Po, mentre la sequenza temporale pone all'attenzione gli effetti di accumulo e di degrado.

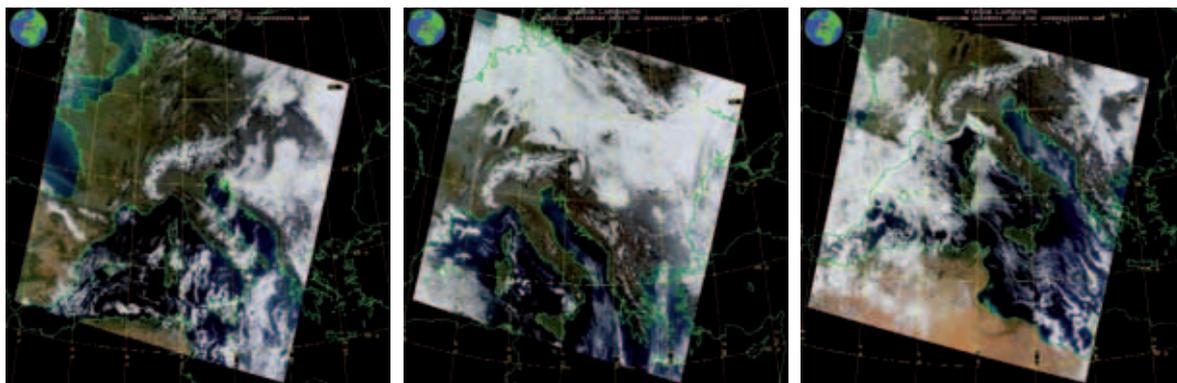


FIGURA 73: Immagini satellitari per i giorni 10, 14 e 19 febbraio 2008. Ovviamente la posizione dell'inquadratura differisce per ogni passaggio.

Questo livello di visualizzazione globale che, solo, è in grado fornire un quadro di riferimento e di dare indicazioni sulla natura e sulla dimensione della scala spaziale e temporale del fenomeno, è un tipo di informazione che è assente nei dati puntuali restituiti dalle centraline di misura, anche se disposte in una rete di monitoraggio.

In tutte le mappe è stato riportato un contorno che indica la posizione della città di Alessandria, al centro dell'area del Piemonte Sud-orientale oggetto del presente studio.

La prima serie di immagini (riportate in FIGURA 74) presenta i risultati delle elaborazioni dei dati MODIS che hanno portato alla valutazione delle concentrazioni di PM_{10} , secondo la scala di colori riportata a fianco. Le aree in blu sono relative a dati mancanti per effetto di spot di copertura nuvolosa o insufficiente quantità di dati per l'analisi. La successione delle mappe fornisce anche la possibilità di valutare i gradienti temporali locali di concentrazione. Nella fase iniziale del transitorio, gli effetti dell'orografia sono ben visibili (vale tanto per l'area industriale ed urbana torinese, quanto per quella lombarda attorno a Milano), ma nei giorni successivi le concentrazioni aumentano al punto da riempire completamente il bacino padano. Nell'ultima mappa, che corrisponde al giorno 19 febbraio 2008, si nota come la deriva verso Est produca gradienti di concentrazione in tale direzione che diventano drammatici verso l'area veneta ed il confine con la Slovenia.

La serie successiva (v. FIGURA 75) presenta invece, per i medesimi giorni, le mappe dell'indicatore di qualità dell'aria AQI, in cui sono stati utilizzati i colori riportati nella FIGURA 72. In nero sono rappresentati i dati mancanti o insufficienti. In queste mappe, che possono essere considerate una sintesi di informazioni relative a concentrazioni di aerosol di diversa dimensione, si può osservare il progressivo allargamento delle aree a bassa qualità dell'aria, fino a situazioni di allarme sulla parte orientale del dominio.

L'ultima serie (v. FIGURA 76) si riferisce al dettaglio centrato sulla città di Alessandria. A questa scala, appare particolarmente evidente la lettura "orografica" e, nel confronto con le mappe a grande scala, emerge anche come, nel transitorio ambientale considerato, l'aumento locale nell'area alessandrina delle concentrazioni di aerosol è dovuto principalmente alla formazione di aree a forte densità di particolato su una scala spaziale dell'ordine del centinaio di chilometri.

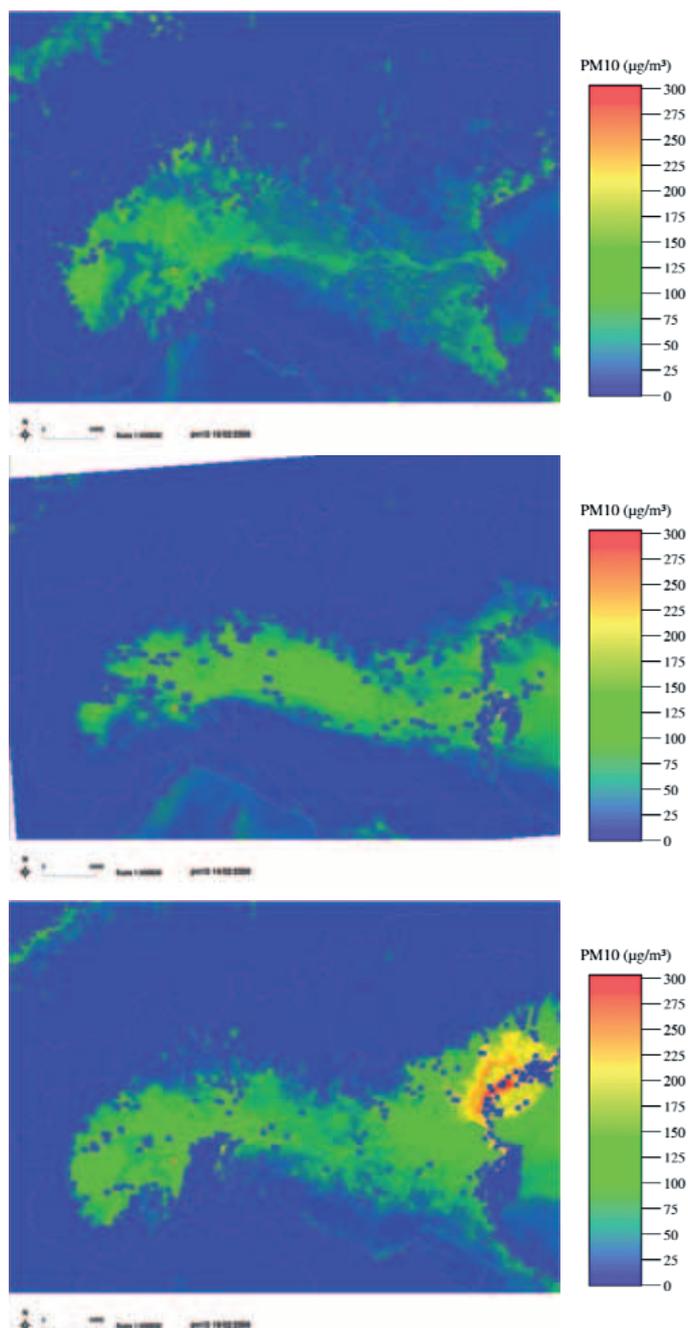


FIGURA 74: Concentrazioni di PM_{10} nel bacino padano, ricostruite a partire dai dati MODIS relative ai giorni 10, 14 e 19 febbraio 2008.

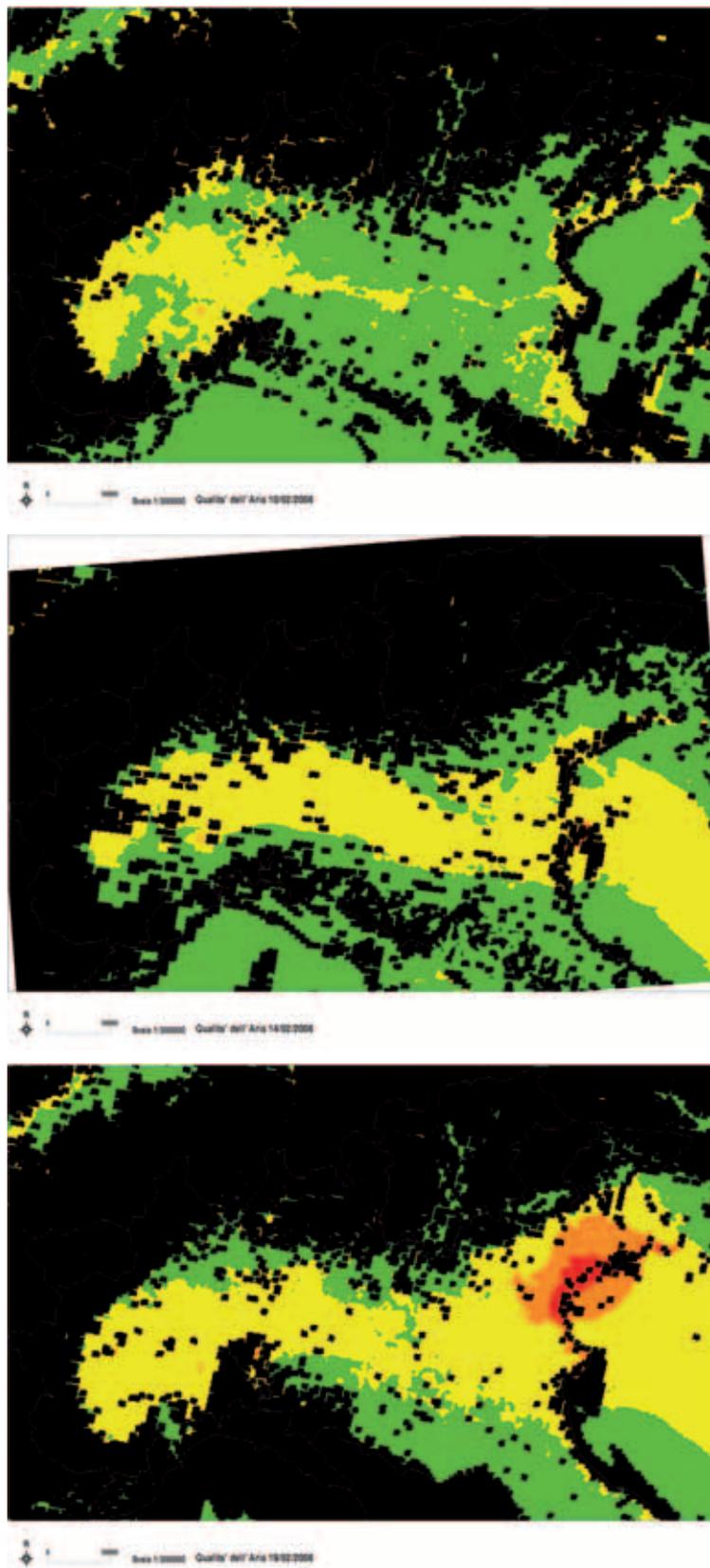


FIGURA 75: Mappe di indice della qualità dell'aria AQI (v. FIGURA 72) nel bacino padano, ricostruite a partire dai dati MODIS relativi ai giorni 10, 14 e 19 febbraio 2008.

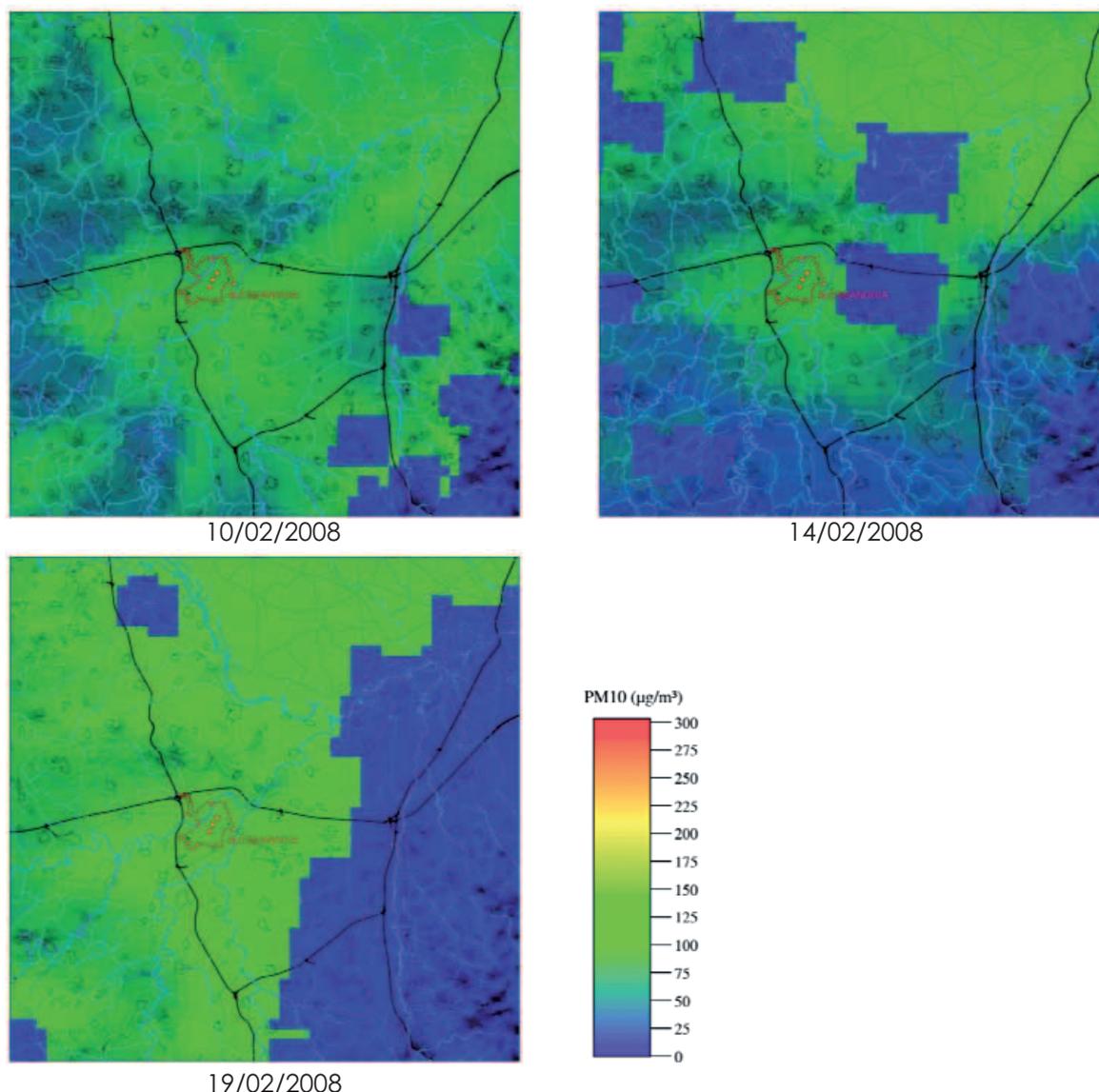


FIGURA 76: Concentrazioni di PM nell'area del Piemonte sud-orientale, ricostruite a partire dai dati MODIS e relative ai giorni 10, 14 e 19 febbraio 2008.

I transitori ambientali quale quello descritto, abbastanza frequenti nel bacino padano nelle stagioni fredde, non sono attualmente considerati come tali, né è al momento disponibile una strategia di impatto globale per la gestione di eventuali criticità e neppure vengono valutati come elementi di un'analisi stressor/vulnerabilità ambientale³⁶ diffusi sul territorio.

È assente una strategia globale, cioè nella scala opportuna, nell'affrontare e gestire (ma anche considerare nelle previsioni) queste condizioni in sinergia con l'analisi e la gestione delle cause di tali fenomeni, quindi dei termini di sorgente, quali processi produttivi, sistemi di trasporto, sistemi energetici ma anche eventi naturali. È evidente che azioni di "mitigazione" efficaci delle cause antropiche non possono prescindere da una drastica riduzione dei termini di sorgente su grande scala, possibili solo sui tempi lunghi (almeno un

³⁶ G.Magro, S. Scarpanti, M. Sumini, F. Teodori, "Application of a Dynamic Computational GIS Modeling Methodology for Exposure and Dose Risk Assessment", In Proceedings of the Second IASTED International Conference on Environmental Modelling and Simulation, Nov. 29 – Dec. 1, 2006, St. Thomas, US Virgin Islands.

decennio) caratteristici dei cicli energetici ed ambientali e dai costi rilevanti (peraltro da comparare con i costi attualmente non evidenziati dei transitori ambientali citati).

CONCLUSIONI

Le indagini sulla qualità dell'aria effettuate con tecniche satellitari di rilevamento, portano in assoluta evidenza la natura globale e la scala del fenomeno dell'inquinamento atmosferico. La Pianura Padana risulta interamente coinvolta nel processo di accumulo e diffusione dell'aerosol senza una sostanziale soluzione di continuità. Variazioni di densità e gradienti risultano significativi su distanze dell'ordine delle decine e talvolta delle centinaia di chilometri.

Evidenti sono per rilevanza gli assi di comunicazione in direzione trasversale (Ventimiglia/Torino-Milano-Venezia-Trieste) ed i contributi delle aree industriali e di particolari centri di produzione di inquinanti (raffinerie, centrali a combustibili fossili). Altrettanto evidenti sono la rilevanza su scala nazionale di alcuni nodi autostradali ben noti (la barriera di Mestre, il confine sloveno, ecc.). Appare indispensabile, quindi, che queste tecnologie entrino in una fase di utilizzo che non riguardi solo la valutazione a posteriori di episodi di inquinamento acuto, ma diventino uno strumento ordinario di previsione e di programmazione.

**Il testo e le elaborazioni di questo capitolo sono stati curati da:
M. Giorelli (ARIANET SRL), S. Bande e M. Muraro (ARPA Piemonte).**

INTRODUZIONE

La legislazione europea e il suo recepimento nella normativa nazionale incoraggiano lo sviluppo e l'uso di sistemi modellistici di qualità dell'aria a supporto delle osservazioni al suolo e richiedono la pubblicazione delle informazioni sullo stato di qualità dell'aria in riferimento al giorno in corso e alla previsione per il giorno successivo. L'Unione Europea ha supportato differenti progetti ed iniziative scientifiche per incentivare la cooperazione internazionale in materia di modellistica (COST 728) e di previsione di qualità dell'aria (COST ES0602, 5FP project FUMAPEX and 6FP project GEMS).

Negli ultimi anni una delle principali attività svolte dall'Area Previsione e Monitoraggio Ambientale di ARPA Piemonte nell'ambito della modellistica di qualità dell'aria è stata incentrata sullo sviluppo ed implementazione di un sistema modellistico, basato sull'applicazione dei modelli euleriani di trasporto, dispersione e trasformazione chimica di inquinanti in atmosfera (*Chemical Transport Models*), in grado di produrre simulazioni di campi tridimensionali di concentrazione dei principali inquinanti atmosferici su tutto il territorio regionale, con elevata risoluzione.

Dal 2005 ARPA Piemonte effettua la valutazione annuale della qualità dell'aria con un sistema modellistico euleriano³⁷, nel seguito denominato diagnostico, mentre nel 2006 è stato implementato un sistema previsionale, nel seguito denominato prognostico, utilizzato per effettuare simulazioni di qualità dell'aria sull'area di Torino e di Novara e su un dominio regionale coincidente con quello della valutazione annuale³⁸.

Il confronto delle prestazioni delle due catene modellistiche risulta particolarmente complesso per l'impossibilità di individuare gli effetti delle tre principali componenti che intervengono nella simulazione: le emissioni, la meteorologia e la dispersione.

Allo scopo di valutare l'influenza dell'input meteorologico sulle concentrazioni prodotte dai due sistemi è stata effettuata una simulazione diagnostica per l'anno 2007 utilizzando le medesime condizioni iniziali ai bordi e il medesimo dataset emissivo impiegati dal sistema prognostico per lo stesso anno. La disponibilità simultanea delle simulazioni delle due differenti implementazioni del sistema ha offerto la possibilità di investigare la sensibilità all'input meteorologico della simulazione di qualità dell'aria.

Il confronto dei risultati dei due sistemi modellistici, effettuato sia sul lungo periodo che a breve termine, ha fornito valide indicazioni per i possibili miglioramenti atti ad ottenere un incremento delle prestazioni sia sulla valutazione della qualità dell'aria a lungo termine, sia sulla previsione di fenomeni di inquinamento acuto.

ARCHITETTURA DEL SISTEMA MODELLISTICO

Il cuore del sistema modellistico (FIGURA 77) è rappresentato dal modello di qualità dell'aria, il modello euleriano di chimica e di trasporto FARM³⁹. Il modello FARM, sviluppato dalla società ARIANET con la quale ARPA collabora nelle attività legate alla modellistica di qualità dell'aria, tratta tutti gli inquinanti atmosferici normati (O₃, NO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5}, CO, SO₂,

³⁷ Bande S., Clemente M., De Maria R., Muraro M., Picollo M.E., Arduino G., Calori G., Finardi S., Radice P., Silibello C. e Brusasca G., The modelling system supporting Piemonte region yearly air quality assessment, 2007, Proceedings of the 6th International Conference on Urban Air Quality, Cyprus, 27-29 March 2007.

³⁸ Finardi S., De Maria R., D'Allura A., Cascone C., Calori G. e Lollobrigida, F., A Deterministic Air Quality Forecasting System For Torino Urban Area, 2005, Environmental Modelling and Software, 23, 344-355.

³⁹ Gariazzo C., Silibello C., Finardi S., Radice P., Piersanti A., Calori G., Cucinato A., Perrino C., Nussio F., Cagnoli M., Pelliccioni A., Gobbi G.P., Di Filippo P., A gas/aerosol air pollutants study over the urban area of Rome using a comprehensive chemical transport model, 2007, Atmospheric Environment, 41, 7286-7303.

benzene), implementa meccanismi chimici di varia complessità per il trattamento della fotochimica e del particolato, è in grado di lavorare su domini ad orografia complessa in modalità multiscala, con più griglie innestate di differenti risoluzioni, tratta la chimica in fase acquosa ed eterogenea, oltre ai processi di deposizione secca ed umida.

Implementare un modello di chimica e trasporto significa tuttavia non solo applicare il modello in sé, ma piuttosto organizzare e gestire una rete di codici di calcolo in modo integrato. Il sistema modellistico utilizza infatti in ingresso molteplici dataset che componenti specifiche elaborano in modo da produrre, sui domini di simulazione, tutti i dati in ingresso necessari al modello di qualità dell'aria. In sintesi i principali elementi che compongono il sistema possono essere riassunti in:

- un modulo territoriale, che a partire dalle basi dati territoriali costruisce i campi dei parametri geofisici territoriali sui domini di simulazione;
- un modulo di interfaccia meteorologica che, a partire dai dati meteorologici di ingresso (osservazioni al suolo ed in quota e/o campi tridimensionali, previsti o analizzati, di modelli meteorologici a mesoscala) costruisce, sui domini di simulazione, i campi meteorologici tridimensionali e bidimensionali di turbolenza utilizzati dal modello di qualità dell'aria;
- un modulo delle emissioni che, a partire dagli inventari delle emissioni disponibili sui domini di simulazione, costruisce i campi bidimensionali orari dei ratei di emissione per tutte le specie chimiche trattate dal modello di qualità dell'aria;
- il modulo per le condizioni iniziali ed al contorno, che a partire dai campi tridimensionali di concentrazione di un modello di qualità dell'aria a mesoscala e/o dai dati chimici osservati, prepara i campi di condizioni iniziali ed al contorno sui domini di simulazioni;
- un modulo di post-processing che elabora i campi tridimensionali di concentrazione per produrre campi aggregati di indicatori e mappe tematiche.

Il sistema modellistico è stato progettato con un architettura il più possibile modulare, in modo da limitare l'interdipendenza tra i singoli moduli che lo compongono, rendendo così agevoli sia gli sviluppi ed i miglioramenti, sia, soprattutto, differenti implementazioni che possono essere effettuate modificando o sostituendo uno più moduli ma senza modificare la struttura generale. Attualmente esistono due differenti implementazioni del sistema: la versione diagnostica di lungo periodo³⁷ e la versione prognostica^{37,38}, brevemente descritte nei paragrafi successivi.

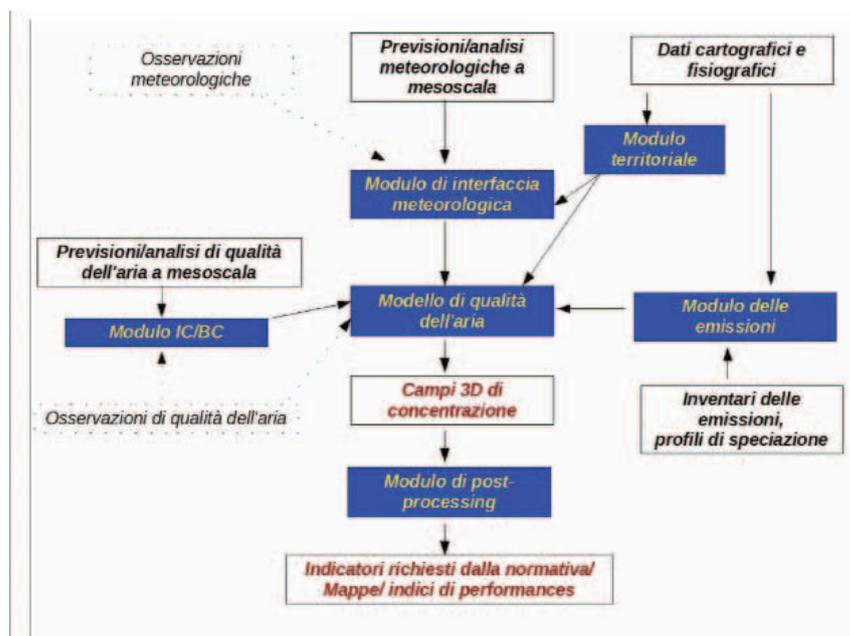


FIGURA 77: Architettura generale del sistema modellistico multiscale per la simulazione di dispersione di inquinanti in atmosfera.

IMPLEMENTAZIONE DIAGNOSTICA DI LUNGO PERIODO

Il sistema modellistico in versione diagnostica di lungo periodo è stato sviluppato da ARPA Piemonte per supportare Regione Piemonte nell'effettuazione della Valutazione Annuale della Qualità dell'Aria (nel seguito VAQA) sul territorio regionale, in ottemperanza ai compiti istituzionali previsti dalla normativa nazionale e comunitaria. A partire dall'anno 2005, ogni anno, entro il mese di giugno, vengono effettuate le simulazioni relative alla VAQA dell'anno precedente; le simulazioni sono condotte con cadenza oraria su un dominio che comprende oltre all'intera regione Piemonte anche la Valle d'Aosta, si spinge fino alle province di Genova e Savona a sud ed include ad est la parte più orientale della Lombardia, fino all'area milanese, con una risoluzione orizzontale di quattro chilometri (FIGURA 78). Verticalmente il dominio è sviluppato su dodici livelli che ricoprono integralmente il Planetary Boundary Layer (PBL), con una risoluzione maggiore negli strati più bassi dell'atmosfera. Per facilitarne ed ottimizzarne la gestione, la simulazione annuale, una volta definite tutte le configurazioni, viene effettuata con un approccio modulare, in modo che la simulazione complessiva risulti come composizione di moduli intermedi, ciascuno relativo all'intero dominio di calcolo ma con intervalli temporali ridotti di cinque giorni.

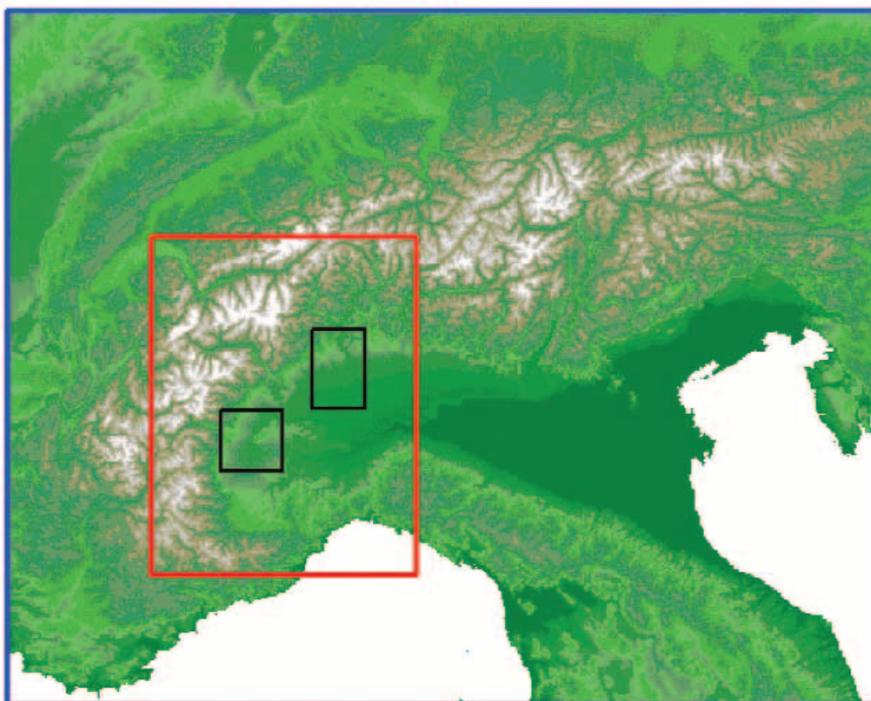


FIGURA 78: Domini di simulazione del sistema modellistico: in blu è rappresentato il dominio di background *g1* (implementazione prognostica), in rosso è rappresentato il dominio regionale *g2* (implementazione prognostica e diagnostica) ed in nero i domini target *g3* e *g4*.

Il modulo meteorologico utilizza in questa implementazione un approccio diagnostico. Le variabili termiche e dinamiche del PBL (temperatura, componenti orizzontali e componenti verticali del vento), sono ottenute con Minerve⁴⁰, modello diagnostico *mass-consistent* basato sulla conservazione della massa e sulla minimizzazione della divergenza del campo di vento, a partire dall'ampia dotazione di dati provenienti dalle osservazioni della rete meteoroidrografica di ARPA, dalle misure delle stazioni del *Global Telecommunication System* (GTS) e dalle elaborazioni della modellistica numerica di *European Centre for Medium range Weather Forecast* (ECMWF).

⁴⁰ ARIA Technologies, MINERVE wind field model - General design manual - Version 7.0, 2001, ARIA Tech. Report.

I parametri di turbolenza e le velocità di deposizione secca per le diverse specie chimiche vengono calcolati a partire dai campi prodotti da Minerve dal modulo di interfaccia GAP/SURFPRO⁴¹ con parametrizzazioni basate sulla teoria di Monin-Obukhov e sui metodi di bilancio energetico superficiale. I campi bidimensionali dei ratei di emissione per tutte le specie chimiche trattate dal modello di qualità dell'aria, modulati temporalmente su base oraria vengono prodotti dal modello delle emissioni EMMA⁴² a partire dall'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera (I.R.E.A) aggiornato all'anno della simulazione (o relativo al più recente aggiornamento) con dettaglio su macrosettore, settore ed attività secondo le categorie SNAP (classificazione CORINAIR), opportunamente integrato con le informazioni riguardanti gli inventari emissivi dei territori confinanti e compresi nel dominio di calcolo (INEMAR per la Lombardia, Inventario Regionale della Valle d'Aosta, CORINAIR per le altre regioni italiane ed EMEP per le regioni estere).

Le condizioni al contorno vengono predisposte a partire dalle simulazioni di analisi condotte su scala continentale con il CTM CHIMERE messe a disposizione dal servizio Prev'Air⁴³, all'interno delle quali vengono assimilati, con uno schema di interpolazione per correzioni successive⁴⁴, le osservazioni di qualità dell'aria provenienti dalle stazioni di rilevamento disponibili nel dominio di calcolo.

Per le VAQA relative agli anni 2004, 2005, 2006 il modello FARM è stato utilizzato con schema chimico SAPRC90⁴⁵ e modulo semplificato *aero0* per il trattamento del particolato atmosferico.

A partire dalla VAQA relativa all'anno 2007, la disponibilità di una versione parallela del codice, basata sul paradigma OpenMP, permetterà da un lato l'implementazione del più aggiornato meccanismo chimico SAPRC99⁴⁶ e del più completo modulo *aero3*⁴⁷ per il particolato, più dispendiosi in termini computazionali, dall'altro l'utilizzo di tecniche di assimilazione in continuo mediante la tecnica del *nudging*⁴⁸ dei dati di concentrazione rilevati ad ogni ora di simulazione.

A valle delle simulazioni di dispersione, il modulo di post-elaborazione calcola i campi degli indicatori di lungo periodo necessari per effettuare la valutazione del territorio in relazione allo stato di qualità dell'aria ed effettua una prima verifica delle prestazioni del sistema con particolare riferimento agli obiettivi di qualità per la modellizzazione richiesti dalla normativa nazionale e comunitaria.

IMPLEMENTAZIONE PROGNOSTICA

A partire dall'anno 2006 la catena modellistica è stata implementata operativamente in versione prognostica³⁸ per effettuare quotidianamente la previsione dei livelli di concentrazione al suolo dei principali inquinanti atmosferici.

⁴¹ Finardi S., Baklanov A., Clappier A., Fay B., Joffre S., Karppinen A., Ødegård V., Slørdal L. H., Sofiev M., Sokhi R. S., Stein A., Improved interfaces and meteorological pre-processors for urban air pollution models, 2005, FUMAPEX Report D5.2-3, Milan, Italy, 55 pp, scaricabile all'indirizzo: <http://fumapex.dmi.dk>

⁴² ARIANET, EMMA (EMGR/make) – User's guide – Version 3.5, 2005, Arianet R2005.08

⁴³ <http://www.prevair.org>

⁴⁴ Bratseth, A. M., Statistical interpolation by means of successive corrections, 1986, Tellus, 38A., 439-447.

⁴⁵ Carter W.P., A detailed mechanism for the gas-phase atmospheric reactions of organic compounds, 1990, Atmos.

⁴⁶ Carter, W.P., Documentation of the SAPRC99 chemical mechanism for VOC reactivity assessment, 2000, <ftp://ftp.cert.ucr.edu/pub/carter/pubs/s99txt.pdf>

⁴⁷ Binkowski F. S., The aerosol portion of Models-3 CMAQ, 1999, EPA-600/R-99/030, National Exposure Research.

⁴⁸ Kalnay E., Atmospheric Modeling, Data Assimilation, and Predictability, 2003, Cambridge University Press.

La catena modellistica prognostica è un sistema multiscala in grado di effettuare le simulazioni di qualità dell'aria su differenti domini a differente risoluzione. A partire da un dominio di *background* a bassa risoluzione, tramite la tecnica delle griglie innestate (*two-way nesting*), viene effettuata la discesa di scala su sotto-domini ad alta risoluzione (*domini target*). L'approccio multiscala permette di simulare le dinamiche di dispersione, trasporto e trasformazione degli inquinanti nei domini target considerando nel contempo anche gli effetti delle sorgenti emissive localizzate al loro esterno e descrivendo meglio i fenomeni di accumulo caratterizzati da più grandi scale spaziali (ad esempio legati allo smog fotochimico).

Il sistema modellistico è attualmente applicato a quattro domini computazionali (FIGURA 78): un dominio di *background*, *g1*, che include tutto il bacino padano adriatico, l'arco alpino ed i principali rilievi appenninici con una risoluzione orizzontale di 8 km, un dominio, *g2*, che comprende l'intera regione Piemonte e corrisponde a quello utilizzato per le VAQA e due sotto-domini target, *g3* e *g4*, ad alta risoluzione (1 km), centrati rispettivamente sull'area metropolitana torinese e sulla provincia di Novara. Il dominio di *background g1* è stato introdotto recentemente per migliorare la descrizione dei possibili apporti di inquinanti che avvengono su area vasta e che nella versione iniziale, in cui erano presenti solo i domini *g2*, *g3* e *g4*, non venivano descritti con sufficiente accuratezza attraverso le condizioni al contorno, definite dai risultati di simulazioni modellistiche a scala europea, effettuate dal modello CHIMERE continentale. La presenza del livello di *background* consente inoltre una gradualità nella discesa di scala a partire dalle simulazioni di inizializzazione fornite da CHIMERE, mantenendo omogeneità e coerenza nella speciazione e nel trattamento degli inquinanti.

L'implementazione prognostica del sistema differisce dall'implementazione diagnostica di lungo periodo, oltre che per i domini di calcolo anche per l'input meteorologico per il quale vengono usate le previsioni del modello CHIMERE fornite da *Prev'Air* e non la ricostruzione dei campi meteo a partire dalle misure delle stazioni di rilevamento. La catena modellistica prognostica utilizza infatti come dati meteorologici di ingresso i campi di previsione prodotti dal modello meteorologico non idrostatico ad area limitata COSMO-I7⁴⁹, acquisito quotidianamente dall'Area Previsione e Monitoraggio Ambientale di ARPA nelle attività operative del Centro Funzionale. COSMO-I7 fornisce due simulazioni di 72 ore ogni giorno (alle 12 e alle 00 UTC), con una frequenza oraria o al più trioraria, su una griglia di coordinate geografiche che copre l'intero territorio italiano con una risoluzione orizzontale di circa 7 km alle nostre latitudini. I campi meteorologici prodotti da COSMO-I7 al suolo e sui livelli del modello vengono processati dal modulo di interfaccia GAP/TINT/SURFPRO5 che provvede ad effettuarne l'interpolazione spaziale su ciascun dominio di calcolo, a riportare su base oraria i campi sui livelli del modello, disponibili con scadenza trioraria, ed a calcolare, analogamente a quanto fatto nel sistema diagnostico, i parametri di scala del PBL con teoria di similarità e parametrizzazioni basate sul bilancio energetico superficiale.

Il modello FARM viene utilizzato operativamente con lo schema chimico SAPRC90 e modulo *aero0* per il particolato atmosferico. È stata implementata anche una versione sperimentale che, sfruttando la versione parallela del modello, utilizza i più completi e raffinati meccanismi SAPRC99 ed *aero3*.

Il sistema prognostico produce quotidianamente le previsioni di qualità dell'aria relative ai medesimi inquinanti trattati nel sistema diagnostico per il giorno in corso ed i due giorni successivi con risoluzione temporale oraria. La catena operativa è organizzata in due principali fasi: nella prima vengono acquisiti e processati i dati di ingresso (condizioni al contorno, emissioni e meteorologia) su tutti i domini di calcolo, nella seconda vengono effettuate le simulazioni di qualità dell'aria, con due corse parallele di FARM in modalità *two-way nesting*, una per ogni dominio target. Al termine di ogni giorno di simulazione (per il primo verso le 8.30 ora locale, per il secondo verso le 9.30 ora locale e per il terzo verso le

⁴⁹ Versione italiana del modello COSMO-MODEL, sviluppato all'interno del Consortium for Small-scale MOdeling, <http://www.cosmo-model.org/>.

10.30 ora locale), il modulo di post-elaborazione calcola, se previsti, gli indicatori di legge, l'indice di qualità dell'aria previsto sull'area metropolitana torinese⁵⁰ ed effettua la disseminazione dei dati. La catena operativa prognostica viene utilizzata anche come componente *server* di un sistema più ampio di monitoraggio e controllo della qualità dell'aria, completato da ulteriori componenti *client*, attualmente collocate e gestite presso la Provincia di Torino e la Provincia di Novara.

CONFRONTO DELLE PRESTAZIONI DEI SISTEMI MODELLISTICI

La sostanziale differenza tra i due sistemi riguarda, come detto, la componente meteorologica: la catena diagnostica ricostruisce i campi meteorologici interpolando le osservazioni della rete di monitoraggio di ARPA Piemonte e utilizzando i campi delle analisi di ECMWF, mentre la catena prognostica utilizza i campi meteorologici previsti dal modello ad area limitata COSMO-17.

Allo scopo di valutare l'influenza dell'input meteorologico sulle concentrazioni prodotte dai due sistemi è stata effettuata una simulazione diagnostica per l'anno 2007 utilizzando le medesime condizioni iniziali e ai bordi e il medesimo dataset emissivo impiegati dal sistema prognostico.

La disponibilità simultanea delle simulazioni condotte dalle due differenti implementazioni ha offerto la possibilità di investigare la sensitività all'input meteorologico della modellistica di qualità dell'aria.

Gli output dei due sistemi modellistici sono stati confrontati con le osservazioni provenienti dalla rete di rilevamento della qualità dell'aria del Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria (SRRQA); la selezione delle stazioni è stata effettuata cercando di garantire la massima eterogeneità possibile per tipologia e zona di ubicazione.

Per il sistema prognostico è stata costruita la serie temporale delle concentrazioni selezionando, per ogni giorno, il secondo giorno di previsione (dalla 24-esima alla 48-esima ora di simulazione) poiché, da precedenti verifiche, è risultato il meno influenzato dalla sottostima delle concentrazioni iniziali dovuta alla bassa risoluzione del modello CHIMERE.

CONFRONTI SUL LUNGO PERIODO

Da un primo confronto grafico, eseguito facendo uso di diagrammi a dispersione (FIGURA 79), emergono le buone prestazioni delle due simulazioni sul lungo periodo: le medie annuali dei principali inquinanti ricadono, per la maggior parte delle stazioni di misura, nelle soglie di affidabilità fissate dalla legislazione europea in materia di modellistica di qualità dell'aria.

⁵⁰ (Bande et al., 2007b)

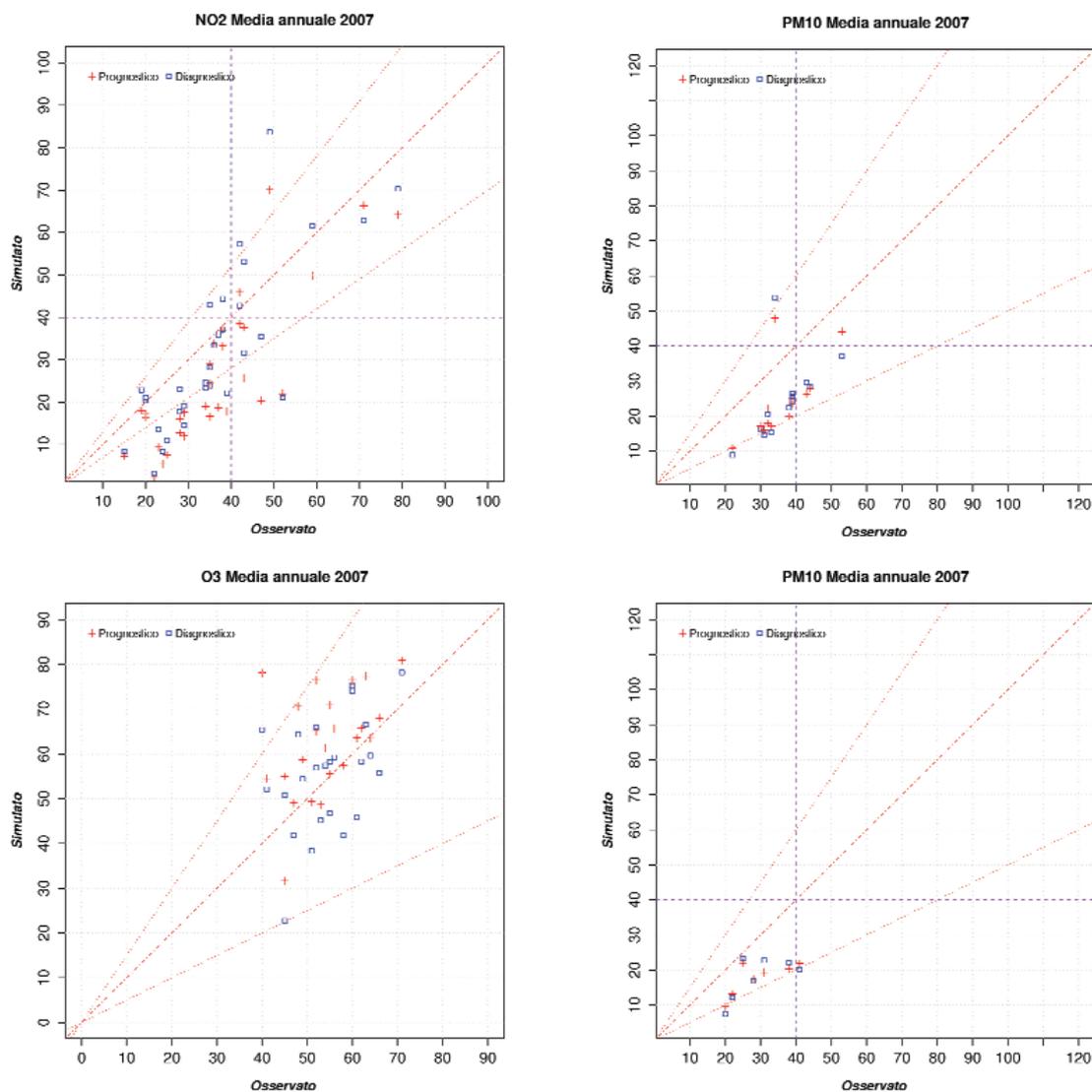


FIGURA 79: Diagrammi a dispersione delle medie annuali: biossido di azoto (in alto a sinistra), particolato rilevato con campionatori gravimetrici (in alto a destra), ozono (in basso a sinistra) e particolato misurato con campionatori BETA.

Per effettuare un confronto maggiormente quantitativo sono stati utilizzati alcuni indici di performance (TABELLA 54) che permettono di valutare gli scarti tra valori previsti e valori osservati (*Mean Bias* e *Fractional Bias*), la dispersione dei dati attorno al loro valore medio (*Normalized Standard Deviation* e *Root Mean Square Error*) e la correlazione dei dati previsti con i dati osservati (*Factor Two* e *Index of Agreement*). Per facilitarne la visualizzazione, i valori ottenuti dai due sistemi sono stati riportati su diagrammi a barre e suddivisi per inquinante.

Mean Bias	$MB = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (O_i - P_i)$	valore ottimale: 0
Fractional Bias	$FB = \frac{(\bar{O} - \bar{P})}{(\bar{O} + \bar{P})/2}$	valore ottimale: 0 valori compresi tra -2 e +2
Factor Two	$2.0 \geq F2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{P_i}{O_i} \geq 0.5$	valore ottimale: +1 valori compresi tra 0 e +1
Index of Agreement	$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N O_i - P_i}{\sum_{i=1}^N P_i - \bar{O} + O_i - \bar{O} }$	valore ottimale: +1 valori compresi tra 0 e +1
Normalized Standard Deviation	$NSD = \frac{\sigma_P}{\sigma_O}$	valore ottimale: +1 sempre positivo
Root Mean Square Error	$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (O_i - P_i)^2}$	valore ottimale: 0 sempre positivo

TABELLA 54: Indici di performance, dove N è il numero di coppie di dati osservati-previsti, O_i e P_i rappresentano rispettivamente l'i-esimo valore osservato e l'i-esimo valore previsto, mentre \bar{O} e \bar{P} indicano rispettivamente il valor medio osservato e previsto.

Per quanto riguarda il biossido di azoto (FIGURA 80) i risultati degli indici mostrano, nella stima del valor medio, performance migliori per il sistema diagnostico: sebbene entrambi i sistemi abbiano la tendenza alla sottostima dell'osservato, il sistema prognostico evidenzia nella maggior parte delle stazioni un bias superiore. Il sistema prognostico appare tuttavia maggiormente correlato alle osservazioni, come evidenziano i valori più alti di F2 e di conseguenza di una miglior ricostruzione della dinamica interna allo strato limite. Non si riscontrano significative differenze nelle deviazioni standard normalizzate (NSD), mentre l'RSME mostra valori maggiori per il sistema prognostico che risulta quindi caratterizzato da scostamenti dai dati osservati superiori.

Gli indici di performance calcolati per l'ozono (FIGURA 81) evidenziano differenze non altrettanto significative. Il bias del sistema prognostico risulta negativo per la quasi totalità delle stazioni, mentre il bias del sistema diagnostico non mostra una tendenza altrettanto evidente; si osservano infine valori alti di correlazione per entrambi i sistemi, essendo l'ozono un inquinante strettamente legato alla meteorologia giornaliera e stagionale.

Per quanto riguarda il PM_{10} (FIGURA 82), infine, non si riscontrano differenze statisticamente rilevanti tra i due sistemi per l'assenza di una tendenza comune ad un numero significativo di punti stazione.

Le prestazioni simili ottenute dai due sistemi sul lungo periodo sono in parte riconducibili alla natura del confronto statistico effettuato: le grandezze calcolate sono basate su un'aggregazione giornaliera inadatta a fornire indicazioni sull'ammontare delle concentrazioni orarie e sulla loro modulazione giornaliera, aspetti questi fortemente caratterizzanti i due sistemi.

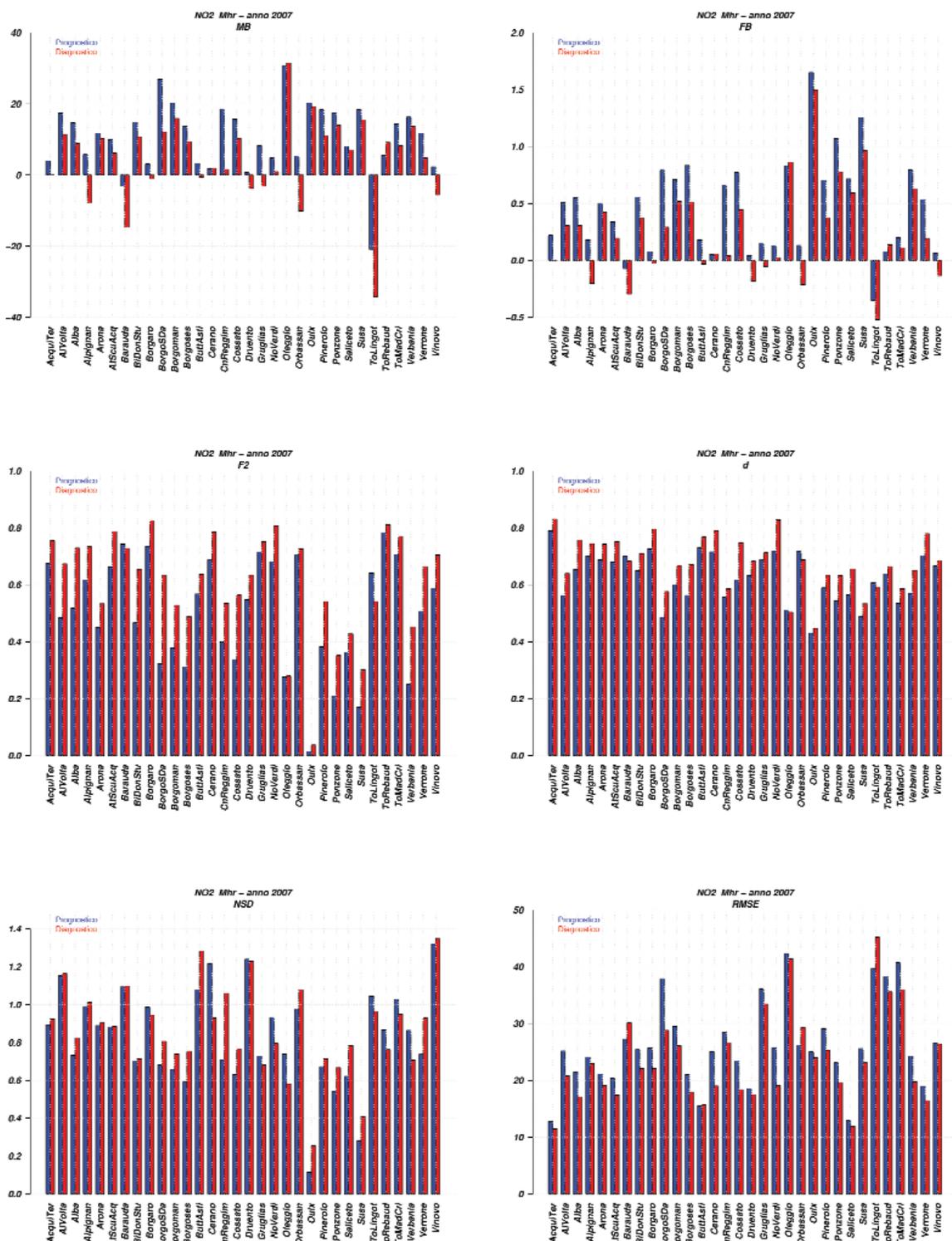


FIGURA 80: Diagrammi a barre di confronto tra gli indici statistici del sistema previsionale e del sistema diagnostico calcolati per la media oraria del biossido di azoto nell'anno 2007.

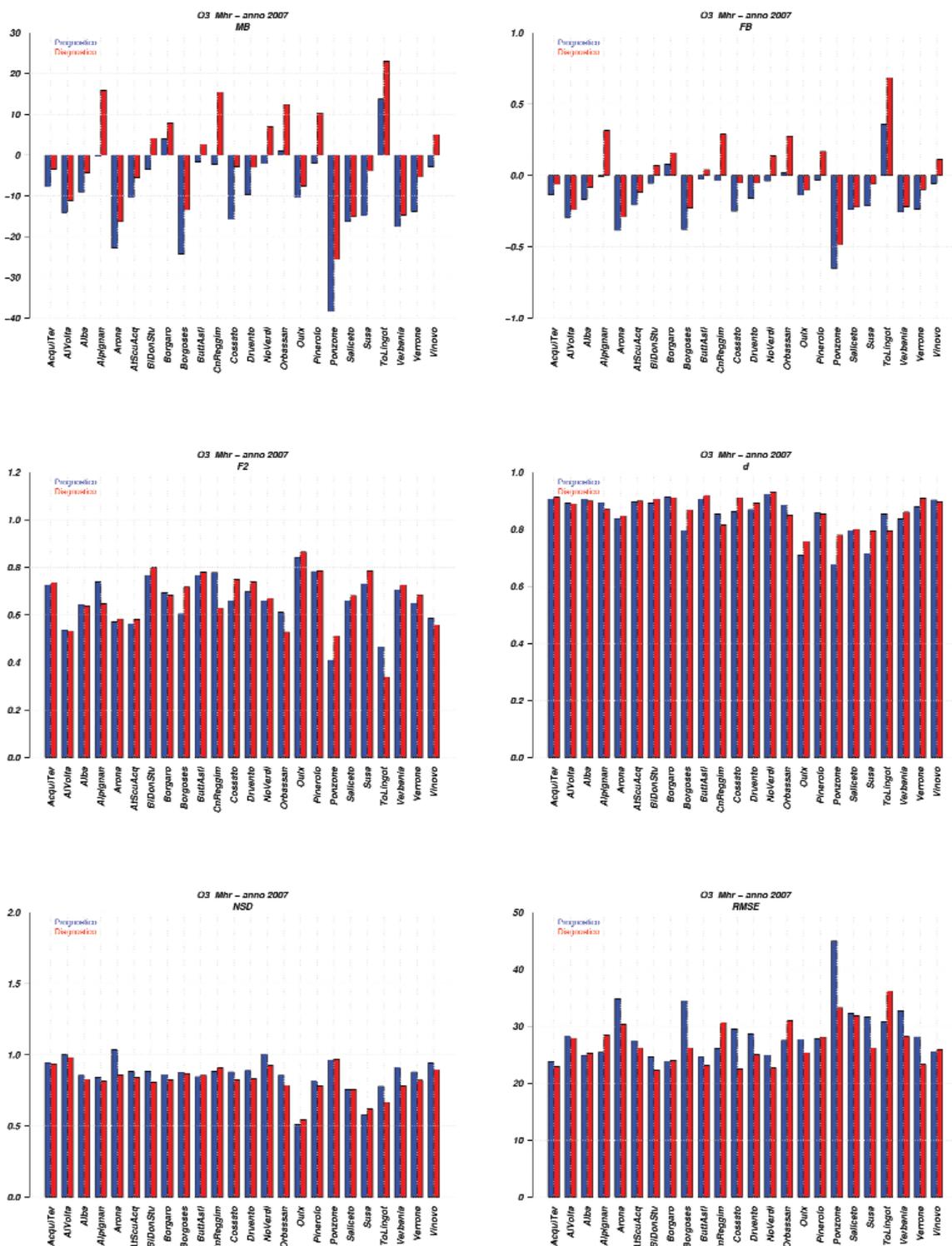


FIGURA 81: Diagrammi a barre di confronto tra gli indici statistici del sistema previsionale e del sistema diagnostico calcolati per la media oraria dell'ozono nell'anno 2007.

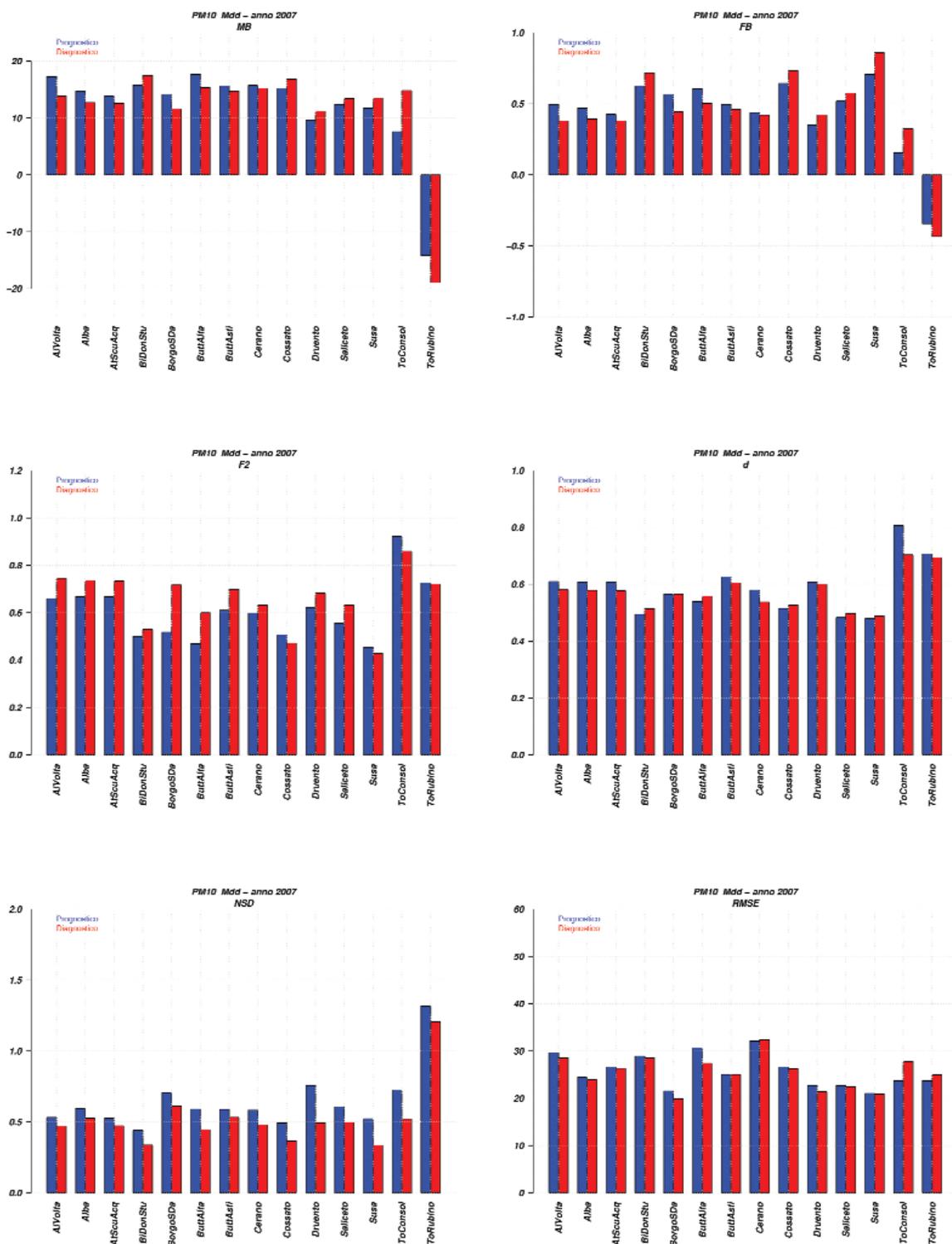


FIGURA 82: Diagrammi a barre di confronto tra gli indici statistici del sistema previsionale e del sistema diagnostico calcolati per la media giornaliera del particolato (gravimetrico) nell'anno 2007.

Oltre a una buona stima dei valori osservati un modello di qualità dell'aria, sia diagnostico che prognostico, deve fornire un corretto posizionamento spaziale dei valori di concentrazione. Con l'intento di confrontare i campi prodotti dal sistema diagnostico e dal sistema prognostico sono state create le mappe delle concentrazioni medie annue dei principali inquinanti simulate dai due sistemi (FIGURA 83, FIGURA 85 e FIGURA 86).

Prendendo in considerazione le mappe di concentrazione delle medie annue di biossido di azoto (FIGURA 83) si osserva che i massimi di concentrazione, situati in corrispondenza della rete viaria e dei centri urbani, vengono posizionati dai due sistemi in modo analogo: il differente input meteorologico non ha effetti evidenti sul lungo periodo. Le differenze maggiormente rilevanti tra i due campi si osservano nell'ammontare dei valori massimi, situati in corrispondenza delle città di Torino e Milano, superiori per il sistema diagnostico.

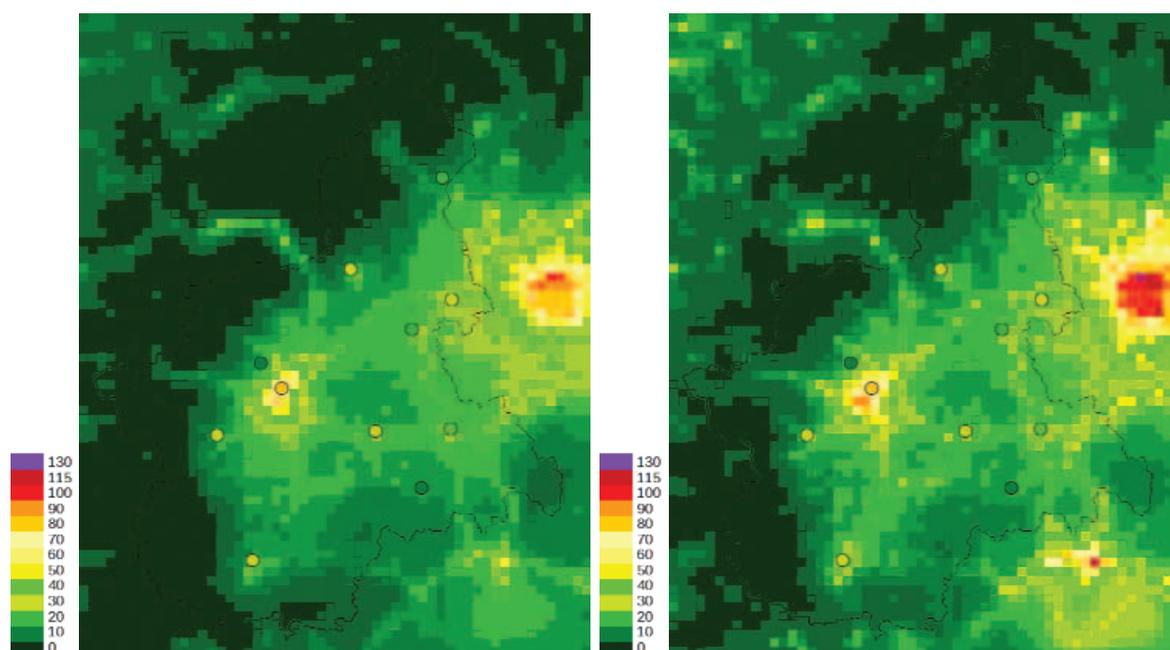


FIGURA 83: Concentrazioni medie annue di NO_2 nel dominio di calcolo simulate dal sistema previsionale (sinistra), dal sistema diagnostico (destra) e misurate in alcune stazioni (contrassegnate dai cerchi).

Considerando la differenza tra le concentrazioni simulate dai due sistemi (FIGURA 84) si rileva una miglior capacità del sistema diagnostico di simulare concentrazioni maggiori in corrispondenza dei centri urbani con dimensioni confrontabili con la risoluzione del grigliato e, conseguentemente, concentrazioni inferiori al di fuori di tali aree: il sistema diagnostico manifesta un trattamento di miglior dettaglio della rugosità superficiale che permette una più accurata riproduzione dei fenomeni turbolenti a scala locale.

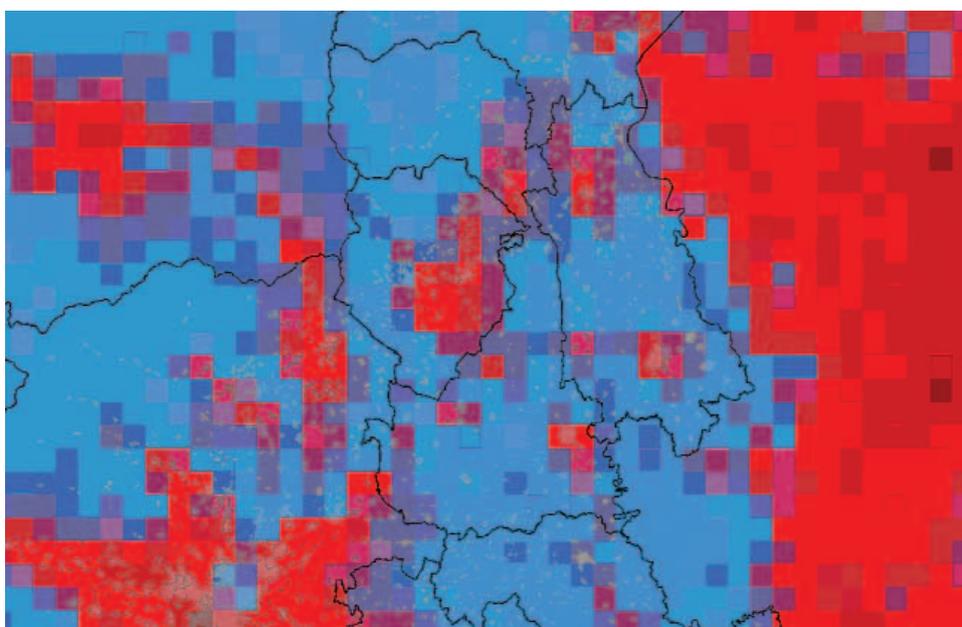
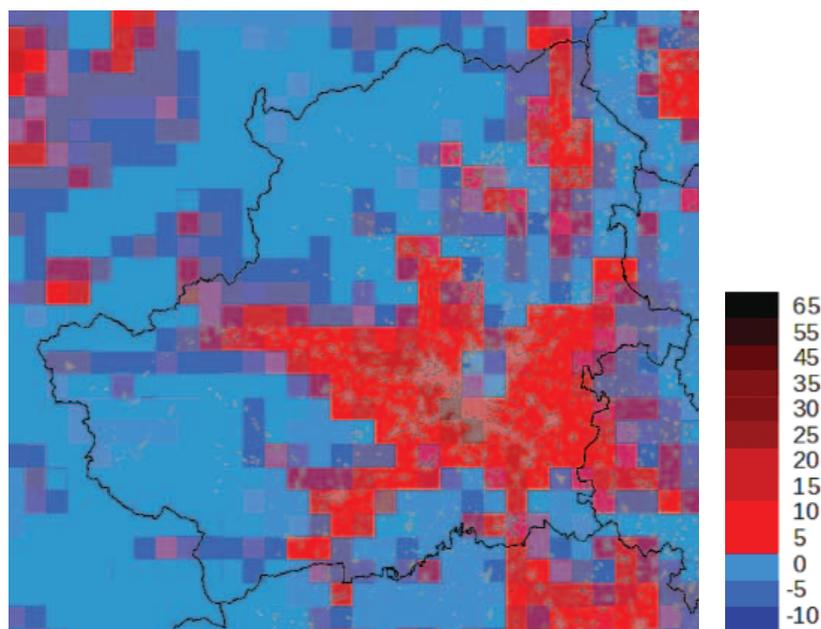


FIGURA 84: Concentrazioni medie annue di NO₂: differenza tra il campo del sistema diagnostico e del sistema previsionale in corrispondenza della provincia di Torino (sopra) e di Novara sovrapposta al tessuto edificato.

Dalle mappe di concentrazione del PM₁₀ (FIGURA 85) non si osservano ulteriori differenze rispetto a quelle già analizzate: le concentrazioni simulate sulla città di Milano e in prossimità della zona sud-orientale del dominio di calcolo risultano, nel sistema prognostico, distribuite su un'area maggiore; il campo di concentrazione prognostico evidenzia inoltre valori mediamente superiori sulle aree caratterizzate da emissioni primarie inferiori, in particolare lungo la fascia alpina. Come si osserverà in seguito (FIGURA 87) tali differenze sono da mettere in relazione all'input meteorologico dei due sistemi: la meteorologia utilizzata dal sistema prognostico fornisce un campo di vento mediamente superiore sia nelle aree alpine e di fondovalle che nelle zone pianeggianti.

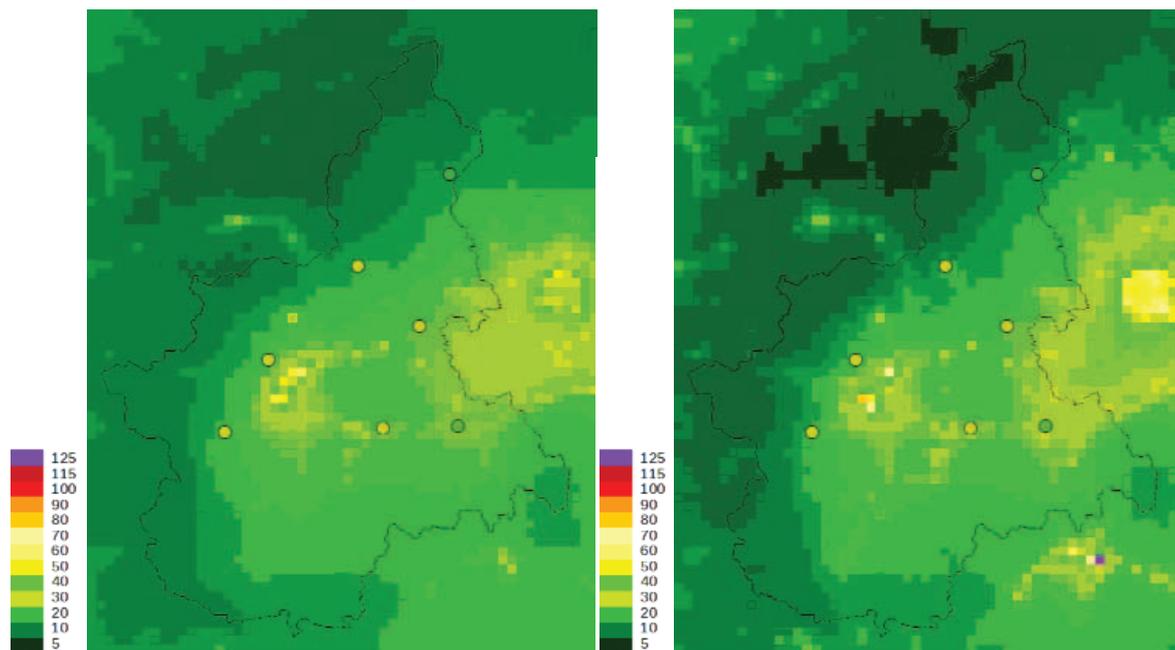


FIGURA 85: Concentrazioni medie annue di PM_{10} nel dominio di calcolo simulate dal sistema previsionale (sinistra), dal sistema diagnostico (destra) e misurate in alcune stazioni (contrassegnate dai cerchi).

Le mappe che mostrano differenze maggiori tra i due sistemi sono quelle relative alla concentrazione di ozono. Considerando l'intero dominio (FIGURA 86) si osservano concentrazioni mediamente superiori per il sistema prognostico derivanti da concentrazioni inferiori di biossido di azoto, soprattutto nelle aree urbane e stradali. La caratteristica che tuttavia risulta più significativa è la differente conformazione dei campi dei due sistemi: il sistema prognostico produce, lungo la fascia alpina, concentrazioni più regolari (*smooth*), ovvero con transizioni più graduali da una cella all'altra, mentre il sistema diagnostico presenta concentrazioni anche considerevolmente differenti tra celle adiacenti.

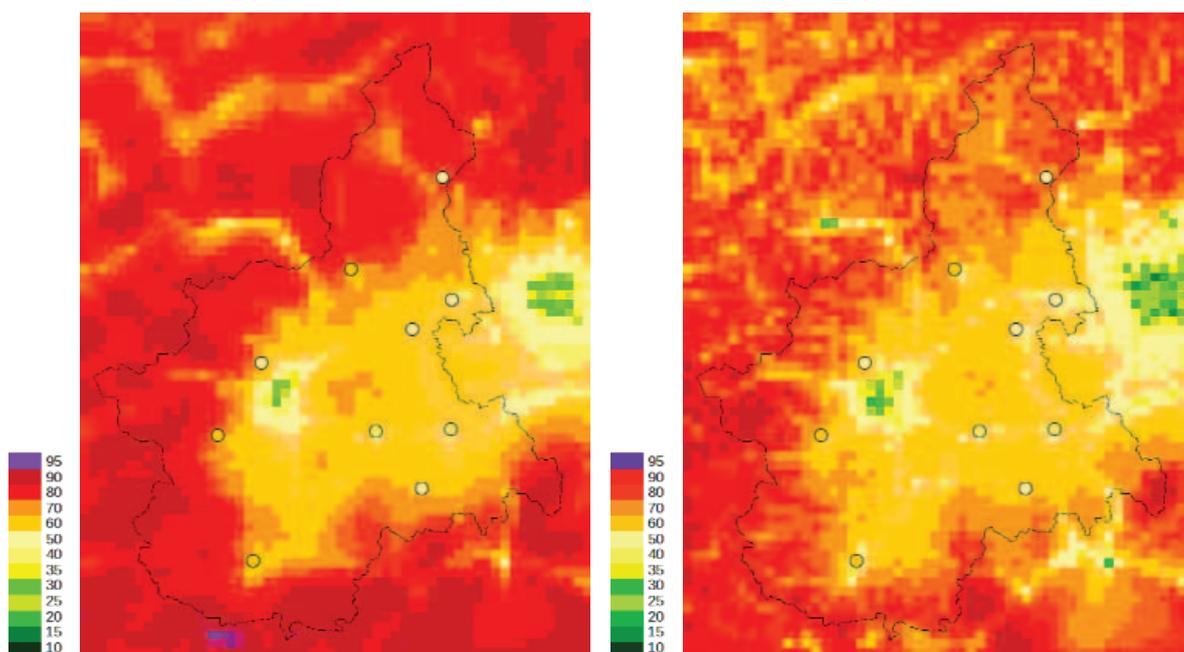


FIGURA 86: Concentrazioni medie annue di O_3 nel dominio di calcolo simulate dal sistema previsionale (sinistra), dal sistema diagnostico (destra) e misurate in alcune stazioni (contrassegnate dai cerchi).

Le mappe di temperatura e modulo della velocità del vento (FIGURA 87) evidenziano, analogamente a quanto osservato per l'ozono, dei campi diagnostici molto irregolari e poco omogenei. Le caratteristiche evidenziate sono da attribuirsi alla differente origine degli input meteorologici dei due sistemi: mentre il sistema diagnostico utilizza le osservazioni della rete di monitoraggio di ARPA Piemonte e i campi delle analisi di ECMWF, il sistema prognostico sfrutta i campi meteorologici del modello di previsione COSMO-17, i quali, possedendo una risoluzione orizzontale di 7 km, vengono processati dai moduli GAP e TINT5 che provvedono ad effettuarne l'interpolazione spaziale su ciascun dominio di calcolo. I campi meteorologici prognostici risultano quindi più regolari per effetto dell'interpolazione spaziale dalla risoluzione di 7 km del modello meteorologico alla risoluzione di 4 km della griglia di calcolo del modello di qualità dell'aria, mentre i campi meteorologici diagnostici presentano una risoluzione tanto migliore quante più sono le stazioni di misura coinvolte nell'interpolazione.

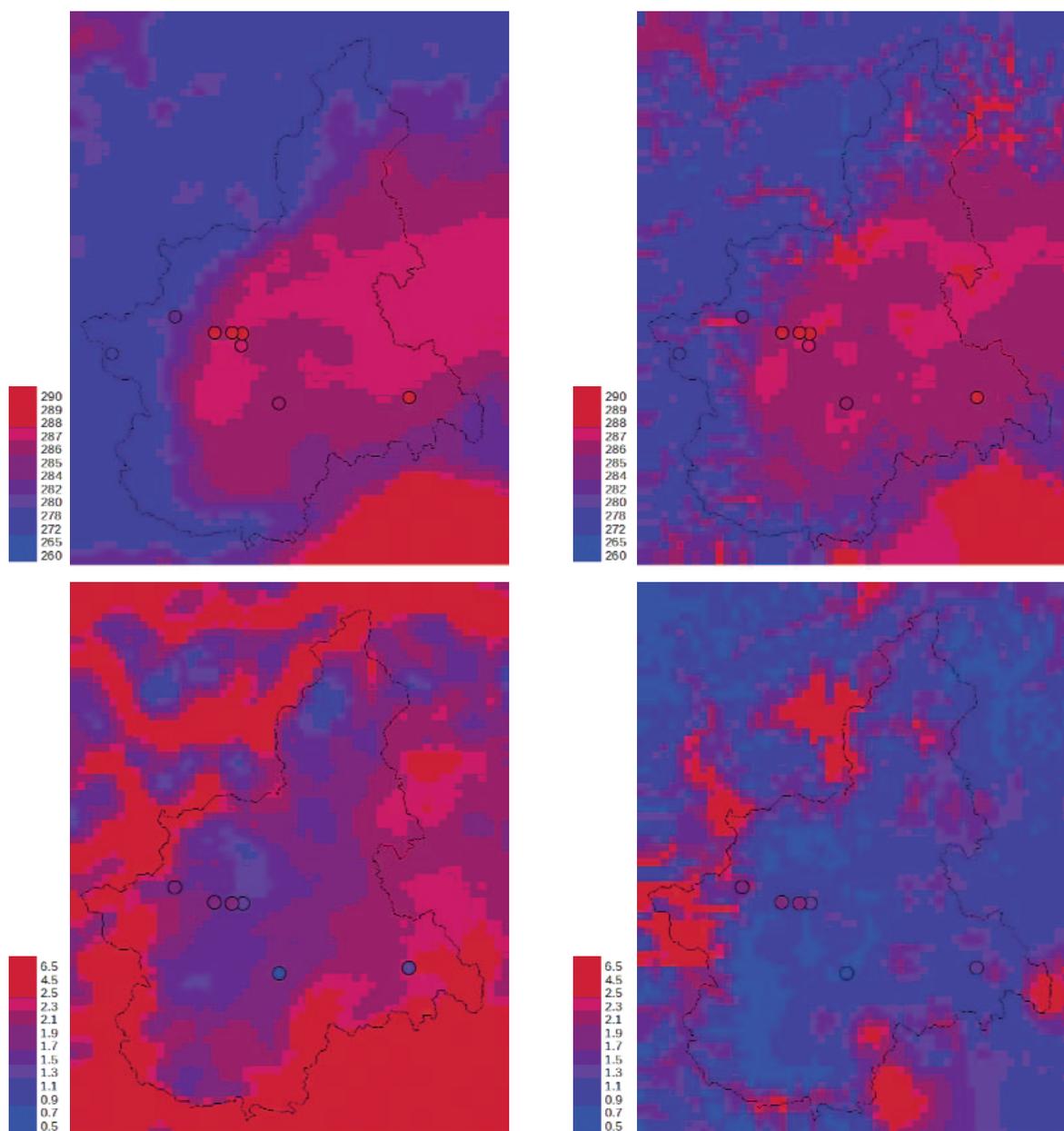


FIGURA 87: medie annue di temperatura in gradi kelvin simulate dal sistema previsionale (in alto a sinistra) e dal sistema diagnostico (in alto a destra); modulo della velocità del vento in m/s simulato dal sistema previsionale (in basso a sinistra) e dal sistema diagnostico (in basso a destra); i cerchi contrassegnano le stazioni di misura.

Si è ora in grado di comprendere la sostanziale differenza tra i campi di concentrazione di ozono prodotti dai due sistemi (FIGURA 86): poiché l'ozono è un inquinante fortemente dipendente da temperatura e radiazione, tali variabili influenzeranno sensibilmente la sua concentrazione. Nella fascia alpina la conformazione orografica del suolo determina campi di temperatura e radiazione non regolari che la meteorologia diagnostica è in grado di riprodurre grazie al buon numero di osservazioni al suolo, che, al contrario, la meteorologia prognostica smorza poiché costruita tramite l'interpolazione del modello ad area limitata.

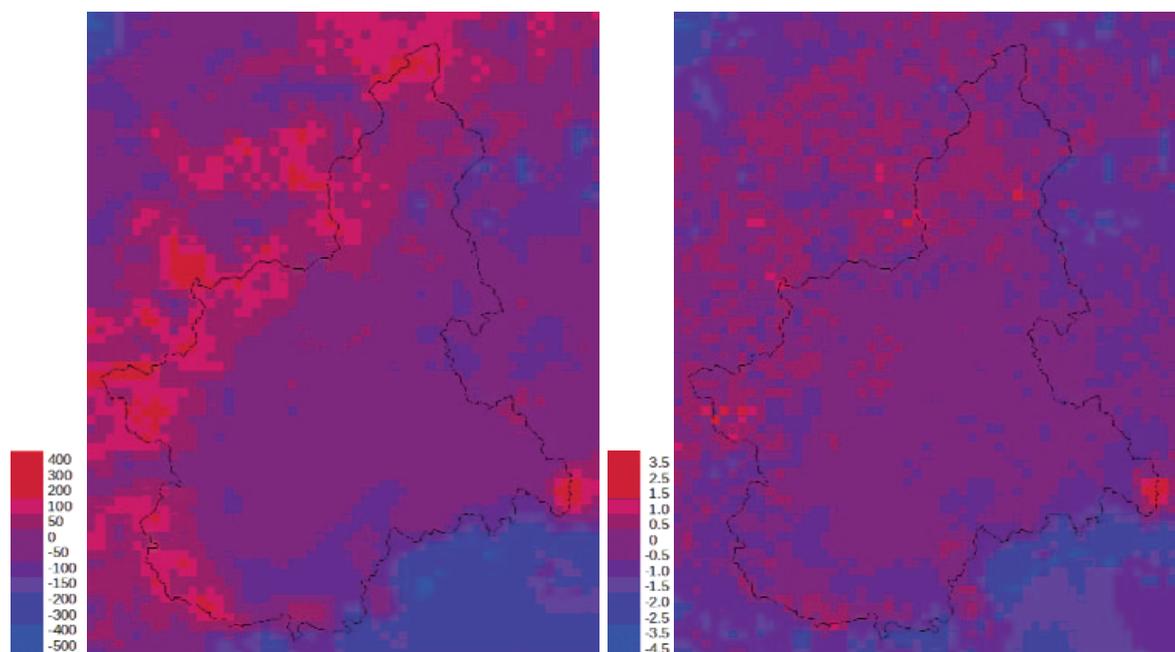


FIGURA 88: Altezza di rimescolamento (sinistra) e coefficiente di diffusività turbolenta verticale (destra): differenza tra il campo mediato su base annua del sistema diagnostico e del sistema previsionale.

I parametri di turbolenza e le velocità di deposizione secca per le diverse specie chimiche vengono calcolati a partire dai campi meteorologici dal modulo di interfaccia GAP/SURFPRO con parametrizzazioni basate sulla teoria di *Monin-Obukhov* e sui metodi di bilancio energetico superficiale; le differenze nella componente meteorologica dei due sistemi ha quindi effetti anche sui campi delle variabili turbolente. Se ne ha conferma dall'osservazione delle mappe ottenute dalla differenza tra altezza di rimescolamento (HMIX) e coefficiente di diffusività turbolenta (KZ) del sistema diagnostico e del sistema prognostico (FIGURA 88). Mentre in corrispondenza dell'area alpina risulta evidente la tendenza del sistema diagnostico a fornire valori di altezza di rimescolamento e coefficiente di diffusività maggiori, nelle altre zone del dominio non si osserva una tendenza altrettanto netta. Si riscontrano comunque valori maggiori per il sistema prognostico in prossimità della città di Cuneo e, in generale, nei maggiori centri urbani. I valori di altezza di rimescolamento e diffusività turbolenta che contraddistinguono il sistema prognostico in corrispondenza delle aree urbane più estese determinano concentrazioni simulate inferiori a quelle prodotte dal sistema diagnostico nelle medesime aree.

CONFRONTI SUL BREVE PERIODO

La valutazione statistica dei risultati può essere considerata soddisfacente per applicazioni a lungo termine finalizzate alla *valutazione* della qualità dell'aria. La principale richiesta per le simulazioni di questo tipo è infatti la corretta riproduzione della distribuzione delle

concentrazioni che permetta di fornire una stima attendibile degli indicatori prescritti dalle direttive Comunitarie. Le richieste diventano maggiormente stringenti per la *previsione* di qualità dell'aria poiché, in questo caso, le variazioni di concentrazione devono essere descritte con la corretta correlazione spaziale e temporale.

Per una più approfondita analisi, sono state prese in considerazione le serie temporali delle concentrazioni osservate e simulate con particolare attenzione agli episodi di forte inquinamento dell'aria, caratterizzati da rilevanti variazioni temporali delle concentrazioni misurate.

Vengono riportate nelle FIGURA 89 e FIGURA 90 le serie temporali per il mese di febbraio delle concentrazioni medie giornaliere di PM₁₀ e NO₂ in alcune stazioni di monitoraggio.

Dal confronto degli andamenti di biossido di azoto (FIGURA 89) si riscontra la tendenza di entrambi i sistemi a sottostimare le osservazioni; tale comportamento risulta maggiormente marcato nella prima parte del mese ed in particolare nelle stazioni dell'area metropolitana torinese (si veda a titolo di esempio la stazione di Torino Piazza Rebaudengo), meno nelle stazioni rurali (Buttigliera d'Asti). Sebbene entrambi i sistemi spesso non riescano a simulare le rilevanti concentrazioni che si verificano in zone ad alto apporto emissivo, il sistema prognostico simula andamenti caratterizzati da una maggiore variabilità, tipica anche delle concentrazioni osservate, indotta dall'esplicita trattazione, nel modello meteorologico, della dinamica e della termodinamica atmosferica, fondamentali nel determinare le condizioni di stabilità dello strato limite.

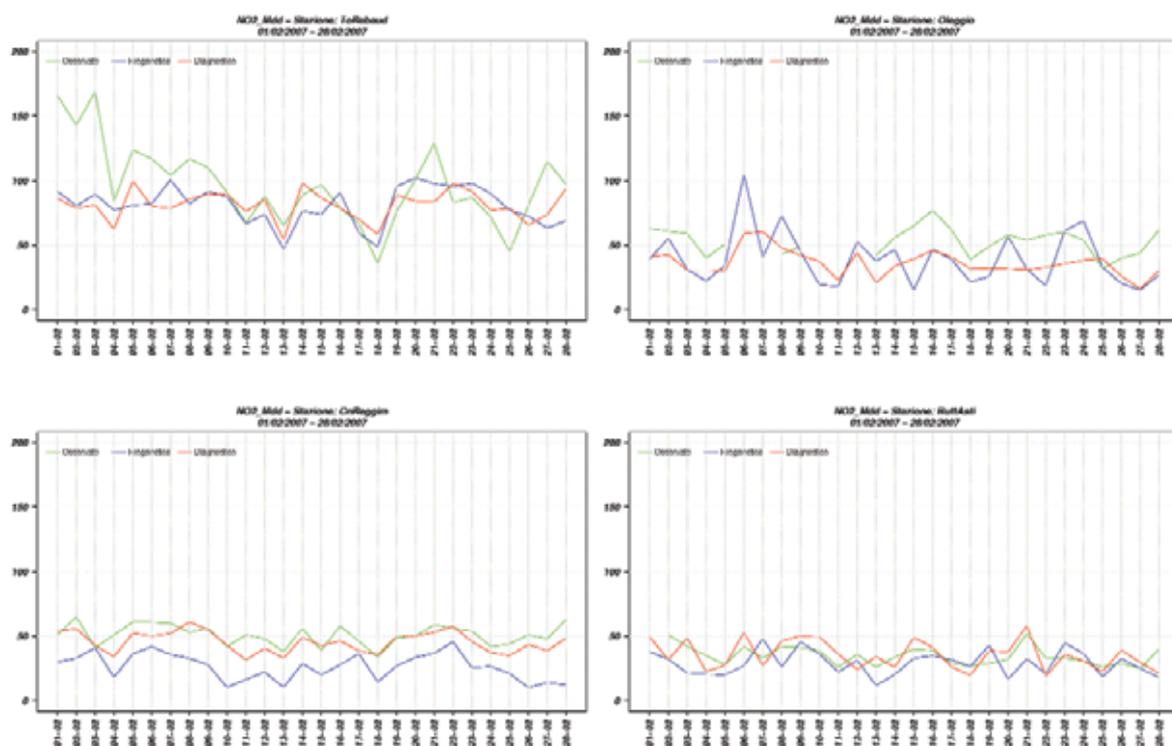


FIGURA 89: Confronti tra le concentrazioni medie orarie di NO₂ misurate in alcune stazioni e simulate dai due sistemi durante il mese di febbraio 2007.

Simili nelle caratteristiche risultano le serie temporali delle concentrazioni medie giornaliere di PM₁₀ da campionatori TEOM (FIGURA 90). Anche il particolato risulta maggiormente sottostimato nella prima parte del mese, ma in misura percentualmente minore rispetto al biossido di azoto, in particolare per la stazione di Torino via della Consolata. Si osserva per entrambi i sistemi, inoltre, una buona riproduzione dell'andamento misurato nella seconda metà del mese con alcuni giorni di sovrastima dell'osservato da parte del sistema previsionale.

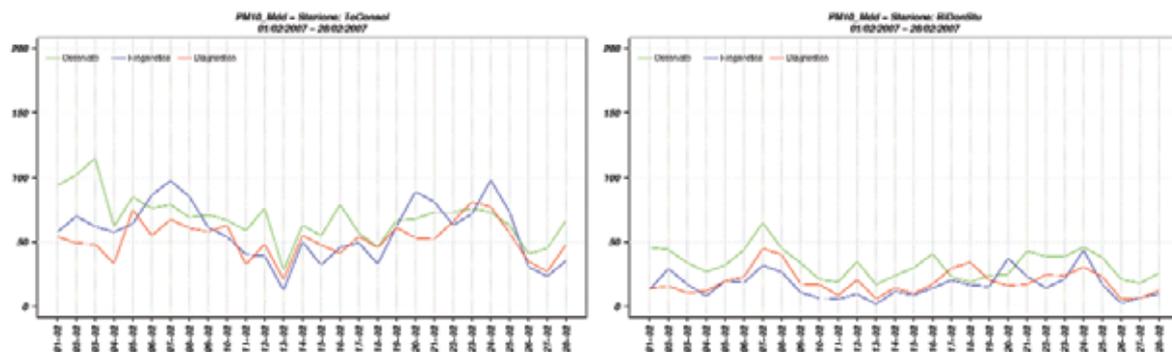


FIGURA 90: . Confronti tra le concentrazioni medie orarie di PM₁₀ (da campionario TEOM) misurate in alcune stazioni e simulate dai due sistemi durante il mese di febbraio 2007.

Durante i mesi estivi il forte irraggiamento solare e la temperatura dell'aria elevata determinano episodi acuti di inquinamento da ozono; questo inquinante, formato dalla

fotolisi del biossido di azoto, raggiunge concentrazioni elevate in aree caratterizzate da basse emissioni primarie di composti dell'azoto che ne limitano la dissociazione.

Si riportano di seguito (FIGURA 91) alcuni andamenti temporali in corrispondenza di altrettante stazioni. In generale, nelle stazioni prese in esame, il sistema prognostico presenta valori con un bias inferiore, a differenza del sistema diagnostico che tende a una sottostima marcata in tutte le stazioni, legata probabilmente ai valori stimati superiori del biossido di azoto.

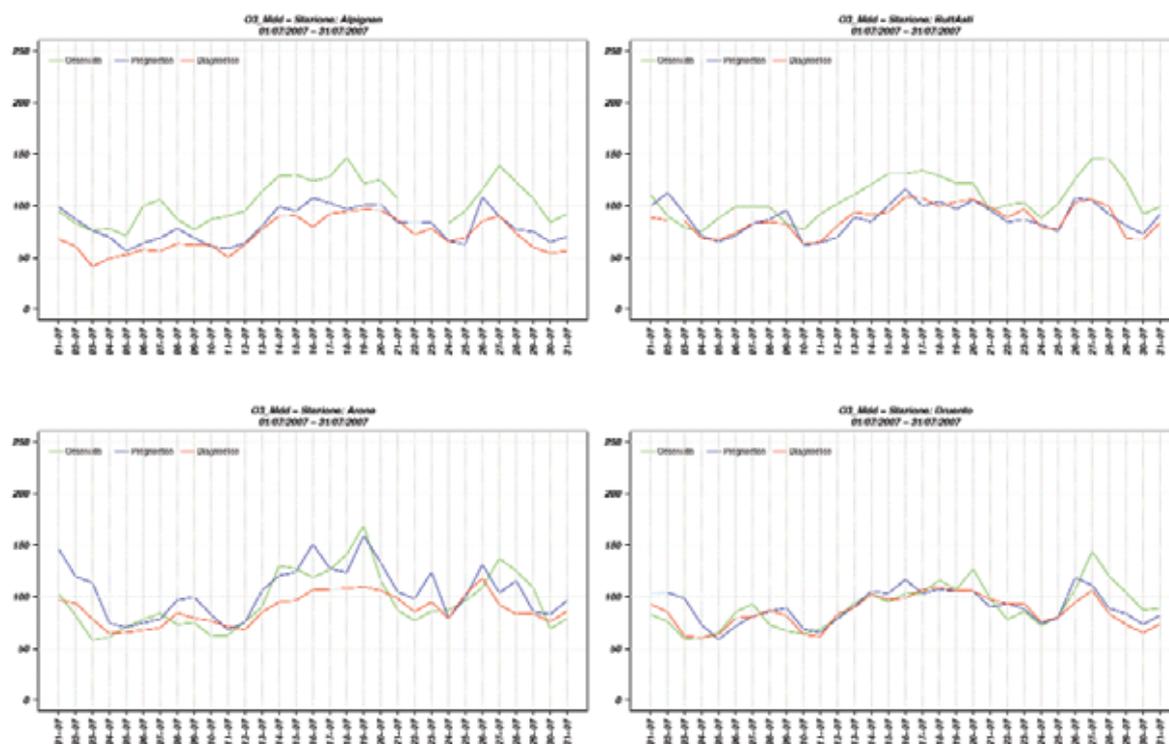


FIGURA 91: Confronti tra le concentrazioni medie orarie di O_3 misurate in alcune stazioni e simulate dai due sistemi durante il mese di luglio 2007.

CONCLUSIONI

Dai confronti sul lungo periodo eseguiti facendo uso di diagrammi a dispersione e indici di *performance* emerge che entrambi i sistemi assicurano buone prestazioni, suggerendo la possibilità di utilizzare i risultati del sistema previsionale di qualità dell'aria per la valutazione annuale senza una significativa perdita di qualità.

L'analisi dei campi di concentrazione prodotti dai due sistemi ha evidenziato numerose differenze legate agli input meteorologici utilizzati; il differente livello di dettaglio e la risoluzione effettiva delle informazioni meteorologiche impiegate nelle simulazioni determinano campi di turbolenza sensibilmente diversi nei due sistemi: il sistema prognostico possiede una capacità dispersiva maggiore sui rilievi e nei fondovalle, minore in corrispondenza dei centri urbani più estesi.

L'analisi delle prestazioni dei sistemi modellistici durante gli episodi critici di inquinamento dell'aria ha mostrato una miglior capacità di descrizione della dinamica e della termodinamica da parte del sistema prognostico che permette di riprodurre correttamente le rapide variazioni di concentrazione osservate, sebbene gli errori della previsione meteorologica possano causare il verificarsi di condizioni di "falso allarme" o "mancato allarme". I campi meteorologici diagnostici producono campi di concentrazione caratterizzati da una limitata variabilità temporale, non in grado di riprodurre le brusche

variazioni che si registrano in episodi di inquinamento acuto.

La corretta riproduzione temporale e l'accurato posizionamento spaziale dei maggiori episodi di inquinamento sono gli aspetti più critici delle simulazioni di qualità dell'aria. Tuttavia va ricordato che, sebbene la modellazione meteorologica e le parametrizzazioni della dispersione siano alcuni degli aspetti da migliorare, un ruolo di primaria importanza è ricoperto dalla modellazione delle emissioni, la cui bassa correlazione con il reale quadro emissivo in un luogo ed in un istante specifici limita la possibilità di riprodurre gli eventi locali e la variabilità a piccola scala.



Via Maria Vittoria, 12 – 10123 Torino



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

e-mail: sportamb@provincia.torino.it