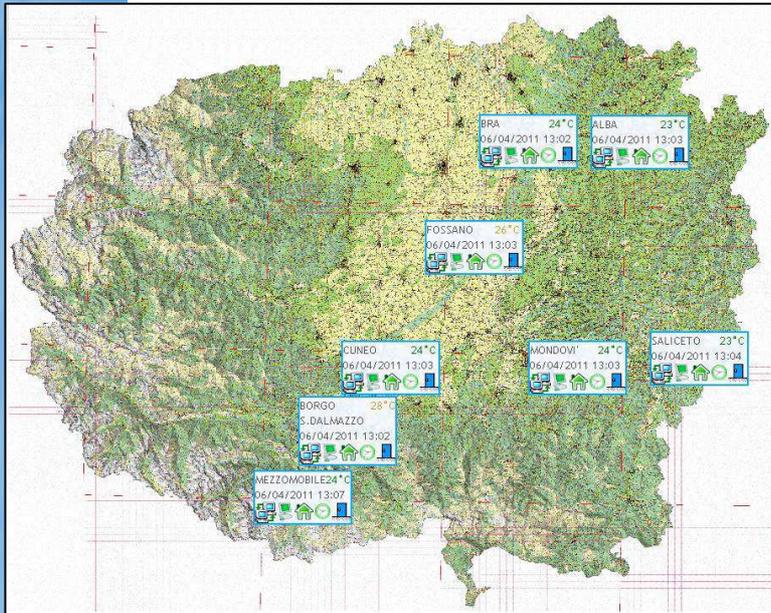


DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI CUNEO



MONITORAGGIO DELLA QUALITA' DELL'ARIA

ANNO 2011

TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI CUNEO

MONITORAGGIO DELLA QUALITA' DELL'ARIA

SUL

TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI CUNEO

ANNO 2011

ARPA Piemonte Dipartimento Provinciale di Cuneo - Responsabile Silvio Cagliero

Testi ed elaborazioni a cura di:

Luisella Bardi, Cinzia Bianchi, Sara Martini

Per la gestione tecnica della rete di monitoraggio hanno collaborato:

Ivo Riccardi, Luisella Bardi, Cinzia Bianchi, Flavio Corino, Sara Martini, Luca Pascucci, Aurelio Pellutiè, Marco Tosco

Giugno 2012

Indice

| | |
|--|-----------|
| PREFAZIONE | 2 |
| LA RETE DI MONITORAGGIO | 4 |
| GLI INQUINANTI..... | 8 |
| CONFRONTO DEI VALORI DEL PERIODO 2002 ÷ 2011 | 19 |
| MATERIALE PARTICOLATO | 19 |
| PM ₁₀ | 19 |
| PM _{2.5} | 29 |
| BIOSSIDO DI AZOTO – NO ₂ | 30 |
| OZONO – O ₃ | 37 |
| BIOSSIDO DI ZOLFO – SO ₂ | 48 |
| BENZENE E MONOSSIDO DI CARBONIO..... | 50 |
| I METALLI PESANTI : PIOMBO, ARSENICO, CADMIO E NICHEL..... | 54 |
| BENZO(A)PIRENE | 57 |
| SUPERAMENTI NELL'ANNO 2011 | 59 |
| APPROFONDIMENTO..... | 60 |
| MATERIALE PARTICOLATO – RELAZIONI TRA PM ₁₀ E PM _{2.5} | 60 |

Prefazione

A partire dal momento dell'attivazione della rete provinciale della qualità dell'aria nel suo assetto definitivo, avvenuta nel 2002, il Dipartimento provinciale Arpa di Cuneo ogni anno ha puntualmente messo a disposizione delle Amministrazioni locali e della popolazione un'analisi delle più significative evidenze che possono essere ricavate dalla non indifferente mole di dati che sono raccolti, nel territorio provinciale, dalla rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria.

La struttura della relazione vede una introduzione ove si descrive la rete di monitoraggio provinciale al 31 dicembre 2011; si evidenzia che la situazione in riferimento alla localizzazione dei siti di monitoraggio è in dinamica evoluzione in quanto si è operativamente in fase di adattamento alle nuove configurazioni previste dal piano regionale. Proprio mentre si scrive la stazione di Fossano è in fase di chiusura delle attività di rilevamento; le dotazioni tecnico logistiche fino ad oggi ivi impegnate saranno oggetto di trasferimento e costituiranno base per la realizzazione di una nuova stazione per la determinazione dell'inquinamento di fondo, in corso di progettazione in località Staffarda di Revello.

Le caratteristiche generali delle sostanze monitorate sono state raccolte in nuove schede descrittive, seguono gli altri capitoli che, come per gli anni precedenti, contengono considerazioni su:

Materiale Particolato - PM₁₀ e PM_{2.5}
Biossido di azoto - NO₂
Ozono – O₃
Biossido di zolfo – SO₂
Benzene e Monossido di carbonio – CO
Metalli pesanti: Piombo, Arsenico, Cadmio e Nichel
Benzo(a)pirene

Un apposito paragrafo riporta in tabella il rispetto o meno dei limiti relativamente ai dati acquisiti nel 2011.

Ai capitoli dedicati alla situazione rilevata sui singoli parametri segue il consueto approfondimento tecnico-scientifico che quest'anno ha il titolo "Materiale particolato – Relazioni tra PM₁₀ e PM_{2.5}" con dati elaborati nel periodo 1 maggio 2010 - 31 marzo 2012. A seguito della revisione della rete regionale, a partire dal 1° maggio 2010, la misura del PM_{2.5} viene effettuata in due centraline di monitoraggio della rete provinciale, Cuneo e Saliceto.

La lettura dell'approfondimento va agganciata a quanto già illustrato nel paragrafo dedicato al materiale particolato, ove si segnala la parte dedicata alla correlazione tra meteo clima e inquinamento. Già gli approfondimenti allegati alla relazione dello scorso anno avevano illustrato l'influenza evidente delle precipitazioni atmosferiche sull'abbattimento dei PM₁₀: al rilevante aumento delle piogge registrate nel triennio 2008-2010 è corrisposta una chiara diminuzione dei PM₁₀ in aria. Il lavoro di quest'anno evidenzia in modo chiaro che la frazione più fine (inferiore a 2.5 µm) ha un comportamento diverso da quella più grossolana (di diametro compreso tra 2.5 e 10 µm).

Il limite di legge in vigore riguarda tutta la frazione PM₁₀ e nei mesi invernali ha tanto spazio sugli organi di informazione anche per le conseguenti restrizioni al traffico veicolare; rispettare il limite è motivo di orgoglio per le (poche) realtà del nord Italia che ci riescono.

Rispettare il limite consente poi di scalare le classifiche di qualità della vita che mettono insieme indicatori economici, socio-sanitari, ambientali.

Nei primi mesi del 2012 è stata osservata a Cuneo una rilevante impennata dei valori, con conseguente inatteso incremento del numero dei giorni nei quali è stato registrato il superamento del limite giornaliero. Ciò con buona probabilità è da addebitarsi al risollevarsi dei materiali sparsi sulle le strade per contenere i disagi dovuti al gelo e alla neve; il fatto evidenzia che scelte di differenti tecniche operative (magari dovute a questioni di costo) possono condizionare pesantemente il raggiungimento di obiettivi dati dalla norma. Concludendo il commento sui dati rilevati nel 2011 (e nei primi mesi del 2012) si può osservare che complessivamente la situazione riscontrata per la qualità dell'aria della nostra provincia presenta un peggioramento rispetto al 2010, mantenendo tuttavia la tendenza al continuo miglioramento registrata dal 2002, cioè da quando ha avuto inizio la nostra azione di monitoraggio. Il peggioramento del 2011 non può essere però addebitato ad un aumento delle emissioni, che viceversa possono essere considerate in calo a causa della situazione economica (diminuzione del consumo di combustibili, dei flussi di traffico, ecc.). Semplicemente la situazione meteo climatica condiziona i valori delle concentrazioni di sostanze inquinanti nell'ambiente ed ogni periodo si può differenziare più o meno sostanzialmente dai precedenti.

Occorre continuare comunque nel percorso virtuoso intrapreso nel contenimento delle emissioni e nel miglioramento delle tecnologie, non solo perché non ancora tutte le direttive comunitarie sono ottemperate, ma soprattutto perché al miglioramento della qualità dell'aria consegue una diminuzione del rischio sanitario-ambientale.

In conclusione a questa nota introduttiva alla relazione della qualità dell'aria si rivolge un sentito e necessario ringraziamento a tutti i Colleghi, non solo del Dipartimento di Cuneo, che hanno collaborato per la gestione degli apparati di rilevamento, per le indagini analitiche di laboratorio e per la verifica e la successiva elaborazione dei dati.

Dipartimento Provinciale Arpa di Cuneo
Il Dirigente Responsabile
Dr. Silvio CAGLIERO



La rete di monitoraggio

Il monitoraggio degli inquinanti nell'aria ambiente è individuato, a livello comunitario, come strumento di conoscenza e "sorveglianza" della qualità dell'aria, al fine della prevenzione dell'inquinamento atmosferico a tutela della salute umana e dell'ambiente nel suo complesso. Esso risulta indispensabile strumento conoscitivo utile all'individuazione degli interventi prioritariamente necessari per il risanamento, nonché quale mezzo per monitorare gli effetti delle azioni di miglioramento intraprese dalle amministrazioni.

La Regione Piemonte con la L.R 43/2000, indicante le disposizioni *"finalizzate al controllo della qualità dell'aria, per il miglioramento della qualità della vita, per la salvaguardia dell'ambiente e delle forme di vita in esso contenute sul territorio regionale"*, ha disposto l'istituzione del *"sistema regionale di rilevamento della qualità dell'aria"* a cui appartengono le stazioni di monitoraggio site nel nostro territorio provinciale.

La collocazione territoriale delle stazioni di misura e la tipologia di parametri monitorati in ognuna di esse discende dai criteri indicati dalle norme nazionali, in recepimento di direttive comunitarie, finalizzati ad ottenere informazioni sufficienti e rilevanti, ma non ridondanti, tali da garantire la rappresentatività dei dati rilevati in ordine alle diverse condizioni di qualità dell'aria riscontrabili sull'intero territorio monitorato.

Per illustrare le caratteristiche specifiche delle stazioni e dei siti monitorati sul territorio della provincia di Cuneo, di seguito sono fornite alcune definizioni riportate nell'allegato III del Decreto legislativo n.155 del 2010:

- a) **stazioni di misurazione di traffico:** stazioni ubicate in posizione tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente da emissioni da traffico, provenienti da strade limitrofe con intensità di traffico medio alta
- b) **stazioni di misurazione di fondo:** stazioni ubicate in posizione tale che il livello di inquinamento non sia influenzato prevalentemente da emissioni da specifiche fonti (industrie, traffico, riscaldamento residenziale, ecc.) ma dal contributo integrato di tutte le fonti poste sopravento alla stazione rispetto alle direzioni predominanti dei venti nel sito
- c) **stazioni di misurazione industriali:** stazioni ubicate in posizione tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente da singole fonti industriali o da zone industriali limitrofe
- d) **siti fissi di campionamento urbani:** siti fissi inseriti in aree edificate in continuo o almeno in modo predominante
- e) **siti fissi di campionamento suburbani:** siti fissi inseriti in aree largamente edificate in cui sono presenti sia zone edificate, sia zone non urbanizzate
- f) **siti fissi di campionamento rurali:** siti fissi inseriti in tutte le aree diverse da quelle di cui alle lettere d) ed e). Il sito fisso si definisce rurale remoto se è localizzato ad una distanza maggiore di 50 Km dalle fonti di emissione

La tabella sottostante mostra le centraline della rete provinciale di rilevamento, fornendone le caratteristiche di rappresentatività.

| Comune | Tipologia stazione | Caratteristiche zona di campionamento | Tipo emissioni | località | |
|--------------------|--------------------|---------------------------------------|--|--|---|
| Alba | fondo | urbana | residenziale commerciale industriale | Via Tanaro (nei pressi del mercato ortofrutticolo) |  |
| Borgo San Dalmazzo | traffico | urbana | residenziale commerciale industriale | Via Giovanni XXIII |  |
| Bra | traffico | urbana | industriale residenziale | Viale Madonna dei Fiori |  |
| Cuneo | fondo | urbana | residenziale commerciale | Piazza II° Reggimento Alpini |  |
| Fossano | traffico | urbana | residenziale commerciale | Viale Regina Elena |  |
| Mondovì | fondo | urbana | residenziale | Largo Marinai d'Italia |  |
| Saliceto | fondo | rurale | residenziale | Via Monsignor G. Moizo |  |

Tabella 1) Le centraline della rete fissa provinciale della qualità dell'aria

Nelle stazioni, durante l'anno 2011, sono stati monitorati i seguenti parametri:

| | Ozono O ₃ | Ossidi di Azoto NO _x | Monossido di Carbonio CO | Biossido di Zolfo SO ₂ | Benzene Toluene Xileni BTX | Materiale particolato PM ₁₀ | Materiale particolato PM _{2,5} | IPA e Metalli | Biossido di Carbonio CO ₂ |
|-----------------------|-------------------------|--|-----------------------------------|--|-------------------------------------|--|---|---------------------|---|
| Alba | X | X | X | | X | X | | X | |
| Borgo San Dalmazzo | | X | | X | | X | | X | X |
| Bra | | X | X | | | X | | X | |
| Cuneo | X | X | X | X | X | X | X | X | |
| Fossano | X* | X | | | | | | | |
| Mondovì | | X | | | X** | | | | |
| Saliceto | X | X | | | | X | X | X | |

* a partire dal mese di maggio 2011

** a partire dal mese di agosto 2011

Tabella 2) Gli inquinanti misurati dalla rete fissa provinciale della qualità dell'aria

Le misure degli inquinanti sono prodotte da strumentazioni a funzionamento continuo basate su principi chimico-fisici, interfacciate con sistemi di acquisizione, elaborazione e trasmissione dati, che consentono una disponibilità del dato in "tempo reale".

Ciò ad esclusione delle misure di materiale particolato, IPA e metalli. Infatti, la determinazione del materiale particolato effettuata, ai fini delle valutazioni previste dalla norma, con tecnica gravimetrica, viene eseguita in laboratorio sui filtri campionati giornalmente in modo automatico presso le stazioni; sugli stessi filtri, analisi successive consentono la quantificazione delle concentrazioni dei metalli pesanti (piombo, nichel, arsenico e cadmio) e del benzo(a)pirene (IPA). Questa metodologia, richiesta dalla norma, dilata i tempi di messa a disposizione dei dati.

Nella stazione di Cuneo la presenza aggiuntiva di uno strumento automatico a sorgente beta per la determinazione dei PM₁₀ garantisce una disponibilità giornaliera dell'informazione, utile ai fini modellistici; i dati prodotti devono tuttavia essere considerati indicativi in quanto determinati con metodica certificata come equivalente, ma non ufficiale.

I dati rilevati sul territorio dalle centraline confluiscono ad un centro informatico di raccolta, denominato Centro Operativo Provinciale (C.O.P.), avente sede presso il Dipartimento Provinciale A.R.P.A. di Cuneo. Sottoposti a procedure di validazione di diverso livello, vengono quindi inseriti in una base dati regionale dove confluiscono i risultati ottenuti da tutte le centraline fisse del Piemonte.

L'accesso al pubblico di tali informazioni è possibile sul sito internet di indirizzo: <http://www.sistemapiemonte.it/ambiente/srqa>.

Nel luglio 2011 la Regione Piemonte, a partire dalla normativa vigente, ha redatto il “Programma di valutazione della qualità dell’aria – Luglio 2011” e sulla base di questo ha aggiornato il progetto, in corso di realizzazione, di “Revisione del sistema regionale di rilevamento della qualità dell’aria”, redatto nel 2007 e integrato negli anni 2008-2010 alla luce degli obblighi di rilevamento introdotti dalla direttiva 2008/50/CE.

La rete provinciale è stata ed è interessata dal processo di revisione e tuttora sono in corso le attività di adeguamento.

Nel corso del 2011 la centralina di Cuneo è stata rinnovata e ampliata: accoglierà un nuovo strumento automatico di misura del materiale particolato PM₁₀ e PM_{2.5}.

A Saliceto la stazione è stata rinnovata e rilocata a pochi decine di metri dal precedente sito, nella stessa via. Ciò ha consentito il posizionamento all’interno dei due campionatori sequenziali di materiale particolato PM₁₀ e PM_{2.5} e il mantenimento della stessa rappresentatività del sito.

La revisione interesserà anche le centraline di Fossano e Mondovì. Il piano regionale infatti non prevede più una stazione da traffico-urbano nel comune di Fossano; prevede la riqualificazione della centralina di Mondovì come stazione di traffico – urbana, con conseguente possibile rilocazione, e inserisce sul territorio provinciale una stazione di misurazione di fondo – rurale, la cui collocazione è prevista in località Staffarda nel comune di Revello.

In previsione di ciò la centralina di Fossano, che verrà ricollocata a Staffarda, e quella di Mondovì sono state dotate, dal luglio 2011, degli analizzatori di ozono e BTEX. Per questi due parametri, essendo l’acquisizione dei dati partita dopo la metà dell’anno, non si è raggiunta la percentuale minima di dati disponibili richiesta dalla normativa di riferimento pari al 90% e pertanto essi non verranno considerati nelle elaborazioni presenti in questo documento.

Per la centralina di Bra il 2011 è il primo anno di acquisizione dei dati nel sito di Viale Madonna dei Fiori individuato più idoneo del precedente, di via Piumati, a rappresentare la tipologia della stazione classificata di traffico - urbana.

Il 2011 è anche il primo anno completo di dati relativi al parametro “Materiale Particolato PM_{2.5}” per le centraline di Cuneo e Saliceto nelle quali i campionatori sequenziali erano stati installati all’incirca verso la metà del 2010.

Gli inquinanti

Il Decreto Legislativo n° 155/2010 “Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa”, definisce “inquinante: qualsiasi sostanza presente nell'aria ambiente” (cioè l'aria esterna presente nella troposfera), “che può avere effetti dannosi sulla salute umana o sull'ambiente nel suo complesso”.

Il quadro normativo sulla qualità dell'aria, a partire da evidenze scientifiche e con approccio conservativo, identifica gli inquinanti per i quali è necessario il monitoraggio al fine di perseguire gli obiettivi di tutela della salute umana e degli ecosistemi.

I parametri monitorati sono i seguenti:

- materiale particolato - PM₁₀ e PM_{2,5}
- biossido di azoto (NO₂)
- biossido di zolfo (SO₂)
- benzene
- monossido di carbonio (CO)
- metalli pesanti: piombo, arsenico, cadmio, nichel
- IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici): benzo(a)pirene

Le pagine seguenti presentano per ogni inquinante oggetto di monitoraggio, le principali informazioni, facendo riferimento ai seguenti punti:

Caratteristiche: elementi distintivi dell'inquinante

Tipologia: suddivisione in base all'origine in

- **primario** → emesso direttamente in atmosfera da specifiche fonti
- **secondario** → prodotto come risultato di reazioni chimico-fisiche degli inquinanti primari

Fonte:

- **naturale**, emesso in atmosfera ad opera di fenomeni naturali
- **antropica**, generato da attività umane (industriali, civili, ecc...)

Permanenza spazio-temporale: ovvero i tempi e l'estensione territoriale coinvolti nella “dispersione” dell'inquinante. Infatti a seguito della loro emissione in atmosfera i composti sono soggetti a processi di diffusione, trasporto e deposizione (secca e umida), e possono subire nel contempo processi di trasformazione chimico-fisica, che possono determinarne la rimozione o la generazione di inquinanti secondari; tutti questi processi condizionano la variabilità nello spazio e nel tempo degli inquinanti in atmosfera.

Effetti: descrizione dei principali bersagli sui quali può agire l'inquinante e gli effetti da esso prodotti. Gli inquinamenti atmosferici possono produrre effetti nocivi, che variano in funzione delle caratteristiche chimico-fisiche dell'inquinante, delle sue concentrazioni e dei tempi di permanenza in atmosfera.

Misura: indica il principio di misura utilizzato per la determinazione dell'inquinante

Situazione: condizione attuale e l'andamento negli anni dell'inquinante

Limiti normativi: i limiti indicati dalla normativa cogente, identificati in relazione ai livelli di riferimento così descritti:

Soglia di informazione: livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive.

Soglia di allarme: livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per la popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di adottare provvedimenti immediati.

Valore limite: livello fissato in base alle conoscenze scientifiche, incluse quelle relative alle migliori tecnologie disponibili, al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, che deve essere raggiunto entro un termine prestabilito e che non deve essere successivamente superato.

Valori obiettivo: livello fissato al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, da conseguire, ove possibile, entro una data prestabilita.

Obiettivo a lungo termine: livello da raggiungere nel lungo periodo mediante misure proporzionate, al fine di assicurare un'efficace protezione della salute umana e dell'ambiente.

MATERIALE PARTICOLATO – PM₁₀ - PM_{2.5}

| | |
|---|---|
| Caratteristiche <i>particelle solide</i> <i>aerosol</i> | Il particolato atmosferico è formato da particelle, solide o aerosol, sospese in aria. Con il termine PM₁₀ si intende il particolato formato da particelle con diametro aerodinamico medio inferiore a 10 µm (micrometri), mentre il termine PM_{2.5} comprende la frazione di particolato costituito da particelle aventi diametro inferiore a 2.5 µm. |
| Fonte <i>naturale</i> <i>antropica</i> | Nell'aria viene generato da processi naturali quali eruzioni vulcaniche, incendi boschivi, azione del vento sulla polvere e sul terreno, aerosol marino , ecc, e dall'attività dell'uomo a cui se ne attribuisce l'apporto principale. Le emissioni industriali , particelle di polveri, ceneri, e combustioni incomplete, e il traffico veicolare (gas di scarico, usura di pneumatici, risollevarimento delle polveri depositate sulle strade) rappresentano le fonti più significative. |
| Tipologia <i>primario</i> <i>secondario</i> | Il particolato atmosferico è in parte di tipo "primario", immesso direttamente in atmosfera, ed in parte di tipo "secondario", prodotto cioè da trasformazioni chimico fisiche che coinvolgono diverse sostanze quali SO₂, NO_x, COVs, NH₃ . |
| Permanenza spazio temporale | Il particolato risulta ubiquitario su vasta scala a causa del lungo tempo di permanenza nell'aria (da giorni a settimane) che ne consente il trasporto su grandi distanze . Questo fa sì che le variazioni nel tempo delle concentrazioni siano principalmente condizionate da fattori meteorologici. In particolare, inverni con lunghi periodi di situazioni anticicloniche persistenti e precipitazioni limitate, sono caratterizzati da concentrazioni di polveri atmosferiche elevate. |
| Effetti <i>salute</i> <i>ambiente</i> <i>materiali</i> | Il rischio sanitario legato al particolato sospeso nell'aria dipende, oltre che dalla concentrazione, anche dalla dimensione delle particelle. Le particelle con dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana, in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. Infatti: <ul style="list-style-type: none"> - il PM₁₀, polvere inalabile, è in grado di penetrare nel tratto respiratorio superiore (laringe e faringe), e le particelle con diametro compreso fra circa 5 e 2.5 µm giungono sino a livello dei bronchi principali. - Il PM_{2.5}, polvere respirabile, è in grado di penetrare profondamente nei polmoni giungendo sino ai bronchi secondari; le frazioni con diametro inferiore possono giungere sino a livello alveolare. <p>Gli studi epidemiologici mostrano relazioni tra le concentrazioni di materiale particolato in aria e l'insorgenza di malattie dell'apparato respiratorio, quali asma, bronchiti ed enfisemi. Il PM può inoltre adsorbire sulla sua superficie e quindi veicolare nell'apparato respiratorio dei microinquinanti, quali metalli e IPA, ai quali possono essere associati effetti tossicologici rilevanti.</p> <p>La deposizione del materiale particolato può causare effetti negativi sulla vegetazione costituendo, sulla superficie fogliare, una pellicola non dilavabile dalle piogge, che può inibire il processo di fotosintesi e lo sviluppo delle piante; inoltre il danneggiamento per abrasione meccanica può rendere le foglie più esposte agli attacchi degli insetti.</p> <p>I materiali subiscono danni diretti legati a fenomeni di imbrattamento e fenomeni di corrosione in relazione alla composizione chimica del particolato.</p> |
| Misura <i>gravimetrica</i> | Il PM ₁₀ e il PM _{2.5} sono determinati mediante campionamento su filtro in condizioni ambiente e successiva determinazione gravimetrica delle polveri filtrate. La testa del campionatore ha una geometria standardizzata che permette il solo passaggio della frazione di polveri avente dimensioni aerodinamiche inferiori a 10µm o 2.5µm. |
|  Situazione critica  | La situazione nell'ultimo decennio, per il particolato PM ₁₀ , è in miglioramento anche se continua a rappresentare una delle criticità più significative . Le condizioni meteo climatiche influenzano fortemente l'andamento. |

| Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010 | Periodo di mediazione temporale | Valore limite | N° superamenti ammessi | Data di raggiungimento limite |
|---|---------------------------------|----------------------|------------------------|-------------------------------|
| PM10 | 24 ore | 50 µg/m ³ | 35 per anno civile | 1 gennaio 2005 |
| | anno civile | 40 µg/m ³ | | 1 gennaio 2005 |
| PM2.5 | anno civile | 25 µg/m ³ | | 1 gennaio 2015 |

BIOSSIDO DI AZOTO – NO₂

| | | | | |
|---|---|-----------------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| Caratteristiche NO ₂ | <p>Gli ossidi di azoto (NO, NO₂, N₂O ed altri) vengono generati in tutti i processi di combustione che utilizzano l'aria come comburente; infatti ad elevate temperature l'azoto e l'ossigeno presenti nell'aria atmosferica reagiscono, con le seguenti reazioni principali : $N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$ $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$. L'elevata tossicità del biossido lo rende principale oggetto di attenzione: l'NO₂ è infatti un gas tossico, di colore giallo-rosso, dall'odore forte e pungente, con grande potere irritante ed è un energico ossidante, molto reattivo. Gli ossidi di azoto sono da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici maggiormente pericolosi, anche perché in presenza di forte irraggiamento solare, danno inizio ad una serie di reazioni secondarie che portano alla formazione di sostanze inquinanti, quali l'ozono, acido nitrico, ecc, complessivamente indicate con il termine di "smog fotochimico" che sono importanti precursori del PM₁₀.</p> | | | |
| Fonte naturale antropica | <p>In natura gli ossidi di azoto sono prodotti dall'attività batterica sui composti dell'azoto, dall'attività vulcanica e dai fulmini: ciò produce un apporto minimo ai livelli di fondo. Le principali fonti sono invece di origine antropica legate ai processi di combustione in condizioni di elevata temperatura e pressione: ne consegue che, in contesto urbano, le emissioni dei motori a scoppio e quindi il traffico veicolare ne rappresenti la fonte più significativa.</p> | | | |
| Tipologia primario secondario | <p>Il biossido di azoto rappresenta, in genere, al massimo il 5% degli ossidi di azoto emessi direttamente dalle combustioni in aria. La maggior parte dell' NO₂ presente in atmosfera deriva invece dall'ossidazione del monossido di azoto, ed è quindi di natura secondaria.</p> | | | |
| Permanenza spazio temporale | <p>Il tempo medio di permanenza in atmosfera degli ossidi di azoto è breve: circa tre giorni per NO₂ e quattro giorni per l'NO.</p> | | | |
| Effetti salute ambiente materiali | <p>Gli effetti sulla salute prodotti dall'NO₂ sono dovuti alla sua azione irritante sugli occhi e sulle le mucose dell'apparato respiratorio. Gli effetti acuti sull'apparato respiratorio comprendono riacutizzazioni di malattie infiammatorie croniche delle vie respiratorie, quali bronchite cronica e asma, e riduzione della funzionalità polmonare. Gli ossidi di azoto contribuiscono, per circa il 30%, al fenomeno delle "piogge acide", con conseguenti danni alla vegetazione e alterazioni degli equilibri degli ecosistemi coinvolti, e producono fenomeni corrosivi sui metalli e scolorimento e perdita di resistenza dei tessuti e delle fibre tessili. L'azione sulle superfici degli edifici e dei monumenti comporta un invecchiamento più rapido delle strutture.</p> | | | |
| Misure chemiluminescenza | <p>Gli ossidi di azoto sono determinati con il metodo a chemiluminescenza, che si basa sulla reazione chimica tra il monossido di azoto e l'ozono in grado di produrre una luminescenza caratteristica, di intensità proporzionale alla concentrazione di NO. Per misurare il biossido è necessario ridurlo a monossido tramite un convertitore al molibdeno. L'unità di misura con la quale si esprime la concentrazione di biossido di azoto è il microgrammo al metro cubo (µg/m³).</p> | | | |
| Situazione stabile   | <p>L'introduzione delle marmitte catalitiche non ha ridotto in maniera incisiva la concentrazione di NO₂ che, nell'ultimo decennio, non ha avuto un calo tanto netto quanto il CO. Ciò è dovuto anche al fatto che i motori a benzina non sono l'unica fonte di NO₂, ma altrettanto importanti sono i veicoli diesel e gli impianti per la produzione d'energia. Nel settore industriale miglioramenti tecnologici hanno permesso di ridurre parzialmente gli apporti emissivi.</p> | | | |
| Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010 | <i>Periodo di mediazione temporale</i> | Valore limite | <i>N° superamenti ammessi</i> | <i>Data di raggiungimento limite</i> |
| Biossido di Azoto | 1 ora | 200 µg/m ³ | 18 per anno civile | 1 gennaio 2010 |
| | anno civile | 40 µg/m ³ | - | 1 gennaio 2010 |

OZONO

| | |
|---|---|
| Caratteristiche O_3 | L'Ozono è un gas molto reattivo, fortemente ossidante, di odore pungente caratteristico, la cui molecola è costituita da tre atomi di ossigeno. |
| Fonte <i>naturale</i> <i>antropica</i> | E' un gas presente nell'atmosfera la cui origine e concentrazione dipende dalla porzione di atmosfera a cui le osservazioni si riferiscono. Negli strati alti dell'atmosfera, la stratosfera, esso è presente naturalmente e svolge un'importante azione protettiva per la salute umana e per l'ambiente, assorbendo un'elevata percentuale delle radiazioni UV provenienti direttamente dal sole. A questo livello l'ozono si produce a partire dalla reazione dell'ossigeno con l'ossigeno nascente (O), prodotto dalla scissione della molecola di ossigeno ad opera delle radiazioni ultraviolette. Negli strati di atmosfera più prossimi alla superficie terrestre, la troposfera, l'ozono si può originare dalla presenza di precursori sia naturali (composti organici volatili biogenici prodotti dalle piante), che antropici (ossidi di azoto e sostanze organiche volatili -VOC- emessi da attività umane), in condizioni meteorologiche caratterizzate da forte irraggiamento, oppure da scariche elettriche in atmosfera. |
| Tipologia <i>secondario</i> | A livello troposferico l'ozono è un inquinante cosiddetto secondario, cioè non viene emesso direttamente da una sorgente, ma è prodotto dalle complesse trasformazioni chimico fisiche che avvengono in atmosfera tra gli ossidi di azoto e i composti organici volatili. L'insieme dei prodotti di queste reazioni costituiscono il cosiddetto inquinamento fotochimico o <i>smog fotochimico</i> . |
| Permanenza spazio temporale | L'inquinamento secondario trae generalmente origine da contesti fortemente antropizzati, dove può essere elevata l'emissione di precursori, durante episodi estivi caratterizzati da condizioni meteorologiche stagnanti, quando persistono forte insolazione ed elevate temperature. Gli inquinanti secondari prodotti in queste condizioni possono dar luogo a grandi concentrazioni e fenomeni di accumulo anche a notevole distanze dalle zone di immissione. Per tale motivo l'inquinamento da ozono rappresenta un fenomeno su scala regionale e/o transfrontaliero. |
| Effetti <i>salute</i> <i>ambiente</i> <i>materiali</i> | I principali effetti sulla salute si riscontrano a carico delle vie respiratorie dove, all'aumentare della concentrazione, possono essere indotti effetti infiammatori di gravità crescente, sino ad una riduzione della funzionalità polmonare. Sugli ecosistemi vegetali gli effetti ossidanti della molecola interferiscono con la funzione clorofilliana e con la crescita delle piante. I materiali, come la gomma e le fibre tessili, subiscono alterazione chimiche che ne compromettono le caratteristiche e la resistenza. |
| Misura <i>assorbimento</i> <i>caratteristico</i> | La misura dell'ozono sfrutta il metodo basato sull'assorbimento caratteristico che questa molecola presenta verso le radiazioni ultraviolette (UV) ad una lunghezza d'onda di 254 nm (nanometri). La variazione dell'intensità luminosa è direttamente correlata alla concentrazione di O_3 ed è misurata da un apposito rivelatore. L'unità di misura con la quale sono espresse le concentrazioni di O_3 è il microgrammo al metro cubo ($\mu g/m^3$). |
| Situazione  <i>stabile</i>  | Nonostante l'attuale stabilità del trend delle concentrazioni in atmosfera dei precursori, tra i quali gli ossidi di azoto, l'influenza determinante delle condizioni meteorologiche, fa sì che l'andamento delle concentrazioni di O_3 possa variare considerevolmente e sia difficilmente controllabile. |

| Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010 | Periodo di mediazione temporale | valore | N°superamenti ammessi |
|---|---------------------------------------|---|---|
| Soglia informazione Protezione della salute umana | Media oraria | 180 µg/m ³ | |
| Soglia di allarme Protezione della salute umana | Media oraria | 240 µg/m ³ | non più di 3 ore consecutive |
| Valore obiettivo Protezione della salute umana | Media massima giornaliera su 8 ore | 120 µg/m ³ (*) | 25 volte per anno civile come media su 3 anni |
| Valore obiettivo Protezione della vegetazione | Da maggio a luglio | AOT40** (calcolato sulla base dei valori di 1 ora) 18000 µg/m ³ *h come media sui 5 anni (*) | |
| Obiettivo a lungo termine Protezione della salute umana | Media massima giornaliera su 8 ore | 120 µg/m ³ | |
| Obiettivo a lungo termine Protezione della vegetazione | | AOT40** (calcolato sulla base dei valori di 1 ora) 6000 µg/m ³ *h | |

(*) il raggiungimento dell'obiettivo sarà valutato nel 2013 (riferimento triennio 2010-2012) per il valore obiettivo di protezione della salute umana e nel 2015 (riferimento quinquennio 2010-2015, per la protezione della vegetazione)

(**) Per AOT40 (espresso in µg/m³*h) si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m³ (=40 parti per miliardo) e 80 µg/m³ in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8:00 e le 20:00, ora dell'Europa centrale (CET)

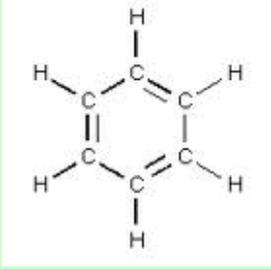
BIOSSIDO DI ZOLFO – SO₂

| | |
|--|---|
| Caratteristiche SO ₂ | Il biossido di zolfo, o anidride solforosa, è un gas incolore, di odore pungente, prodotto dell'ossidazione dello zolfo. |
| Fonte : <i>naturale</i> <i>antropica</i> | La fonte principale degli ossidi di zolfo (SO ₂ e SO ₃) presenti in atmosfera è di origine <i>naturale</i> . Infatti una percentuale variabile dal 62% all'89% delle emissioni prodotte in Italia ¹ è attribuita all' <i>attività vulcanica</i> . Le principali emissioni <i>antropiche</i> di SO ₂ derivano invece dai processi di combustione che utilizzano combustibili fossili (gasolio, olio combustibile, carbone), in cui lo zolfo è presente come impurità. In città una fonte significativa è rappresentata dal riscaldamento domestico , mentre solo una percentuale molto bassa di SO ₂ proviene dal traffico veicolare, in particolare dai veicoli con motore diesel. |
| Tipologia <i>primario</i> | L'ossido di zolfo è un inquinante primario. |
| Permanenza spazio temporale | Il tempo medio di permanenza in atmosfera del biossido di zolfo varia da alcuni giorni a settimane e l'estensione dei fenomeni interessa la scala locale e regionale. |
| Effetti <i>salute</i> <i>ambiente</i> <i>materiali</i> | Il biossido di zolfo è un forte irritante delle vie respiratorie . Un'esposizione prolungata a concentrazioni basse può causare patologie all'apparato respiratorio (asma, tracheiti, bronchiti) mentre esposizioni di breve durata a concentrazioni elevate possono provocare aumento della frequenza respiratoria e del ritmo cardiaco oltre a irritazione agli occhi, gola e naso. Gli ossidi di zolfo sono i principali responsabili dell'acidificazione delle precipitazioni meteorologiche (piogge acide) che comporta la compromissione degli equilibri degli ecosistemi coinvolti. Sulle piante l'aumento delle concentrazioni di SO ₂ provoca danni via via crescenti agli apparati fogliari sino alla necrosi tessutale . L'azione sui materiali interessa maggiormente i metalli , nei quali viene accelerato il fenomeno di corrosione , ed i materiali da costruzione (in particolare di natura calcarea) sui quali l'azione acida, comportando una trasformazione dei carbonati in solfati solubili, diminuisce la resistenza meccanica dei materiali , da cui i conseguenti danneggiamenti dei monumenti e delle facciate degli edifici. |
| Misura <i>fluorescenza</i> | Il biossido di zolfo è misurato con un metodo a fluorescenza. L'aria da analizzare è immessa in una apposita camera nella quale sono inviate radiazioni UV a 230-190 nm. Queste radiazioni eccitano le molecole di SO ₂ presenti che, stabilizzandosi, emettono delle radiazioni nello spettro del visibile misurate con apposito rivelatore. L'intensità luminosa misurata è funzione della concentrazione di SO ₂ presente nell'aria. L'unità di misura con la quale si esprime la concentrazione di biossido di zolfo è il microgrammo al metro cubo (µg/m ³). |
| Situazione <i>buona</i>   | Il biossido di zolfo ha rappresentato per molti anni uno dei principali inquinanti dell'aria. Oggi il progressivo miglioramento della qualità dei combustibili (minor contenuto di zolfo nei prodotti di raffineria) ed il sempre più diffuso uso del gas metano hanno diminuito nettamente la sua presenza. |

| Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010 | Periodo di mediazione temporale | Valore limite | N° superamenti ammessi | Data di raggiungimento limite |
|---|---------------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------------|
| Ossido di Zolfo | 1 ora | 350 µg/m ³ | - | 1 gennaio 2005 |
| | 1 giorno | 125 µg/m ³ | - | 1 gennaio 2005 |

¹ ISPRA -inventario emissioni in atmosfera-CONAIR IPPC- dati 1980-2008

BENZENE

| | |
|---|--|
| <p>Caratteristiche</p> <p>C_6H_6</p>  | <p>Il benzene è un idrocarburo aromatico, che si presenta a temperatura ambiente come un liquido incolore, dal tipico odore aromatico, in grado di evaporare velocemente.</p> <p>Si ottiene prevalentemente come prodotto della distillazione del petrolio.</p> <p>Viene impiegato come materia prima per numerosi composti secondari, a loro volta impiegati per produrre plastiche, resine, detersivi, pesticidi, intermedi per l'industria farmaceutica, vernici, collanti, inchiostri, adesivi e prodotti per la pulizia.</p> <p>E' utilizzato per conferire proprietà antidetonanti nelle benzine "verdi".</p> |
| <p>Fonte</p> <p>naturale antropica</p> | <p>In natura il benzene viene prodotto negli incendi boschivi e durante le eruzioni vulcaniche, ma le concentrazioni in atmosfera prodotte da queste fonti sono quantitativamente irrilevanti.</p> <p>La fonte principale è di natura antropica. 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.</p> <p>Una fonte importante, in ambienti indoor, è rappresentato dal fumo di tabacco.</p> |
| <p>Tipologia</p> <p>primario</p> | <p>E' un inquinante primario.</p> |
| <p>Permanenza spazio temporale</p> | <p>Il benzene rilasciato in atmosfera si trova prevalentemente in fase vapore, non è soggetto direttamente a fotolisi, ma reagisce con gli idrossi-radicali prodotti fotochimicamente. Il tempo teorico di dimezzamento della concentrazione è di circa 13 giorni, ma in atmosfera inquinata, in presenza di ossidi di azoto o zolfo, l'emivita si riduce a 4 – 6 ore.</p> |
| <p>Effetti salute</p> | <p>Il benzene è tossico, molto irritante per pelle, occhi e mucose ed è inserito dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) tra le sostanze con sufficiente evidenza di cancerogenicità per l'uomo. La principale via di esposizione per l'uomo è l'inalazione, a causa della notevole volatilità del benzene.</p> |
| <p>Misura</p> <p>Gasromatografia PID</p> | <p>Le misure sono effettuate mediante un sistema gascromatografico, dotato di rivelatore a fotoionizzazione. L'unità di misura con la quale si misura la concentrazione di benzene è il microgrammo al metro cubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).</p> |
| <p>Situazione</p> <p>buona</p>   | <p>Le concentrazioni di benzene in atmosfera si sono significativamente ridotte nell'ultimo decennio a seguito delle pesanti limitazioni al suo uso come solvente, alla riduzione del suo contenuto nella benzina nonché all'aumento della percentuale di auto catalizzate sul totale di quelle circolanti.</p> |

| Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010 | <i>Periodo di mediazione temporale</i> | Valore limite | <i>N°superamenti ammessi</i> | <i>Data di raggiungimento limite</i> |
|--|--|------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| Benzene | Anno civile | $5.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ | - | 1 gennaio 2010 |

MONOSSIDO DI CARBONIO – CO

| | |
|---|---|
| Caratteristiche CO | Il monossido di carbonio è un gas incolore, inodore e insapore, infiammabile, e molto tossico. Viene generato durante la combustione di materiali organici, come intermedio di reazione, quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente. Il monossido di carbonio è l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera. |
| Fonte <i>naturale</i> <i>antropica</i> | Le principali fonti naturali sono agli incendi boschivi , le eruzioni dei vulcani , le emissioni da oceani e paludi . La fonte antropica più significativa è rappresentata dal traffico veicolare , in particolare dalle emissioni prodotte dagli autoveicoli a benzina in condizioni tipiche di traffico urbano rallentato (motore al minimo, fasi di decelerazione, ecc...): per questi motivi viene identificato come tracciante di inquinamento veicolare. Altre fonti sono gli impianti di riscaldamento domestico , le centrali termoelettriche , gli inceneritori di rifiuti , per i quali il contributo emissivo risulta minore in quanto la combustione avviene in condizioni più controllate. |
| Tipologia <i>primario</i> | Il monossido di carbonio viene emesso come tale in atmosfera. |
| Permanenza spazio temporale | Nonostante il tempo di permanenza in atmosfera sia elevato (anni), meccanismi di rimozione naturali (assorbimento da parte di terreno, delle piante, ossidazione in atmosfera) limitano prevalentemente a scala locale, urbana, l'azione inquinante del monossido di carbonio. |
| Effetti <i>salute</i> | Sull'uomo il monossido di carbonio ha effetti particolarmente pericolosi in quanto forma con l'emoglobina del sangue la carbossiemoglobina, un composto fisiologicamente inattivo, che impedisce l'ossigenazione dei tessuti, ed è in grado di produrre, ad elevate concentrazioni, esiti letali . A basse concentrazioni provoca emicranie, vertigini, e sonnolenza . Essendo inodore e incolore, è un inquinante insidioso soprattutto nei luoghi chiusi dove si può accumulare in concentrazioni elevate. Sull'ambiente ha effetti trascurabili. |
| Misure <i>Assorbimento IR</i> | Il CO 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 e la variazione dell'intensità delle IR è proporzionale alla concentrazione di CO. L'unità di misura utilizzata per esprimere la concentrazione di Monossido di Carbonio è il milligrammo al metro cubo (mg/m ³). |
|  Situazione <i>buona</i> ↓ | Il CO ha avuto, negli ultimi trent'anni, un nettissimo calo delle concentrazioni rilevate in atmosfera dovuto allo sviluppo tecnologico nel settore automobilistico che ha portato ad un aumento dell'efficienza nei motori e l'introduzione delle marmitte catalitiche. Ciò ha fatto sì che nonostante il numero crescente degli autoveicoli in circolazione, e quindi un aumento delle emissioni, la concentrazione si riducesse in modo significativo. Ulteriori miglioramenti si otterranno quando le auto a benzina non catalizzate saranno completamente sostituite con veicoli dotati di marmitta catalitica. |

| Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010 | <i>Periodo di mediazione temporale</i> | Valore limite | <i>N°superamenti ammessi</i> | <i>Data di raggiungimento limite</i> |
|--|---|----------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| Monossido di carbonio | Media massima giornaliera calcolata sulle 8 ore | 10 mg/m ³ | - | 1 gennaio 2005 |

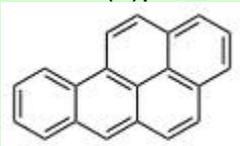
METALLI PESANTI : Piombo, Arsenico, Cadmio e Nichel

| | |
|--|--|
| Caratteristiche Metalli pesanti | I metalli pesanti sono costituenti naturali della crosta terrestre e molti di essi, in determinate forme e a concentrazioni opportune, sono essenziali alla vita. Non venendo però degradati dai processi naturali e tendendo ad accumularsi negli organismi biologici (bioaccumulo) possono causare effetti negativi, anche gravi, sulla salute umana e sull'ambiente in generale. La scelta normativa di monitorare Piombo, Arsenico, Cadmio e Nichel discende dalla rilevanza che essi manifestano sotto il profilo tossicologico. In atmosfera sono rintracciabili prevalentemente nel particolato aereo-disperso. |
| Fonte <i>naturale</i> <i>antropica</i> | I metalli pesanti rappresentano un gruppo di inquinanti particolarmente diffuso nella biosfera, legato sia a fenomeni naturali (<i>eruzioni vulcaniche, fenomeni di erosione</i>) sia all'attività antropica; nell'atmosfera le sorgenti antropiche sono rappresentate principalmente dalle <i>combustioni</i> , dai <i>processi industriali (industrie minerarie, metallurgiche e siderurgiche)</i> e dalle <i>abrasioni dei materiali</i> . |
| Tipologia <i>primario</i> | I metalli pesanti sono inquinanti primari. |
| Permanenza spazio temporale | Essendo rintracciabili prevalentemente nel particolato aereo-disperso, l'inquinamento da metalli pesanti presenta distribuzione spazio temporale analoga a quella dei PM ₁₀ . |
| Effetti <i>salute</i> <i>ambiente</i> | I metalli pesanti entrano nell'organismo umano principalmente con l'assunzione di cibo e acqua, ma l'apporto dovuto ad inalazione, in determinate realtà, può risultare estremamente significativo. All'esposizione ai metalli pesanti sono associati molteplici effetti sulla salute, con diversi gradi di gravità e condizioni: <i>problemi ai reni ed alle ossa, disordini neurocomportamentali e dello sviluppo, elevata pressione sanguigna e</i> , potenzialmente, anche cancro al polmone. Nell'ambiente, il fenomeno dell'accumulo sui terreni può <i>danneggiare la fertilità del suolo e favorire l'ingresso dei metalli nella catena alimentare</i> . |
| Misura <i>ICP-MS da filtro PM₁₀</i> | La frazione fine del particolato (PM ₁₀) campionato su filtri in fibra di quarzo è sottoposta a mineralizzazione mediante soluzione acida ossidante e sulla soluzione ottenuta si determina la concentrazione dei metalli mediante tecnica ICP-MS (spettrometria di massa abbinata al plasma accoppiato induttivamente). |
| Situazione <i>buona</i>   | Tutti questi metalli sono presenti in concentrazioni molto basse. Con l'introduzione delle benzine verdi (senza piombo) l'inquinamento urbano da piombo, significativo negli anni '70, ha visto una drastica riduzione. |

| Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010 | Periodo di mediazione temporale | Valore limite | Data di raggiungimento valore obiettivo |
|---|---------------------------------|----------------------------|---|
| Piombo | Anno civile | 0.5 µg/m ³ | 1 gennaio 2005 |
| | Periodo di mediazione temporale | Valore obiettivo(*) | Data di raggiungimento valore obiettivo |
| Arsenico | Anno civile | 6.0 ng/m ³ | 31 dicembre 2012 |
| Cadmio | Anno civile | 5.0 ng/m ³ | 31 dicembre 2012 |
| Nichel | Anno civile | 20.0 ng/m ³ | 31 dicembre 2012 |

(*) valore riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM₁₀ del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile.

IPA - Benzo(a)pirene

| | |
|--|--|
| <p>Caratteristiche Benzo(a)pirene</p>  | <p>Il benzo(a)pirene - B(a)P - è stato scelto come marker dell'esposizione agli IPA nell'aria ambiente. Il termine IPA è l'acronimo di Idrocarburi Policiclici Aromatici, una classe numerosa di composti organici tutti caratterizzati strutturalmente dalla presenza di due o più anelli aromatici condensati fra loro. Gli IPA costituiti da tre a cinque anelli possono essere presenti sia come gas che come particolato, mentre quelli caratterizzati da cinque o più anelli tendono a presentarsi per lo più in forma solida. Gli IPA sono generalmente composti persistenti, caratterizzati da un basso grado di idrosolubilità e da una elevata capacità di aderire al materiale organico.</p> |
| <p>Fonte naturale antropica</p> | <p>Queste sostanze si trovano in atmosfera come prodotto di processi di pirolisi e di combustioni incomplete, con formazione di particelle carboniose che li adsorbono e li veicolano. La fonte naturale di questi inquinanti è rappresentata dalle eruzioni vulcaniche e dagli incendi boschivi. Le fonti antropiche sono dovute ai processi di combustione incompleta di materiale organico e all'uso di olio combustibile, gas, carbone e legno nella produzione di energia e riscaldamento. Anche l'utilizzo dei vari carburanti produce una notevole quantità di queste sostanze. Le emissioni dovute al traffico stradale sono infatti una componente dominante nella emissione di IPA e di B(a)P nelle aree urbane.</p> |
| <p>Tipologia primario</p> | <p>E' un inquinante primario.</p> |
| <p>Permanenza spazio temporale</p> | <p>In genere gli idrocarburi policiclici aromatici presenti nell'aria possono degradarsi reagendo con la luce del sole e con altri composti chimici nel giro di qualche giorno o settimana; quelli di massa maggiore aderiscono al particolato aerodisperso. Per questa loro relativa stabilità gli IPA si possono riscontrare anche a grandi distanze in località remote e molto lontane dalle zone di produzione.</p> |
| <p>Effetti salute</p> | <p>Gli studi condotti sulla pericolosità degli IPA sembrano dimostrare che l'esposizione a concentrazioni significative di queste sostanze comporti vari danni a livello ematico, immunosoppressione e problemi al sistema polmonare; essendo dotate di effetto mutageno e pertanto cancerogeno l'organo legislativo ha stabilito obiettivi di qualità del tutto cautelativi per il benzo(a)pirene (peraltro l'unico IPA che finora è stato studiato approfonditamente).</p> |
| <p>Misura GC da filtro PM₁₀</p> | <p>La frazione fine del particolato (PM₁₀) contenuta in un volume noto di aria è raccolta su membrana in fibra di vetro o di quarzo; tale membrana è sottoposta ad estrazione con solvente e nell'estratto i singoli composti degli IPA sono quantificati mediante tecnica gascromatografica.</p> |
| <p>Situazione stabile</p>  | <p>L'andamento rileva una forte dipendenza stagionale e una situazione peggiore nelle stazioni non urbane rispetto a quelle urbane a causa del contributo ascrivibile all'uso del legno come combustibile. L'andamento nel corso degli anni rileva comunque un miglioramento.</p> |

| Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010 | Periodo di mediazione temporale | Valore obiettivo(*) | Data di raggiungimento valore obiettivo |
|---|---------------------------------|-----------------------|---|
| Benzo(a)pirene | Anno civile | 6.0 ng/m ³ | 31 dicembre 2012 |

(*) valore riferito al tenore totale di Benzo(a)pirene presente nella frazione PM₁₀ del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile

Confronto dei valori del periodo 2002 ÷ 2011

Materiale particolato

PM₁₀

Le concentrazioni medie di PM₁₀ relative ad ogni stazione della rete provinciale sono rappresentate anno per anno nella figura 1. Si può osservare come nel 2011 le medie delle centraline di Cuneo, Borgo San Dalmazzo e Saliceto non riportino variazioni considerevoli rispetto all'anno precedente, che era stato individuato come "il migliore" dall'attivazione della rete, mentre la centralina di Alba è praticamente tornata ai livelli degli anni 2008-2009, così pure quella di Bra che ripresenta nuovamente il superamento del limite annuale. Si ricorda quanto riportato nel capitolo iniziale, ovvero che in questo comune la centralina è stata spostata da via Piumati a Viale Madonna dei fiori ed il 2011 è il primo anno di acquisizione dei dati in questa nuova postazione.

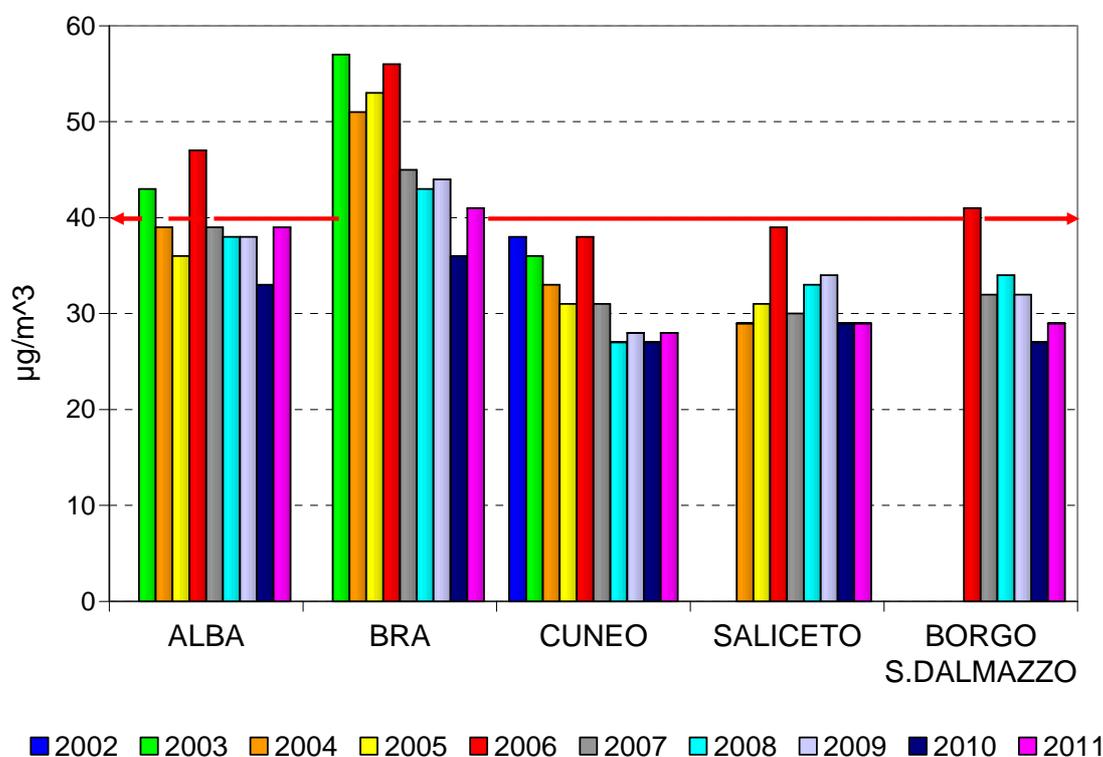


Figura 1) PM₁₀: confronto medie annue (anni con disponibilità dei dati >=90%).

La banda azzurra di figura 2 rappresenta il ventaglio di valori all'interno del quale si trovano le medie annue rilevate dalle centraline e che si ritiene rappresenti le concentrazioni di PM₁₀ che è possibile riscontrare su tutto il territorio provinciale. Non è stato inserito il 2002 poiché, essendo l'anno di attivazione della rete, risente della mancanza dei dati relativi ai primi giorni dell'anno, generalmente caratterizzati da concentrazioni più elevate. Dalla figura si può osservare come la situazione sia complessivamente migliorata a partire dal 2007 e, dopo la diminuzione del 2010, i valori siano tornati nel 2011 ai livelli del precedente triennio.

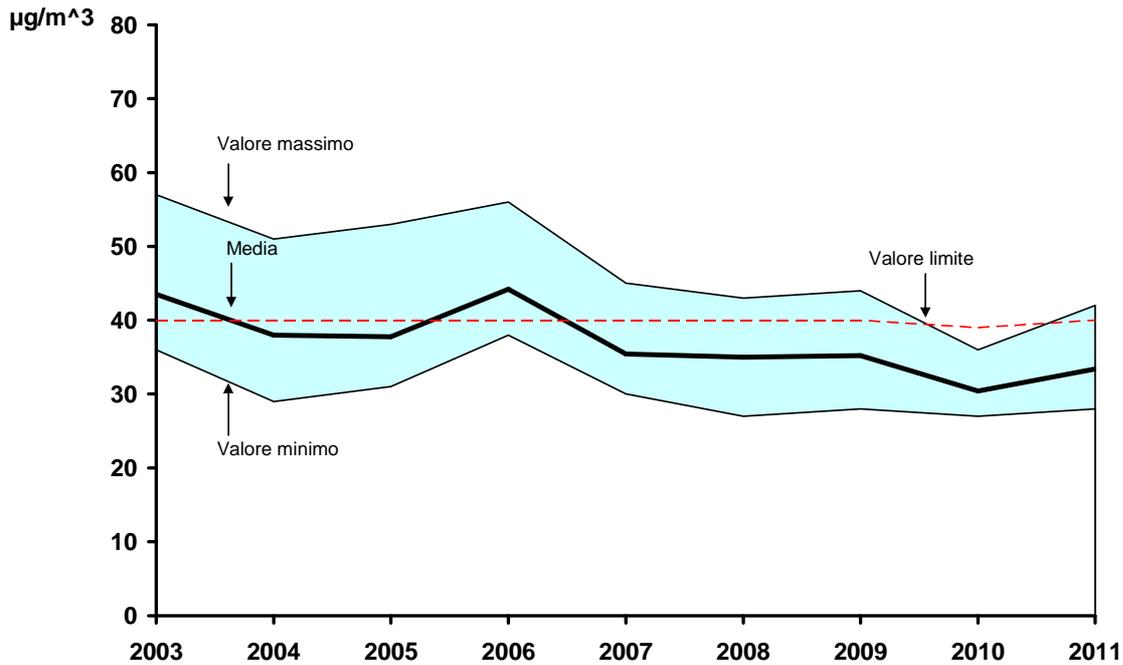


Figura 2) PM₁₀: Valore massimo, medio e minimo delle concentrazioni medie annue rilevate dalle centraline della provincia.

Nel 2010 anche la situazione dei superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m³ aveva subito un netto miglioramento e, per la prima volta dall'inizio delle misure, in due siti della provincia (Cuneo e Borgo San Dalmazzo) il loro numero era stato inferiore a 35, numero massimo consentito per anno civile dalla norma. Nel 2011 tutte le centraline della provincia hanno registrato un numero di superamenti maggiore di quello del 2010 e superiore al numero consentito, ma in linea con gli anni precedenti al 2010 (figura 3).

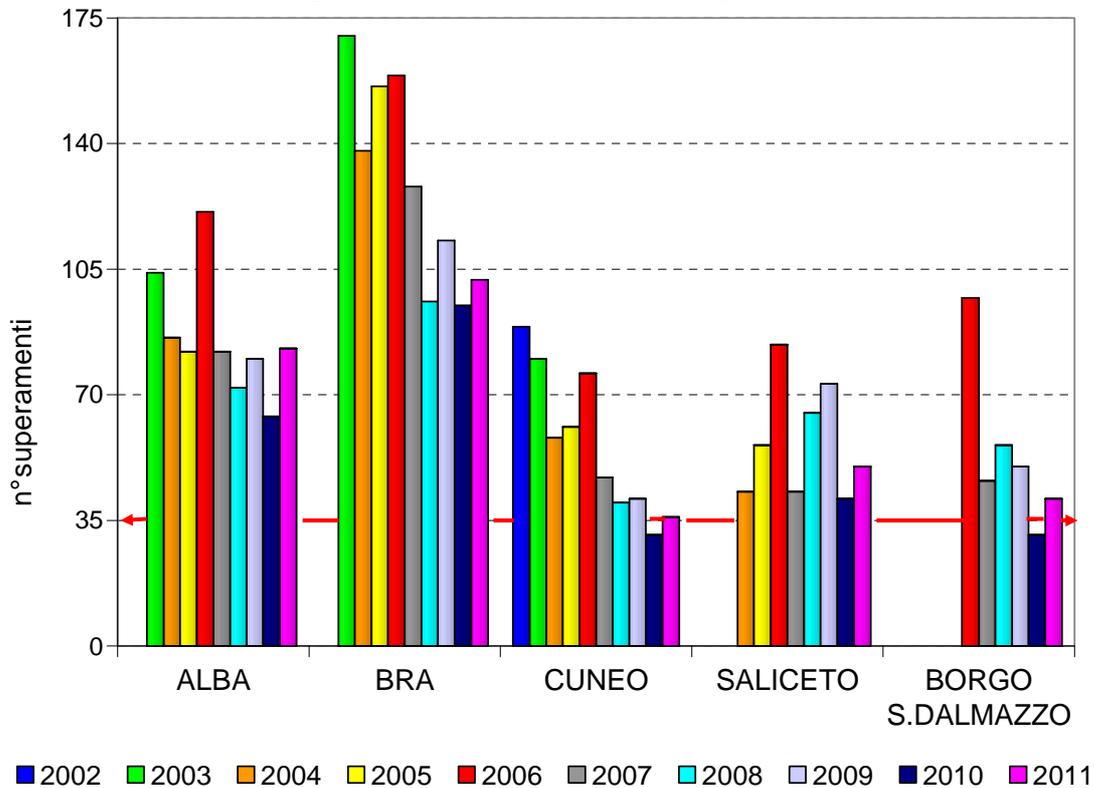


Figura 3) PM₁₀: numero di superamenti del limite giornaliero (anni con disponibilità dei dati >=90%).

A partire dai valori di ogni centralina è stata calcolata per ogni anno la media dei numeri di superamenti della rete provinciale e la figura 4 mostra come la situazione, nonostante il peggioramento del 2011 rispetto al 2010, stia complessivamente tendendo al miglioramento, con una regressione lineare negativa statisticamente significativa (al 95%), che mediamente corrisponde ad una riduzione di 6 superamenti all'anno.

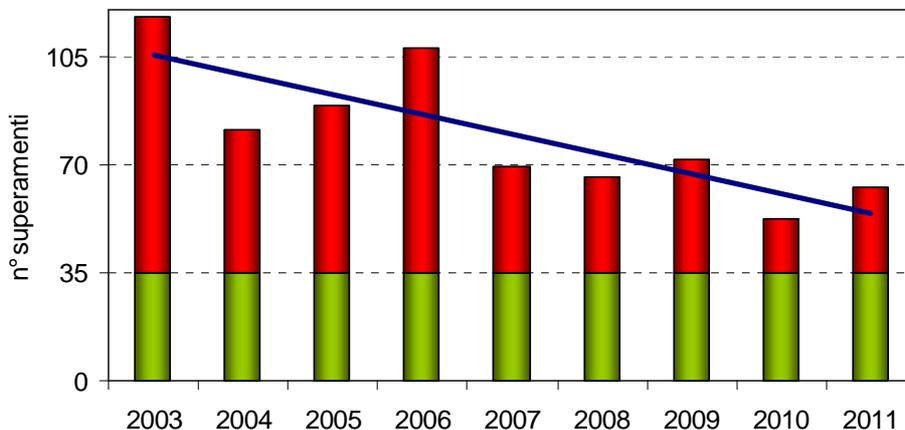


Figura 4) PM_{10} : numero medio di superamenti del limite giornaliero delle centraline della provincia (in rosso il numero di giorni che eccedono il massimo consentito).

Le distribuzioni dei valori delle concentrazioni medie giornaliere di PM_{10} , per ogni anno completo di funzionamento delle stazioni, sono rappresentate nella figura 5 utilizzando i diagrammi a scatola (box plot).

Il singolo box plot sintetizza la posizione dei circa 365 dati dell'anno: la scatola, che è il rettangolo centrale, contiene il 50% dei dati (compresi tra il 25° e il 75° percentile ²), la linea orizzontale al suo interno è la mediana e la sua posizione all'interno della scatola evidenzia l'eventuale asimmetria (solo in caso di distribuzione simmetrica media e mediana coincidono); i segmenti che escono dalla scatola, i "baffi", delimitano la zona al di fuori della quale i valori sono definiti outliers (anomali) e, nel caso dei PM_{10} , esprimono l'asimmetria della distribuzione dei dati.

Confrontando i box plots degli ultimi due anni si può osservare come, a parte Alba, per tutte le stazioni la distribuzione dei dati del 2011 sia molto simile rispetto a quella dell'anno precedente, e si differenzi in particolare solamente per un maggior numero di dati al di sopra del baffo superiore. La stazione di Alba presenta invece, rispetto al 2010, uno spostamento di tutto il box del 2011 verso concentrazioni più elevate, ovvero di tutti gli indicatori: mediana, 25°, 75° percentile e "baffo" superiore, e ritorna ad essere molto simile a quella del 2009.

Complessivamente per le stazioni di Bra, Borgo San Dalmazzo e Cuneo è possibile individuare nel grafico una tendenza negli anni alla diminuzione dei valori delle concentrazioni e, un'analisi dell'andamento dei valori medi annui di ciascuna di queste stazioni, evidenzia una regressione lineare negativa statisticamente significativa (al 95%) che, per Bra e Borgo San Dalmazzo corrisponde ad una riduzione annua di più di $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre per Cuneo ad una riduzione annua di circa $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

² Percentile di ordine k (P_k) è il numero che suddivide la successione dei valori ordinati in senso crescente in due parti, tali che i valori minori o uguali a P_k siano una percentuale uguale a k%. La mediana corrisponde al 50° percentile.

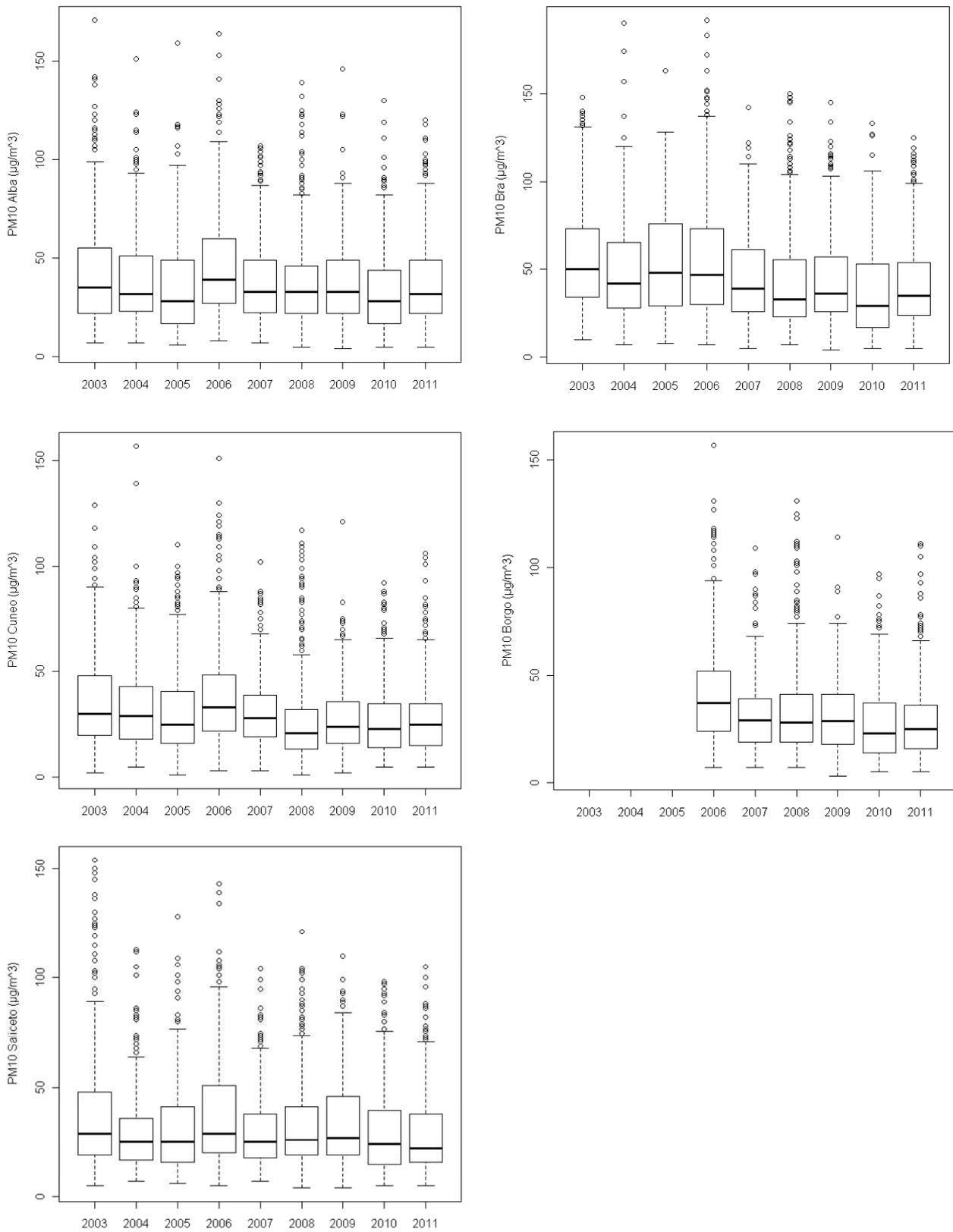


Figura 5) PM_{10} : box plots delle concentrazioni giornaliere di PM_{10} nelle centraline della provincia di Cuneo (sono stati considerati solo gli anni a partire dal 2003 con una percentuale di dati disponibili superiore al 90%)

Per avere un quadro della situazione dei PM₁₀ su tutto il Piemonte durante il 2011 possiamo fare riferimento alle figure delle pagine seguenti.

Medie annue e numero di superamenti del limite giornaliero dei PM₁₀ sono rappresentate con scale di colore sulla mappa regionale nelle figure 6 e 7. Le stazioni sono state suddivise per tipologia: le figure di sinistra riportano i dati delle stazioni di fondo, quelle di destra i dati di quelle di traffico.

Si osserva in primo luogo come, analogamente agli anni precedenti, i valori più elevati si concentrino nell'area metropolitana e nei siti prossimi alla pianura padana e come, soprattutto per questi siti, sia netta la differenza registrata tra le stazioni di fondo e quelle di traffico.

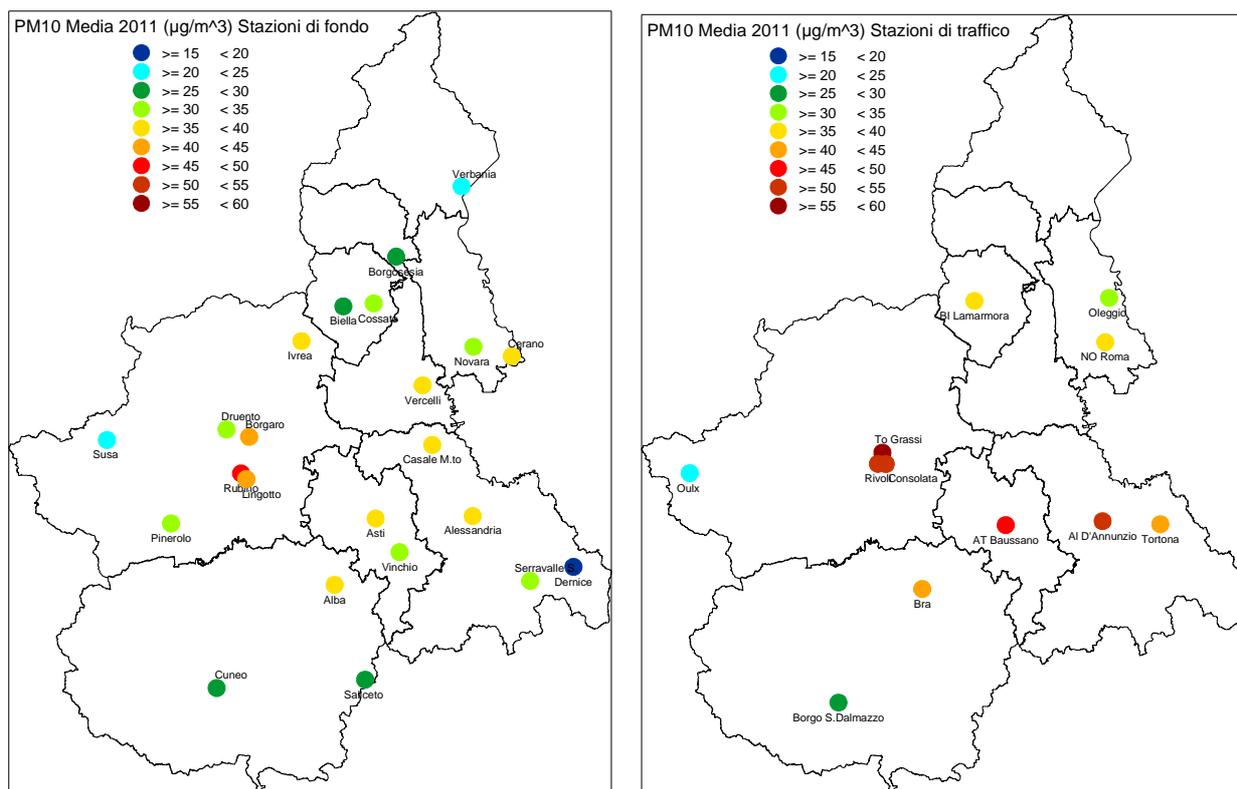


Figura 6) PM₁₀: concentrazioni medie dell'anno 2011 delle stazioni della Regione Piemonte di fondo (sinistra) e di traffico (destra)

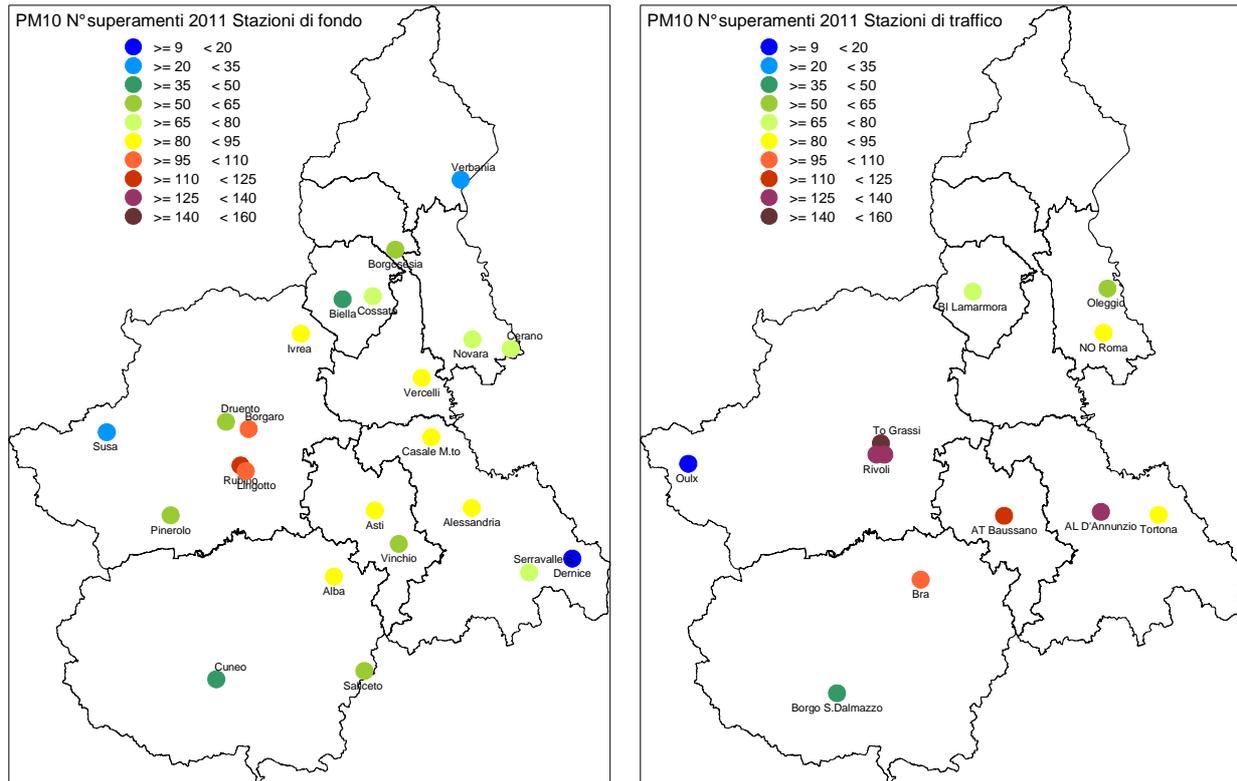


Figura 7) PM₁₀: numero di superamenti della concentrazione giornaliera di 50 µg/m³ dell'anno 2011 delle stazioni della Regione Piemonte di fondo (sinistra) e di traffico (destra)

Nei due grafici che seguono, sono raffigurate, in ordine decrescente, le concentrazioni medie e il numero di superamenti delle stazioni della rete regionale dell'anno 2011; vicino al nome delle stazioni è indicata la tipologia della stazione e delle caratteristiche della zona in cui essa è posizionata e, tra parentesi, i corrispondenti valori relativi agli anni 2009 e 2010.

Dal confronto con i valori dell'anno 2010, si evidenzia nel 2011 un peggioramento che, fatte poche eccezioni, è comune a tutto il territorio regionale: complessivamente la situazione torna ad essere molto più simile a quella del 2009. Sei centraline che nel 2010 erano riuscite a rispettare il limite sulla media annuale, sono tornate al di sopra dei 40 µg/m³ nel 2011 (figura 8). Il numero di superamenti del limite giornaliero è aumentato nella maggior parte delle stazioni, e sono nuovamente "rare" quelle che rispettano i 35 superamenti annui, infatti le stazioni che nel 2010 per la prima volta avevano rispettato il limite sono tornate a superarlo nel 2011 (figura 9).

Considerando la disposizione nel grafico delle stazioni della nostra provincia (indicate in arancione) rispetto alle altre stazioni regionali, emerge come, a differenza degli anni precedenti, in cui apparivano tutte ben distribuite all'interno dell'intervallo definito dalla rete regionale, le stazioni di Saliceto, Cuneo e Borgo San Dalmazzo si concentrano nella parte destra del grafico ovvero tra le stazioni con valori più bassi.

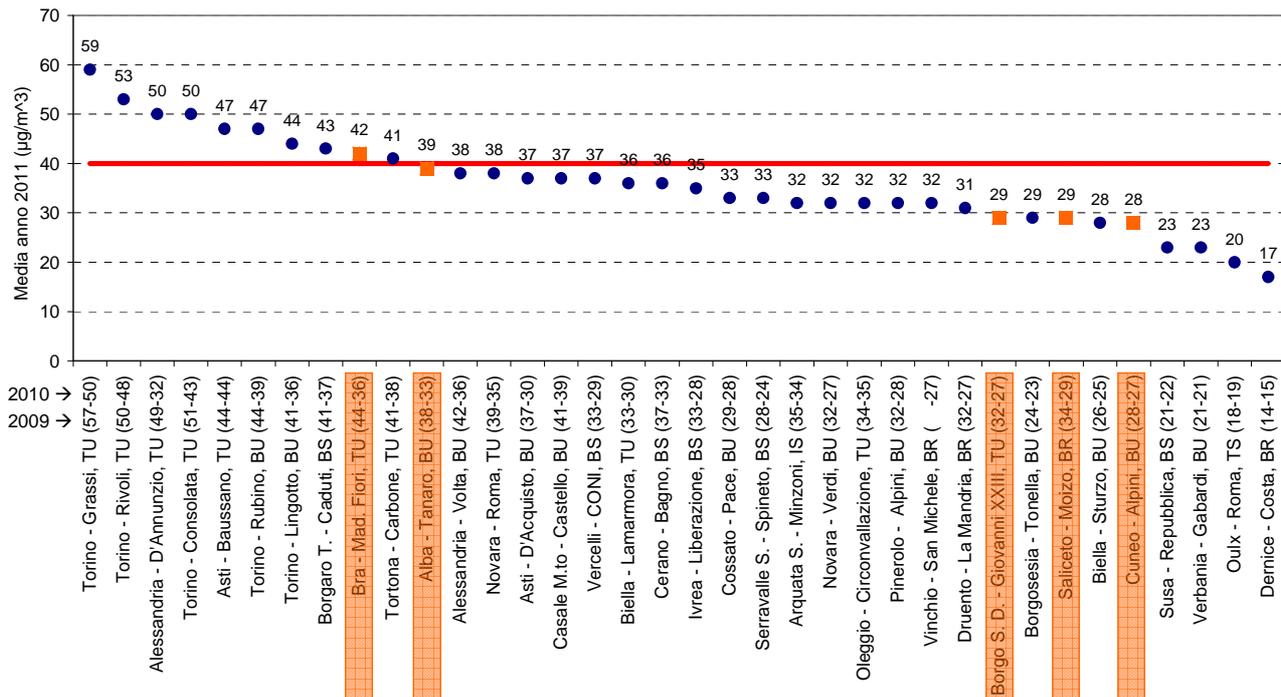


Figura 8) PM_{10} : concentrazioni medie nelle centraline della regione nel 2011 in ordine decrescente (sulle ascisse, dopo il nome è indicata la tipologia della stazione e le caratteristiche della zona: TU=Traffico Urbana, BU=Background Urbana, TS=Traffico Suburbana, BS=Background Suburbana, BR= Background Rurale, IS= Industriale Suburbana; tra parentesi, le concentrazioni medie del 2009 e del 2010; evidenziate in arancione le centraline della provincia di Cuneo).

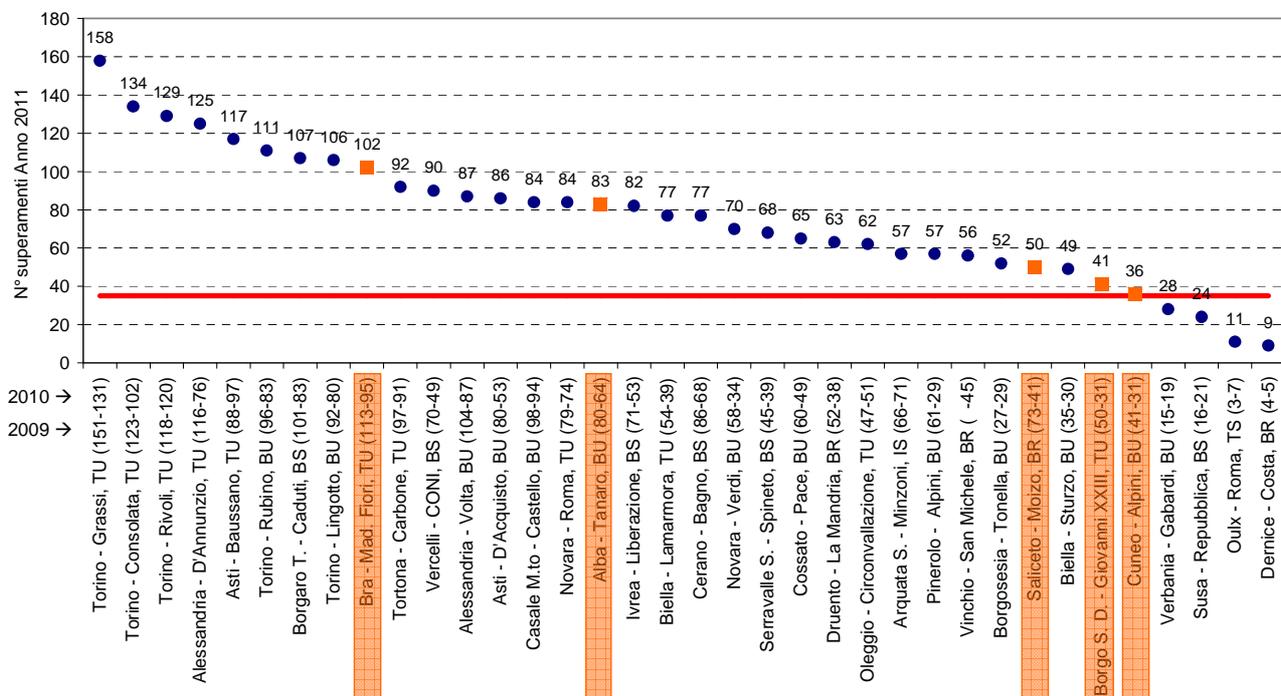


Figura 9) PM_{10} : numero di superamenti del limite giornaliero nelle centraline della regione nel 2011 in ordine decrescente (sulle ascisse dopo il nome è indicata la tipologia della stazione e le caratteristiche della zona: TU=Traffico Urbana, BU=Background Urbana, TS=Traffico Suburbana, BS=Background Suburbana, BR= Background Rurale, IS= Industriale Suburbana; tra parentesi, il numero di superamenti del 2009 e del 2010; evidenziate in arancione le centraline della provincia di Cuneo).

Come già analizzato nelle relazioni dei precedenti anni, nel seguito andremo a considerare le informazioni disponibili relative alle precipitazioni atmosferiche, eventi determinanti per la rimozione degli inquinanti ed in particolare del particolato atmosferico.

Considerazioni sulle precipitazioni che si sono verificate su tutto il Piemonte nel corso del 2011 si possono trarre dal documento "Il clima in Piemonte nel 2011"³. Le principali informazioni che si desumono sono che nell'anno appena trascorso le precipitazioni cumulate sono essenzialmente in media con la norma climatica (-4%). Le considerazioni più interessanti si possono tuttavia trarre se si analizza la distribuzione della pioggia nel corso dell'anno. Infatti tutto l'apporto precipitativo è stato concentrato in pochi ed intensi episodi a metà marzo, nella prima decade di giugno, a luglio e, soprattutto, durante l'evento alluvionale del 3-8 novembre. Episodio, quest'ultimo, che ha contribuito quasi per intero all'apporto pluviometrico autunnale e, senza il quale, la cumulata annua sulla regione si sarebbe attestata ben al di sotto della norma climatica (circa il 30% in meno). Le anomalie percentuali rispetto alla norma 1971-2000 delle precipitazioni di ciascun mese del 2011 sono riportate nella tabella seguente estratta dal documento citato.

| | Anomalia(°%) | Posizione | % record | Luogo | Data | °C |
|-----------|--------------|-----------------|----------|-----------------------|-------------|-------|
| Gennaio | -60 | 15° più secco | 0.6 | | | |
| Febbraio | -27 | 23° più secco | 2.4 | | | |
| Marzo | +82 | 8° più piovoso | 41.0 | Bielmonte (TO) | 16-Mar-2011 | 128.0 |
| Aprile | -70 | 5° più secco | 0 | | | |
| Maggio | -62 | 3° più secco | 0 | | | |
| Giugno | +87 | 3° più piovoso | 23.9 | Sauze Cesana (TO) | 02-Giu-2011 | 101.4 |
| Luglio | +101 | 3° più piovoso | 23.9 | Cavallaria (TO) | 13-Lug-2011 | 160.6 |
| Agosto | -50 | 5° più secco | 0.7 | | | |
| Settembre | -30 | 25° più secco | 0.7 | | | |
| Ottobre | -66 | 11° più secco | 0.7 | | | |
| Novembre | +218 | 4° più piovoso | 43.9 | Piani di Carrega (AL) | 04-Nov-2011 | 275.2 |
| Dicembre | -62% | 7 più secco | 1.9 | | | |
| Anno | -4% | 20° più piovoso | 12.7 | Piani di Carrega (AL) | 04-Nov-2011 | 275.2 |

Tab 3 - Precipitazioni cumulate medie mensili in Piemonte. Per ciascun mese è riportata l'anomalia percentuale dalla norma 1971-2000, la posizione relativa rispetto al mese corrispondente più secco o più piovoso dell'intera serie storica, la percentuale di stazioni meteorologiche che hanno fatto registrare il loro record di precipitazione cumulata giornaliera ed infine dove e quando si è osservato il valore più intenso. In rosso (secco) o blu (piovoso) i mesi nelle prime 10 posizioni storiche, in grassetto quelli tra i primi tre.

A differenza del 2011 l'anno 2010 aveva visto⁴ delle precipitazioni nettamente superiori alla media climatologica di riferimento (1971-2000), risultando l'ottavo anno più piovoso degli ultimi 50 anni, dopo il 1975 e prima del 1994, con anomalie positive di precipitazione rispetto ai quindici anni del periodo 1991-2005 su tutte le stazioni di riferimento per i capoluoghi di provincia. Le anomalie maggiori erano state registrate nelle zone a nord del Po, in particolare nelle zone del torinese, del verbanese e del biellese, dove i valori di pioggia cumulati erano stati superiori del 50-60% ai valori climatologici.

³ "Il clima in Piemonte nel 2011". Sistemi previsionali – Arpa Piemonte, 16 gennaio 2012

⁴ "Il clima in Piemonte nel 2010". Sistemi previsionali – Arpa Piemonte, 19 gennaio 2011

Le precipitazioni erano state più abbondanti della norma a partire da metà giugno in poi. In particolare la pioggia dei mesi di Novembre e Dicembre aveva contribuito a determinare l'anomalia annuale.

Relativamente al solo territorio della nostra provincia sono state valutate le precipitazioni registrate dal 2002 al 2011, utilizzando i dati acquisiti nelle stazioni meteorologiche di Cuneo, Saliceto, Bra e Fossano⁵.

Oltre alla quantità di precipitazione cumulata, sono stati calcolati il numero di giorni di pioggia e in particolare i giorni con precipitazioni cumulate di almeno 5 mm, che si è riscontrato essere un valore al di sopra del quale i fenomeni di rimozione dovuti alle precipitazioni sono, con buona probabilità, efficaci.

Dall'esame dei dati annui delle singole stazioni meteorologiche riportati in figura 10 si osserva che, rispetto al 2010, la riduzione del numero di giorni con precipitazioni di almeno 5 mm si è verificata ovunque ed è stata particolarmente consistente a Cuneo, anche rispetto a tutto il triennio 2008-2010. Nel 2011 è anche riscontrabile una riduzione della precipitazione cumulata in tutti i siti, soprattutto se si considera che la parte puntinata sul grafico rappresenta la pioggia cumulata nei giorni dal 3 al 9 novembre 2011, giorni di precipitazioni particolarmente intense che hanno portato a fenomeni alluvionali nel nord-ovest italiano (con contributi alla pioggia cumulata nell'intero anno che vanno dal 25% a Bra al 40% a Saliceto).

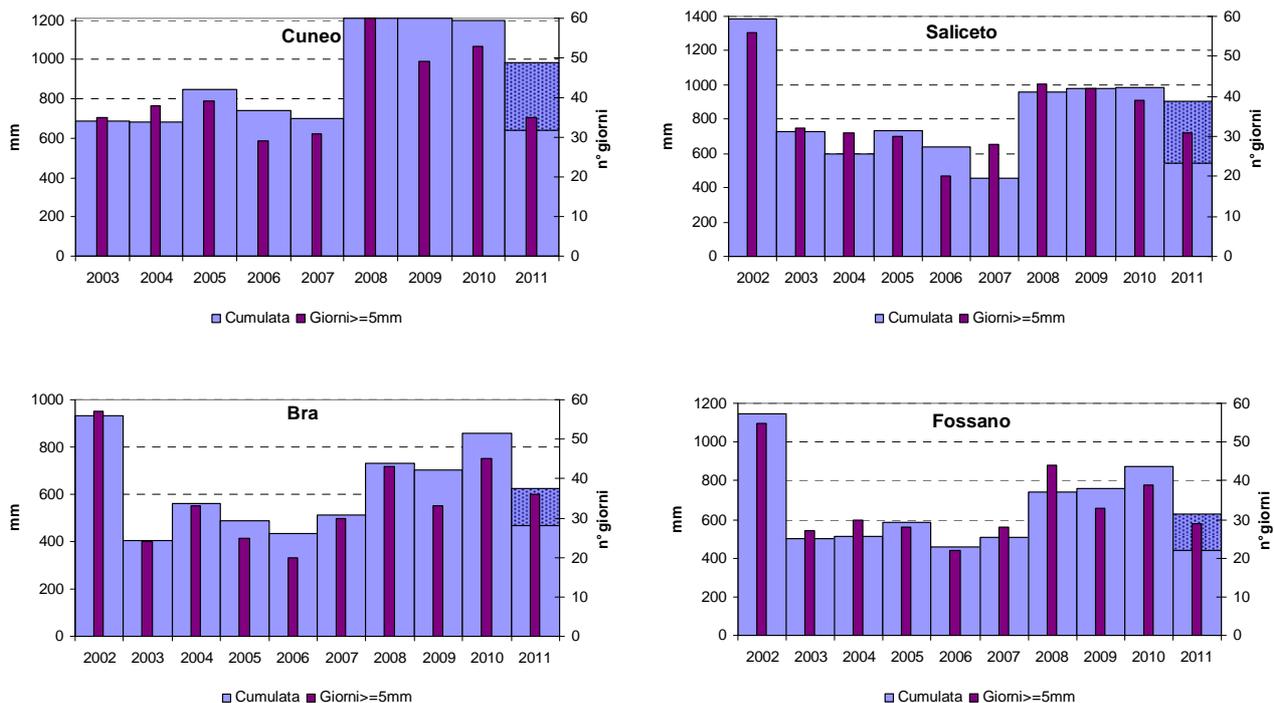


Figura 10) Valori annui della precipitazione cumulata e del numero di giorni con precipitazioni superiori a 5 mm (le medie annuali di Cuneo iniziano con il 2003 in quanto la stazione meteorologica è stata attivata nel giugno 2002)

Nei quattro grafici seguenti sono raffigurati, suddivisi in trimestri per il periodo dal 2003 al 2011, il numero medio di superamenti del limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ delle centraline della provincia e il numero di giorni con precipitazioni cumulate di almeno 5 mm. Le due grandezze paiono particolarmente (anti)correlate durante l'ultimo trimestre di ogni anno,

⁵ Stazioni del sistema di monitoraggio meteorologico della Regione Piemonte di Cuneo Camera di Commercio (cod. S2891), Bra (cod. 317), Fossano (cod. 323) e Saliceto Bergalli (cod. 325)

come se in questo periodo dell'anno fosse la precipitazione la forzante dominante. Confrontando gli ultimi due anni le maggiori differenze si riscontrano proprio sull'ultimo trimestre, in particolare nel 2011 il numero di giorni di precipitazioni risulta dimezzato rispetto al 2010 e il numero di giorni di superamento quasi raddoppiato.

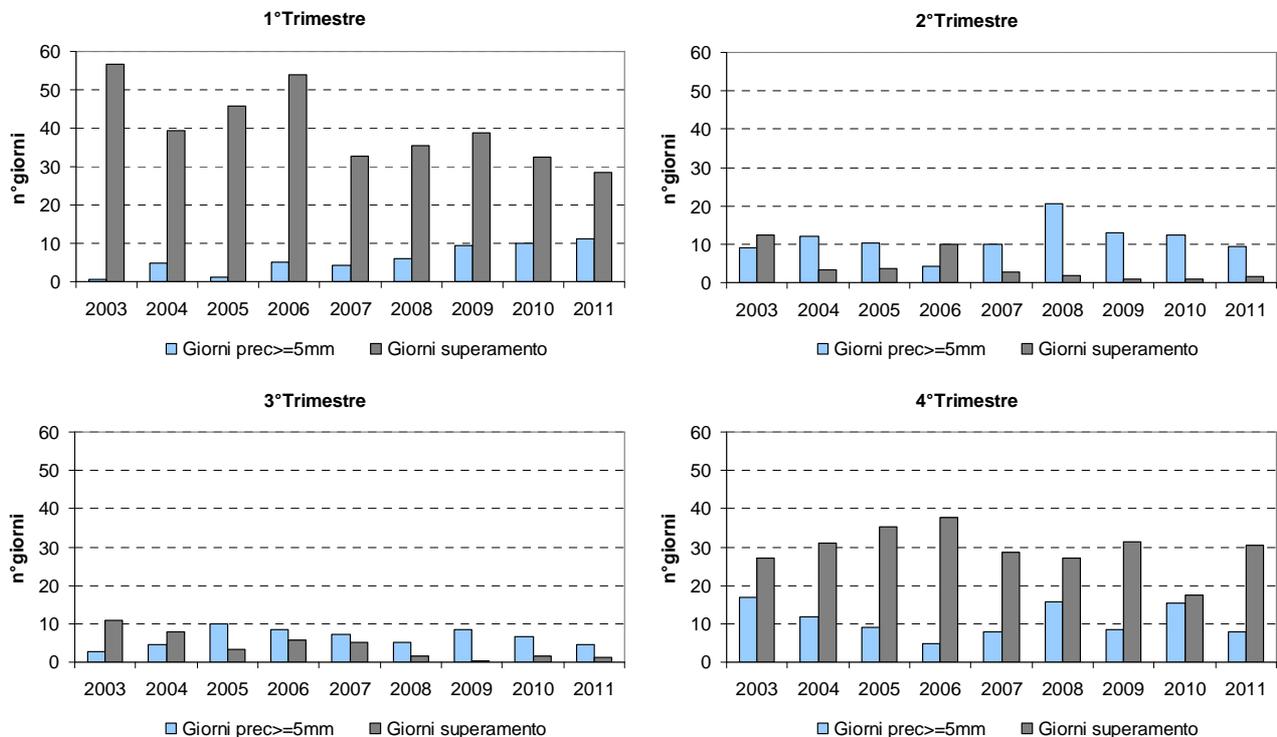


Figura 11) Media provinciale del numero di giorni con superamento del limite giornaliero per i PM₁₀ e numero di giorni con precipitazioni cumulate di almeno 5 mm (dalla media delle stazioni meteo di Cuneo, Bra, Fossano e Saliceto).

In conclusione si può affermare che il fatto che le precipitazioni del 2011 si siano concentrate in pochi ed intensi episodi, ha sicuramente determinato un minor numero di eventi di rimozione delle polveri sottili rispetto all'anno precedente in cui, non solo nella nostra provincia bensì in tutto il Piemonte, si erano verificate precipitazioni nettamente superiori alla media climatologica.

Si conferma pertanto, ancora una volta, come le condizioni meteorologiche siano forzanti decisive nel determinare le variazioni tra i singoli anni dei livelli raggiunti dell'inquinamento da polveri sottili. Ciononostante se, come riscontrato (es. figura 4), la situazione sta complessivamente tendendo ad un miglioramento, indubbiamente il merito si può attribuire al percorso virtuoso intrapreso negli anni nel contenimento delle emissioni in atmosfera nel loro complesso.

PM_{2.5}

Il 2011 è stato il primo anno completo di dati per la frazione PM_{2.5}, misurata a partire dal 1° maggio 2010, nelle due centraline di monitoraggio della rete provinciale di Cuneo e Saliceto. Nei grafici delle figure sottostanti sono riportate le concentrazioni medie mensili e la media annuale relativa a ciascun sito; per entrambe le centraline si è verificato il rispetto del limite normativo di 25 µg/m³ stabilito per la media annua (indicato con la linea azzurra).

Al fine di un primo e immediato confronto, nelle figure oltre ai dati del PM_{2.5} sono state aggiunte le concentrazioni medie mensili ed annuali del PM₁₀, si rimandano però le considerazioni in merito al rapporto tra le due frazioni delle polveri alla sezione di approfondimento.

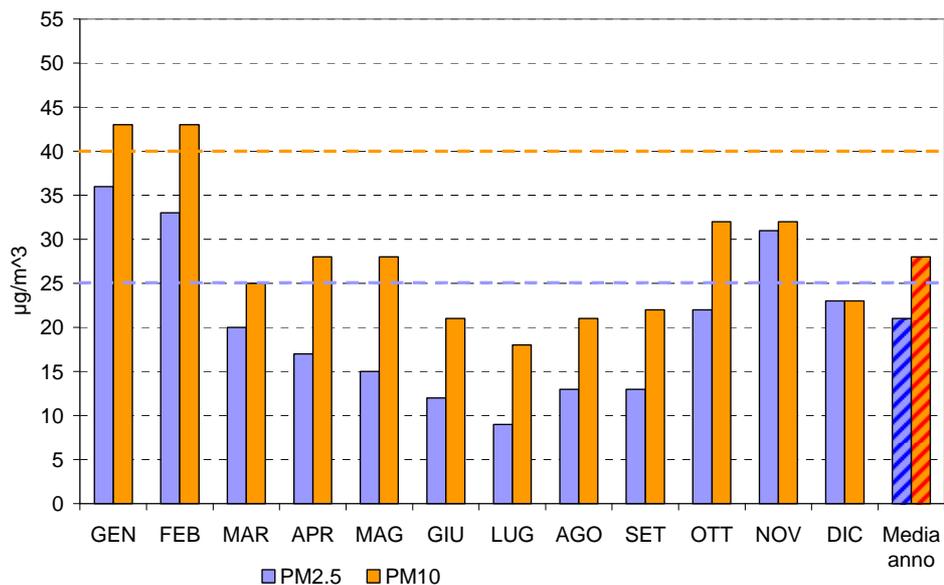


Figura 12) centralina di Cuneo - anno 2011: valori medi mensili e media annuale del PM_{2.5} e PM₁₀

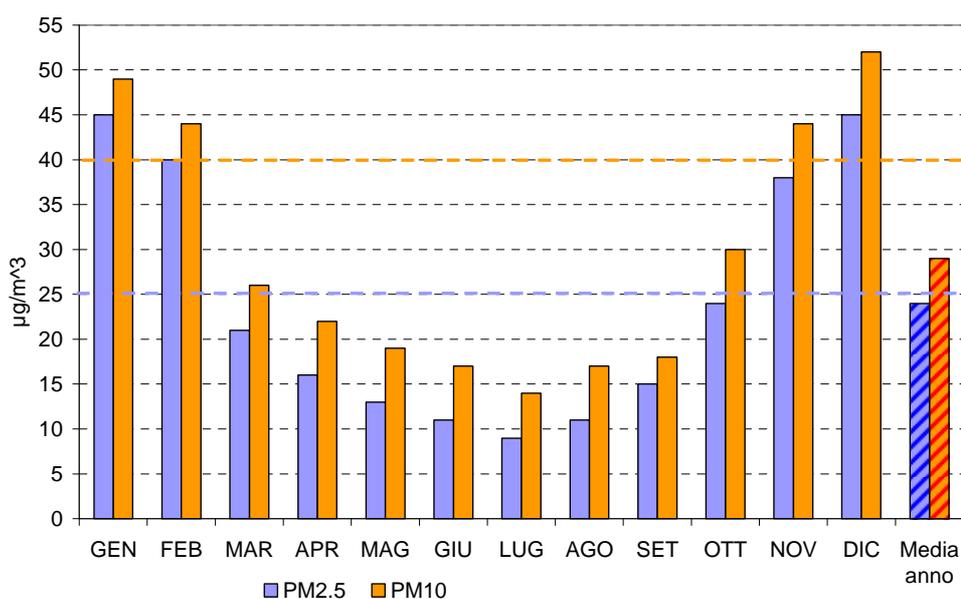


Figura 13) centralina di Saliceto - anno 2011: valori medi mensili e media annuale del PM_{2.5} e PM₁₀

Biossido di azoto – NO₂

Dal confronto delle medie annue di biossido di azoto rilevate nelle centraline della provincia dall'inizio delle misurazioni (figura 14) si osserva come la situazione, nettamente migliorata nel 2008 (anno a partire dal quale non si sono più verificati superamenti del limite annuale), non presenti per questo inquinante variazioni sostanziali nel 2011 rispetto all'anno precedente.

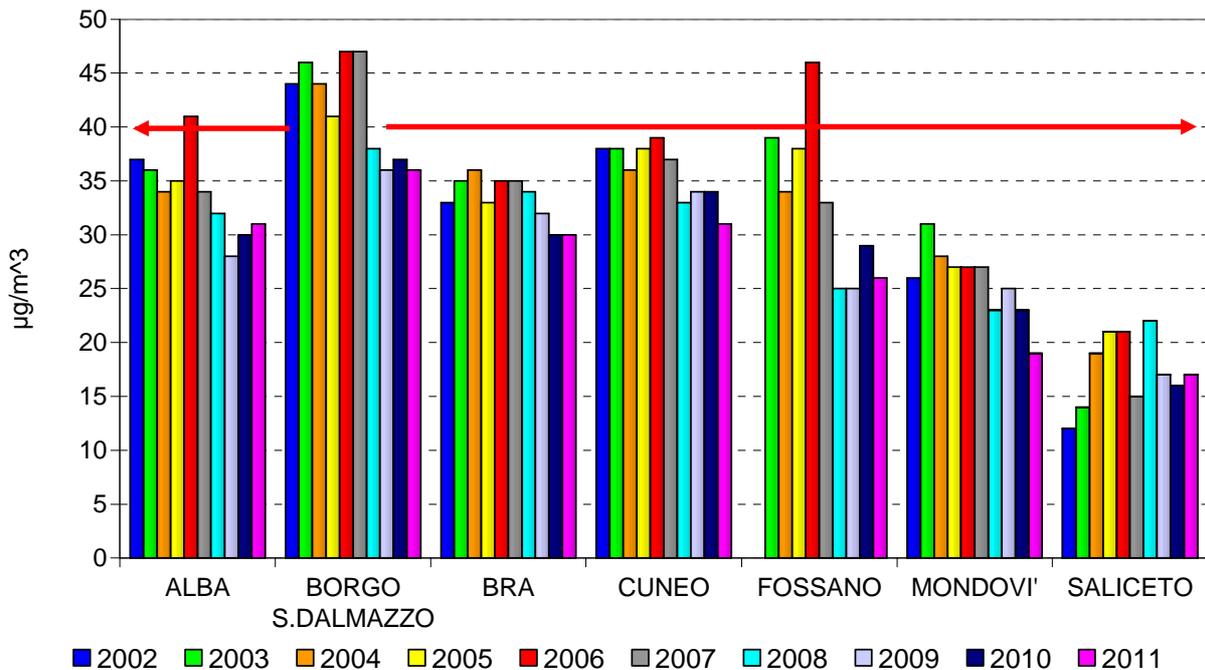


Figura 14) NO₂: concentrazione media annua.

Anche per questo parametro che, insieme al PM₁₀ risulta tra i più critici del periodo invernale, è stata rappresentata, con il grafico della figura successiva, la variazione nel tempo del range di valori all'interno del quale si trovano le medie annue rilevate dalle centraline, allo scopo di illustrare in modo più immediato la concentrazione di NO₂ incidente sul territorio provinciale. Da questo grafico si vede bene come la situazione, nettamente migliorata nel 2008, si sia poi pressoché stabilizzata.

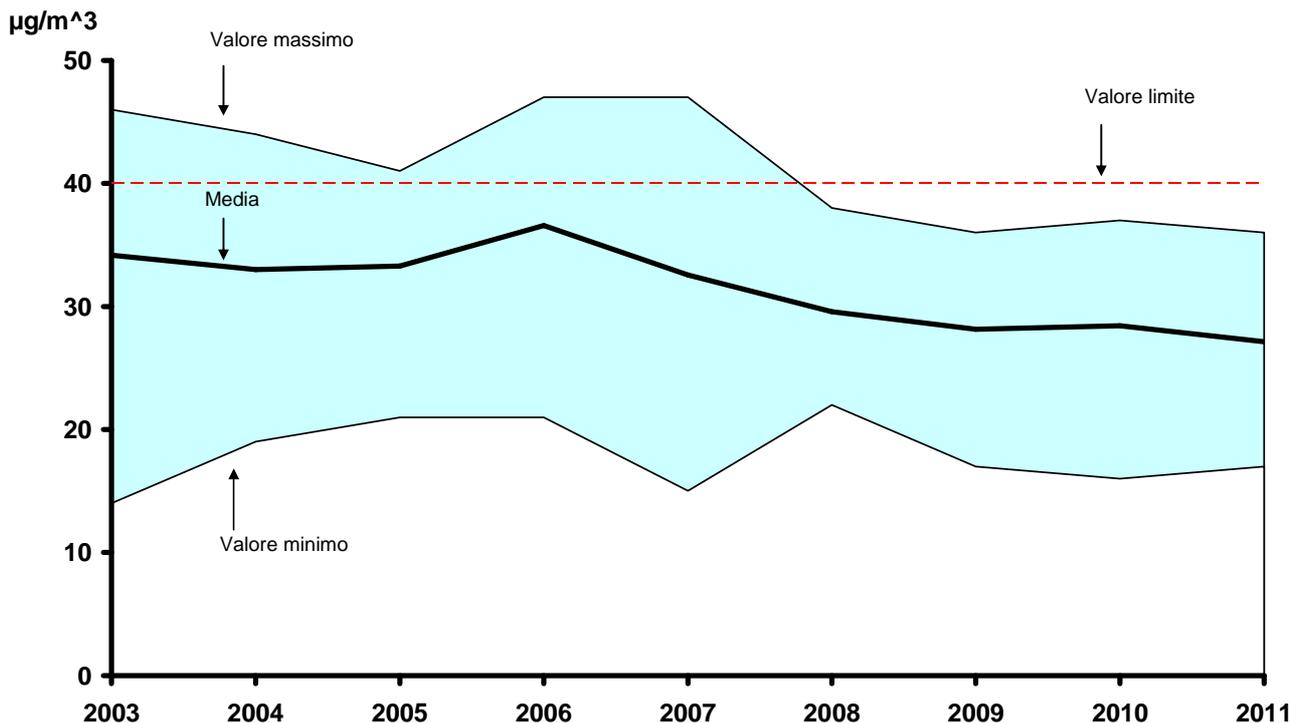


Figura 15) NO₂: Valore massimo, medio e minimo delle concentrazioni medie annue rilevate dalle centraline della provincia.

Nella figura 16 sono riportate le massime concentrazioni orarie registrate dal 2002, per le quali non si può parlare di trend poiché sono riferite a situazioni particolari e contingenti, si può comunque osservare che i valori, a parte un'anomalia di Fossano nel 2006, sono sempre rimasti inferiori al limite per tutte le centraline.

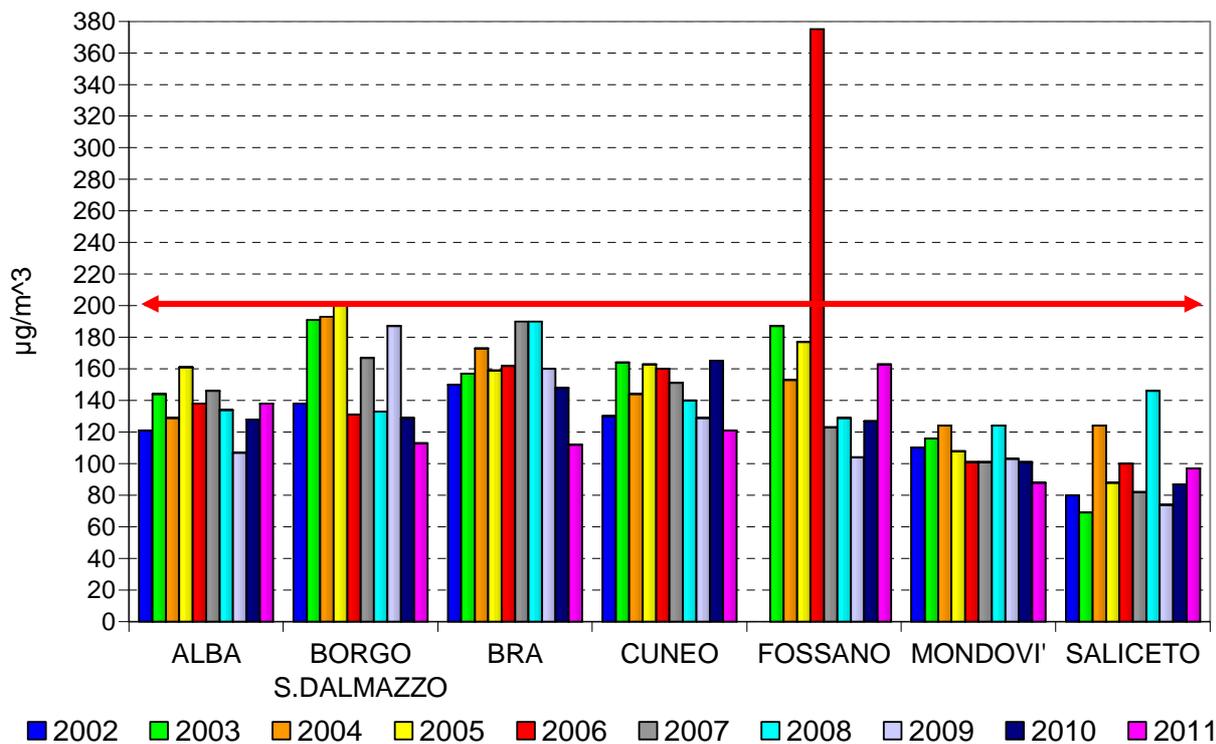


Figura 16) NO₂: massima concentrazione media oraria

Le medie mobili su 30 giorni delle concentrazioni medie giornaliere di NO₂, registrate dal 2002 ai primi mesi del 2012 dalle diverse centraline e rappresentate nel grafico di figura 17 mostrano, a partire dal 2009, un andamento comune a tutti i siti: valori massimi nei primi mesi dell'anno che diminuiscono nei mesi estivi per tornare a valori massimi nei mesi autunnali, con poche variabilità, che si ritiene possano indicare anche per il 2011 l'assenza di prolungati periodi caratterizzati da condizioni meteorologiche avverse alla dispersione e l'assenza di sorgenti locali particolarmente influenti; mentre nei primi mesi del 2012 è evidente in tutte le stazioni, ad esclusione di Mondovì e Saliceto, un picco nelle concentrazioni, che si può ragionevolmente attribuire al brusco calo della temperatura che ha caratterizzato i primi quindici giorni di febbraio e al conseguente maggior utilizzo degli impianti di riscaldamento.

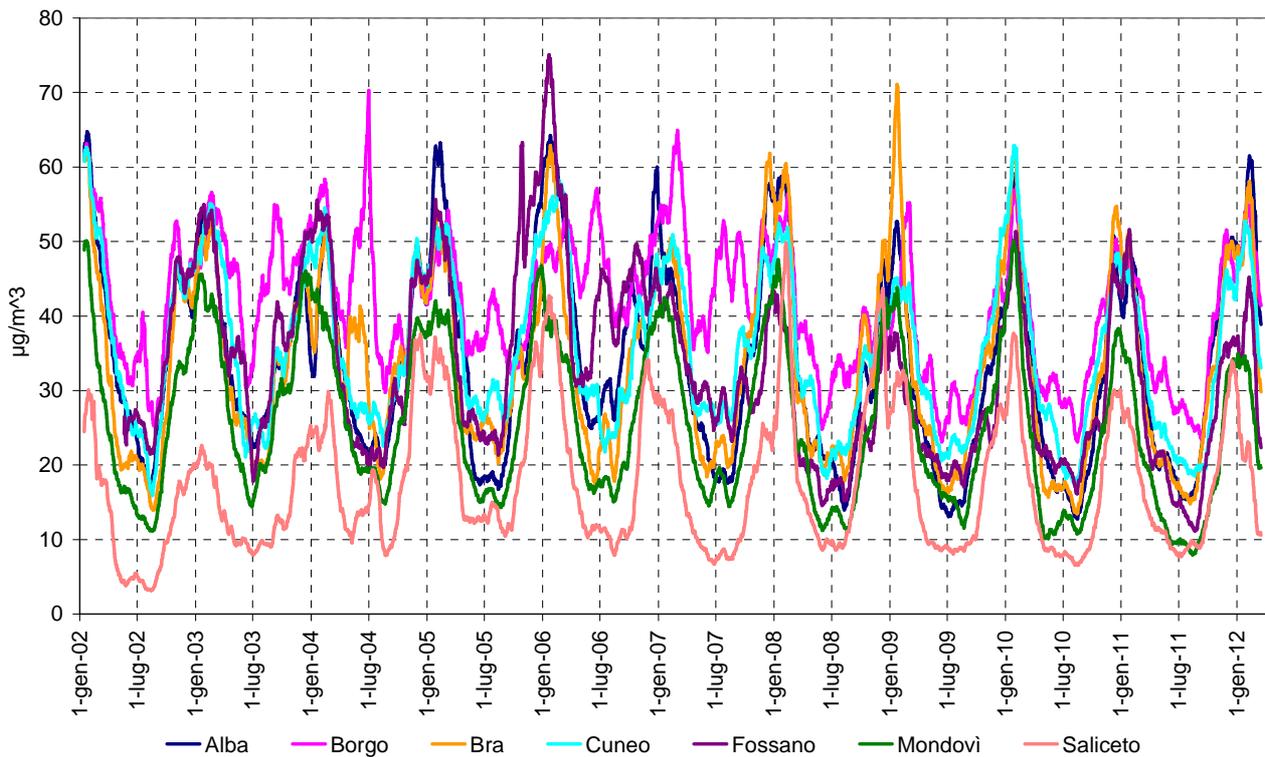
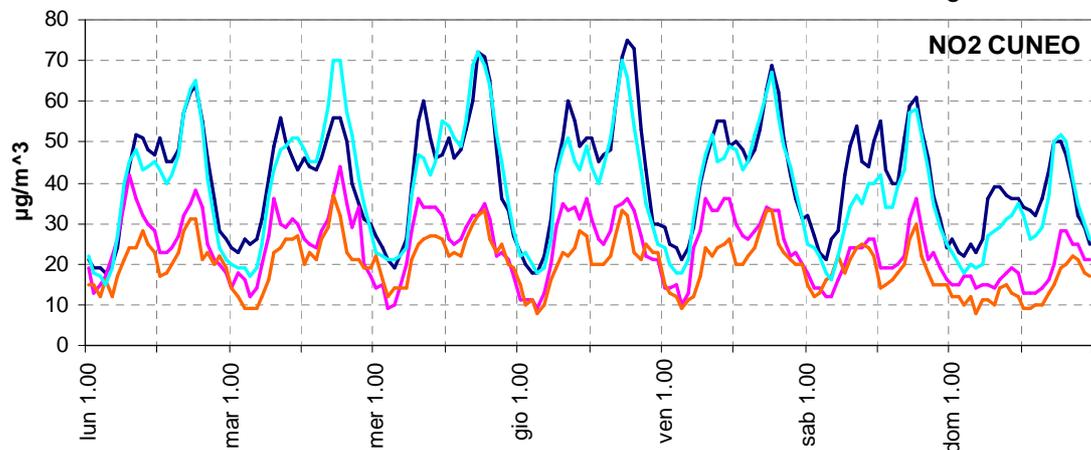
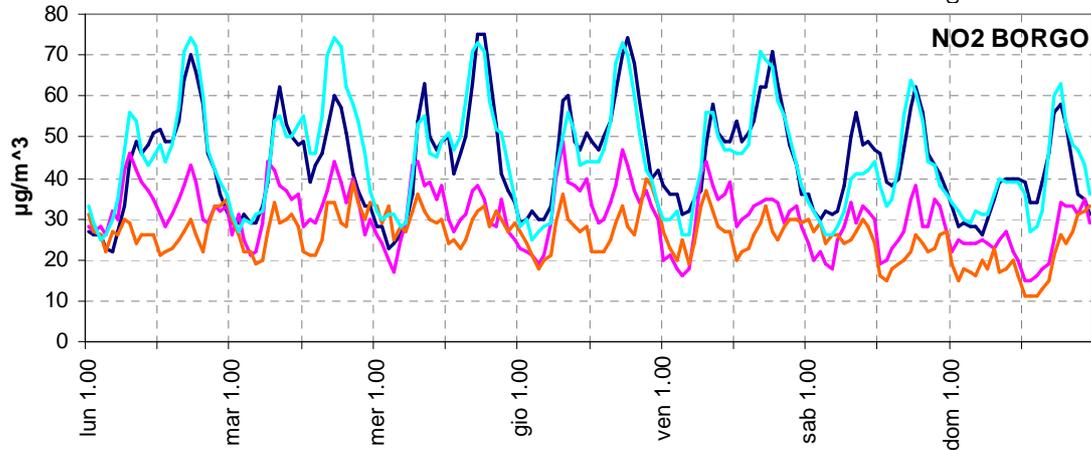
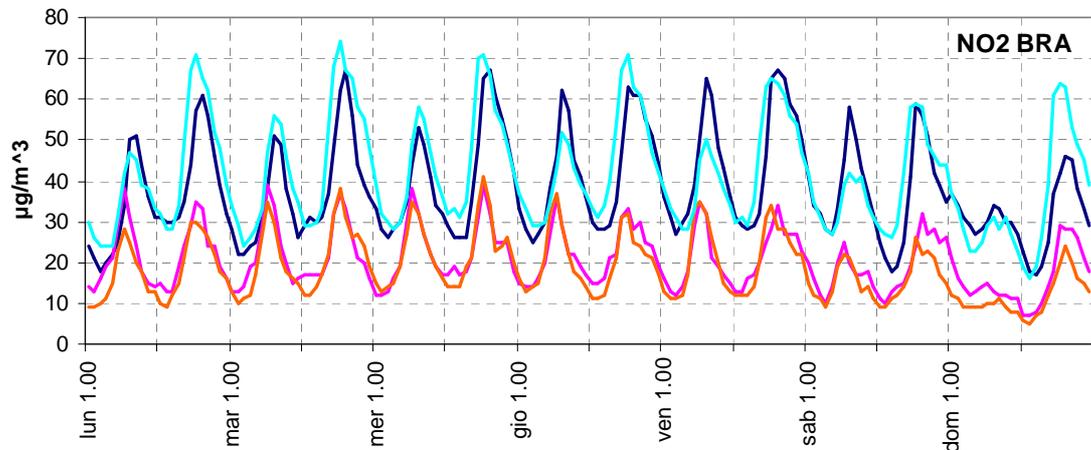
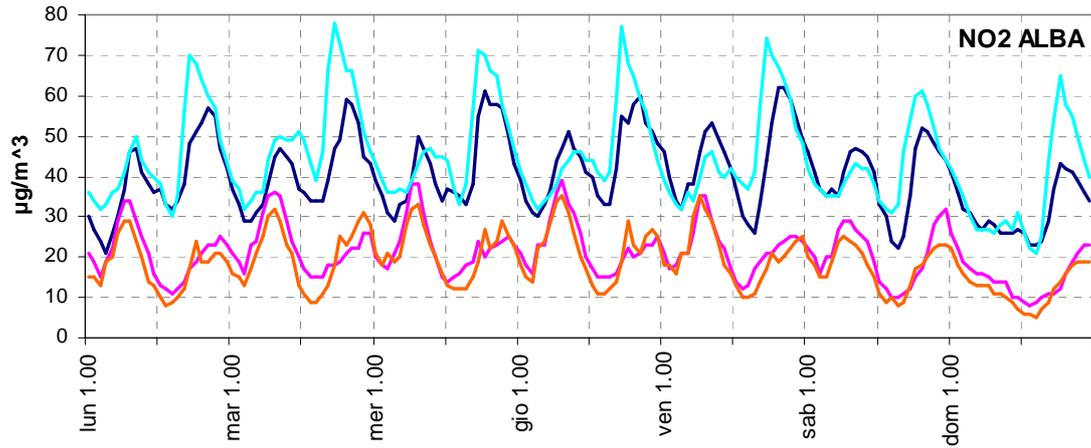


Figura 17) NO₂: medie mobili su 30 giorni delle concentrazioni giornaliere registrate nei diversi siti della provincia.

Siccome degli ossidi di azoto si dispone delle medie orarie, sono state calcolate le "settimane tipo" su base oraria di ogni stazione, suddividendo i dati del 2011 in trimestri e mediando i dati rilevati alla stessa ora di ciascun giorno (figura 18). In tal modo è possibile individuare eventuali variazioni ricorrenti delle concentrazioni in particolari ore dei diversi giorni della settimana.

Le concentrazioni dei due trimestri più caldi sono, in generale, decisamente inferiori a quelle dei due trimestri di inizio e fine anno.

Per questo inquinante sono ben visibili le modulazioni orarie delle concentrazioni legate direttamente alle attività antropiche, con picchi evidenti coincidenti con le ore di punta del traffico, concentrati generalmente intorno alle ore 8-9 del mattino e 19-20 di sera, ed in taluni casi anche intorno alle ore 12-13 (si noti che i grafici sono riferiti all'ora solare) e si evidenziano andamenti molto differenti durante le domeniche.



— 1°trimestre — 2°trimestre — 3°trimestre — 4°trimestre

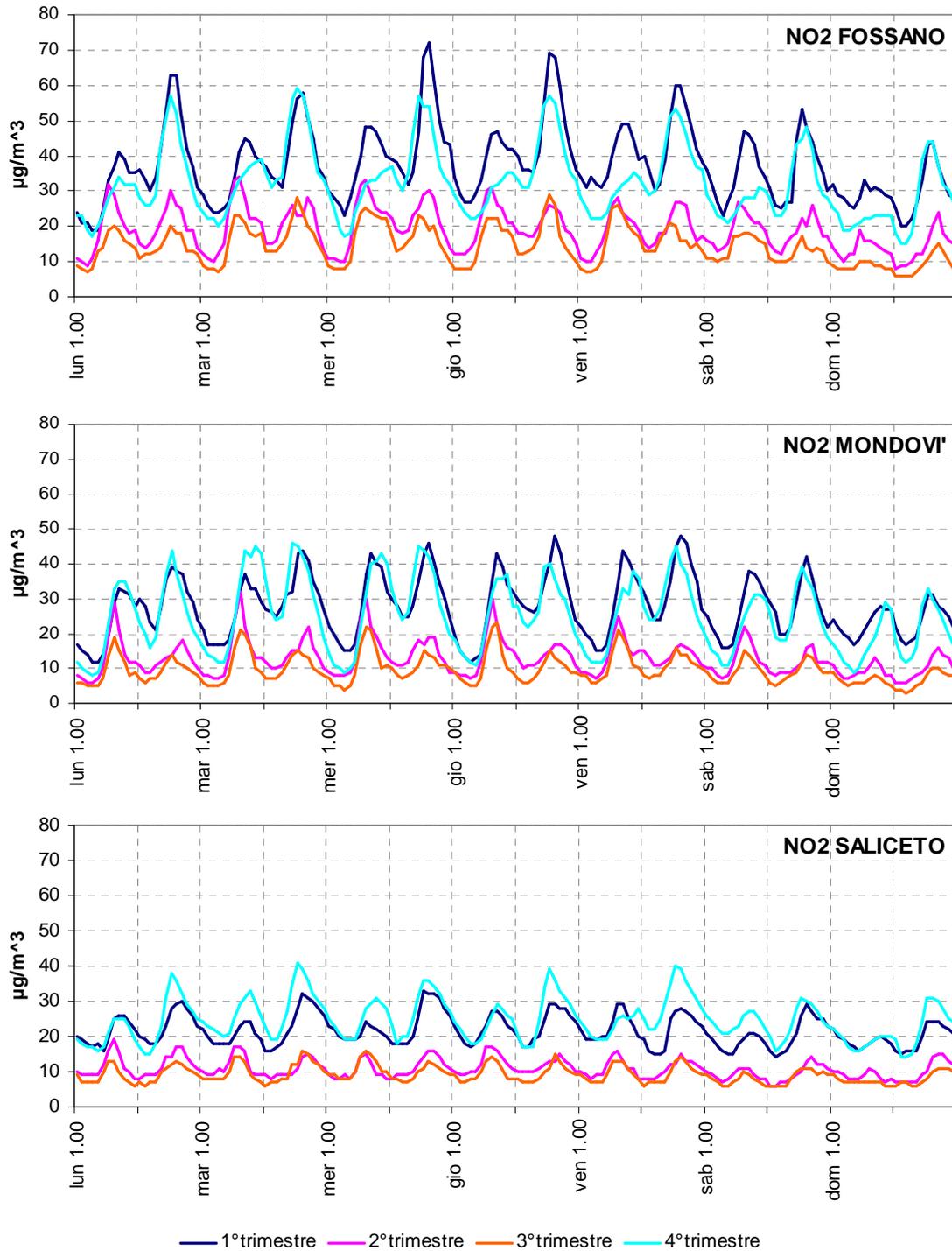


Figura 18) NO₂: media per ora per ogni giorno della settimana di ogni centralina di monitoraggio suddivise per i trimestri del 2011.

Le concentrazioni medie rilevate nel 2011 in tutte le stazioni delle rete regionale che hanno ottenuto più del 90% di dati validi sono rappresentate nella figura 19 in ordine decrescente. L'indicazione della tipologia di stazione e delle caratteristiche della zona in cui essa è posizionata, consente di osservare come le concentrazioni più elevate, e i superamenti del limite normativo, si siano verificate essenzialmente in stazioni di traffico poste in zona urbana.

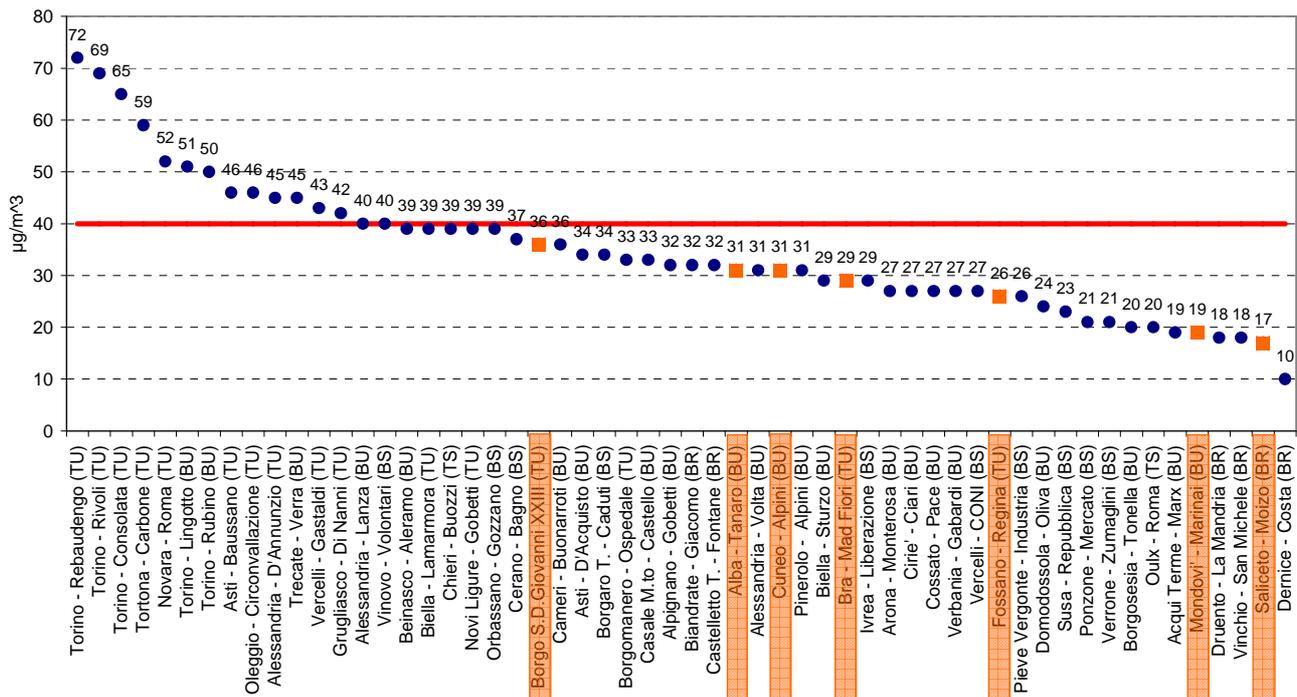


Figura 19) NO₂: concentrazioni medie nelle centraline della regione nel 2011 (in ordine decrescente - - evidenziate in arancione le centraline della provincia di Cuneo - sulle ascisse, tra parentesi, la tipologia della stazione e le caratteristiche della zona: TU=Traffico Urbana, BU=Background Urbana, TS=Traffico Suburbana, BS=Background Suburbana, BR= Background Rurale).

La distribuzione spaziale di questi valori, rappresentata nella figura 20, permette di verificare come, a differenza delle polveri sottili, gli ossidi di azoto siano inquinanti locali, in quanto a causa della loro breve vita media subiscono processi di trasporto a scala spaziale limitata.

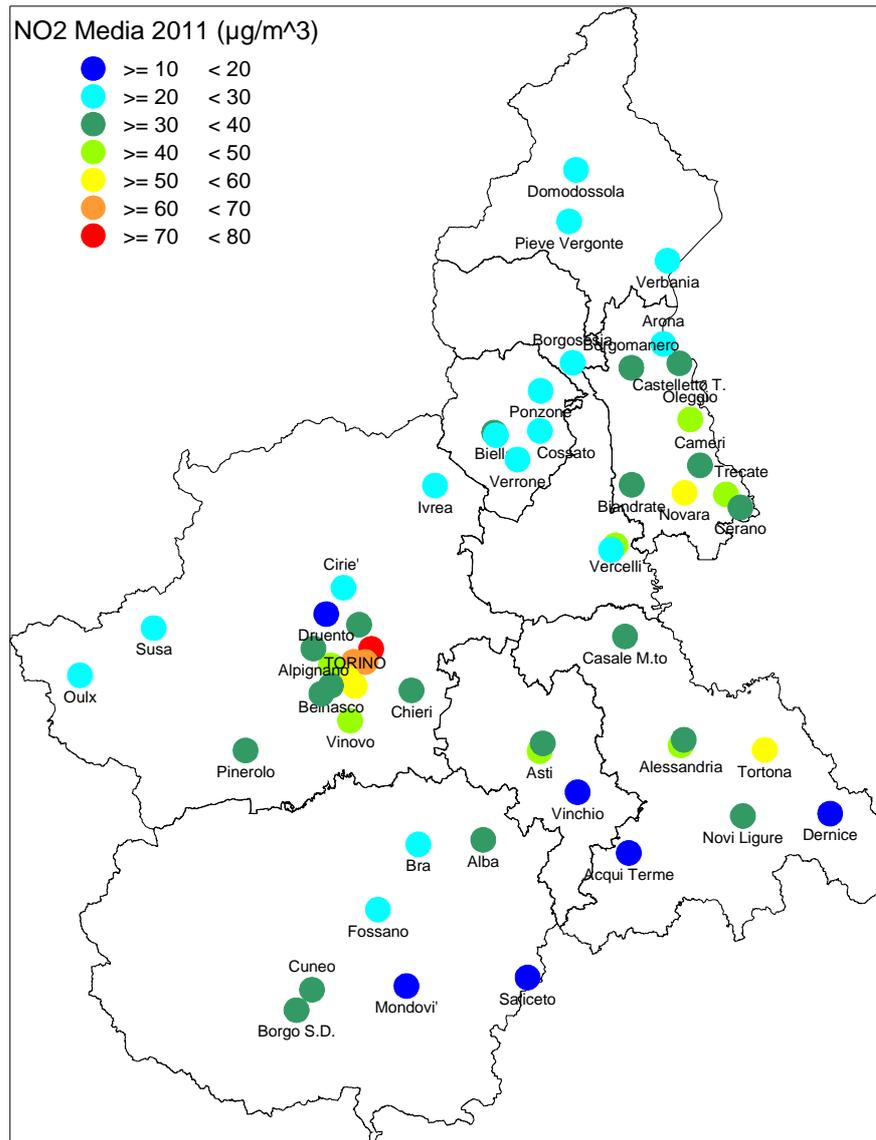


Figura 20) NO₂: concentrazioni medie nelle centraline della regione nel 2011.

Ozono – O₃

Nella provincia di Cuneo la situazione dell'inquinamento da ozono, che, analogamente a quanto avvenuto in Europa, era nettamente migliorata già a partire dal 2008, nel corso del 2010 aveva visto un ulteriore miglioramento, infatti non era stato osservato alcun superamento della soglia di informazione; nel 2011 la situazione è invece peggiorata: sono stati registrati 6 superamenti ad Alba e 3 a Cuneo (figura 21) tutti nella giornata del 25 maggio.

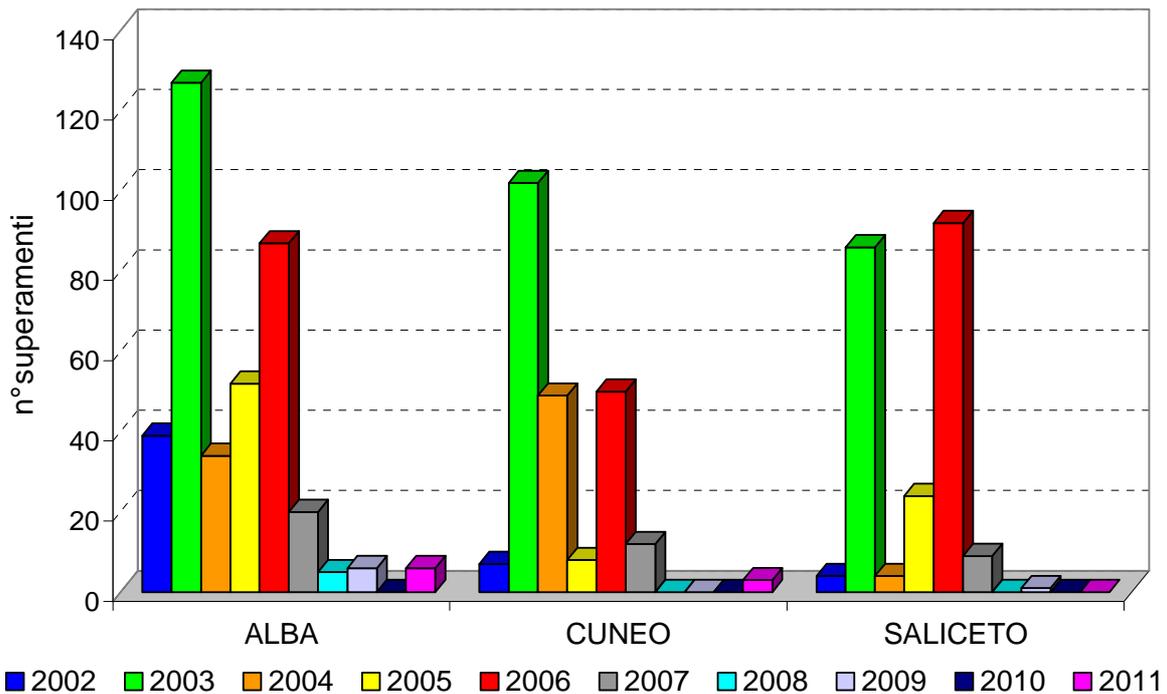


Figura 21) O₃: numero di superamenti della soglia di informazione (180 µg/m³) in provincia di Cuneo.

Per quanto riguarda la situazione relativa al valore obiettivo per la protezione della salute umana si può fare riferimento alla figura seguente dove sono riassunti, per i diversi anni, i numeri di giorni con la media massima, calcolata su 8 ore, superiore a 120 µg/m³. Nel 2011 tale valore è rimasto sostanzialmente invariato rispetto all'anno precedente presso la stazione di Saliceto, mentre è tornato a valori nettamente più elevati rispetto agli ultimi 3 anni ad Alba e Cuneo.

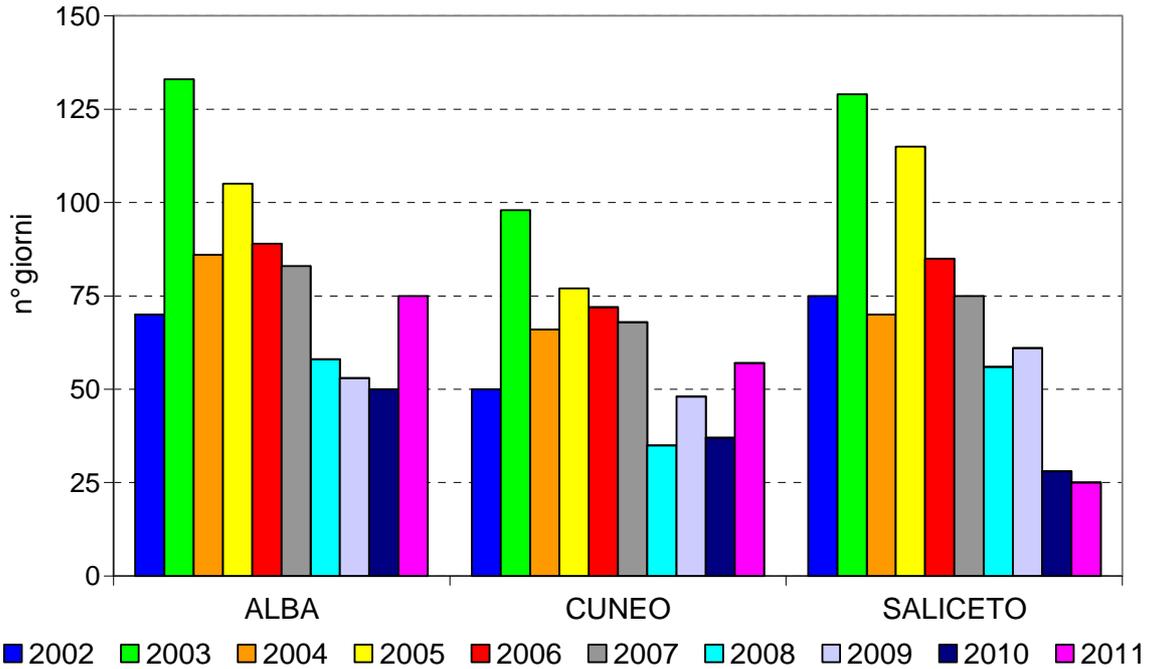


Figura 22) O₃: numero di giorni con superamento del valore obiettivo per la protezione della salute umana (120 µg/m³ come massima media giornaliera su 8 ore)

Andando a verificare la distribuzione di tali superamenti nei mesi da aprile a settembre (figura successiva) si osserva come, in modo anomalo rispetto agli anni precedenti, un numero elevato di superamenti sia stato riscontrato, nel 2011, nei mesi di aprile e maggio. Sostanzialmente invariato negli anni, a partire dal 2008, risulta essere il numero dei superamenti del valore obiettivo che sono stati registrati complessivamente nei mesi da giugno a settembre a Cuneo ed Alba, mentre a Saliceto tale numero si è nettamente ridotto nel 2011.

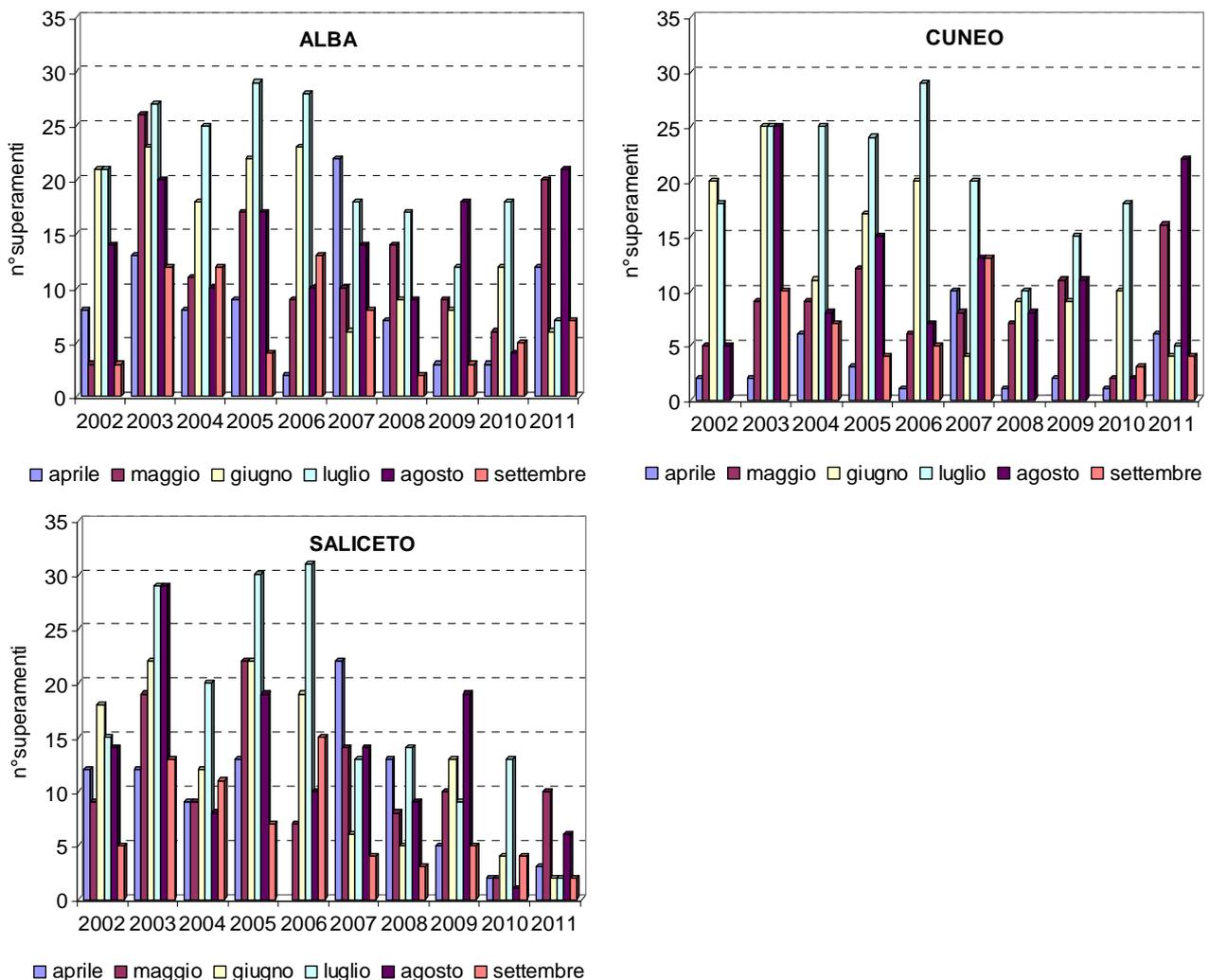


Figura 23) O₃: numero di giorni con superamento del valore obiettivo per la protezione della salute umana (120 µg/m³ come massima media giornaliera su 8 ore) suddivisi nei mesi da aprile a settembre di ciascun anno.

Sebbene il Decreto Legislativo 155/2010 stabilisca che il raggiungimento del valore obiettivo (massimo di 25 superamenti per anno come media su 3 anni) dovrà essere valutato solamente nel 2013 con riferimento al triennio 2010-2012, si può anticipare che, dati i valori degli anni 2010 e 2011, per le stazioni di Alba e Cuneo sarà impossibile raggiungere tale obiettivo nel 2013.

Nella mappa della figura seguente sono rappresentati i numeri dei superamenti dell'obiettivo a lungo termine in tutte le stazioni della rete regionale che hanno ottenuto più del 90% di dati validi nel corso del 2011⁶. Sebbene anche in questo anno, come nel precedente, non sia stato registrato alcun superamento della soglia di allarme, a livello regionale le concentrazioni di ozono sono state generalmente più elevate del 2010, e il numero di giorni con media massima, calcolata su 8 ore, superiore a 120 µg/m³ è, praticamente ovunque, decisamente superiore all'obiettivo a lungo termine di 25.

⁶ E' stato scartato anche il dato della stazione di Torino Lingotto in quanto, pur avendo una disponibilità di dati nell'intero anno del 93%, la maggior parte dei dati mancanti è relativa ai mesi di agosto e maggio.

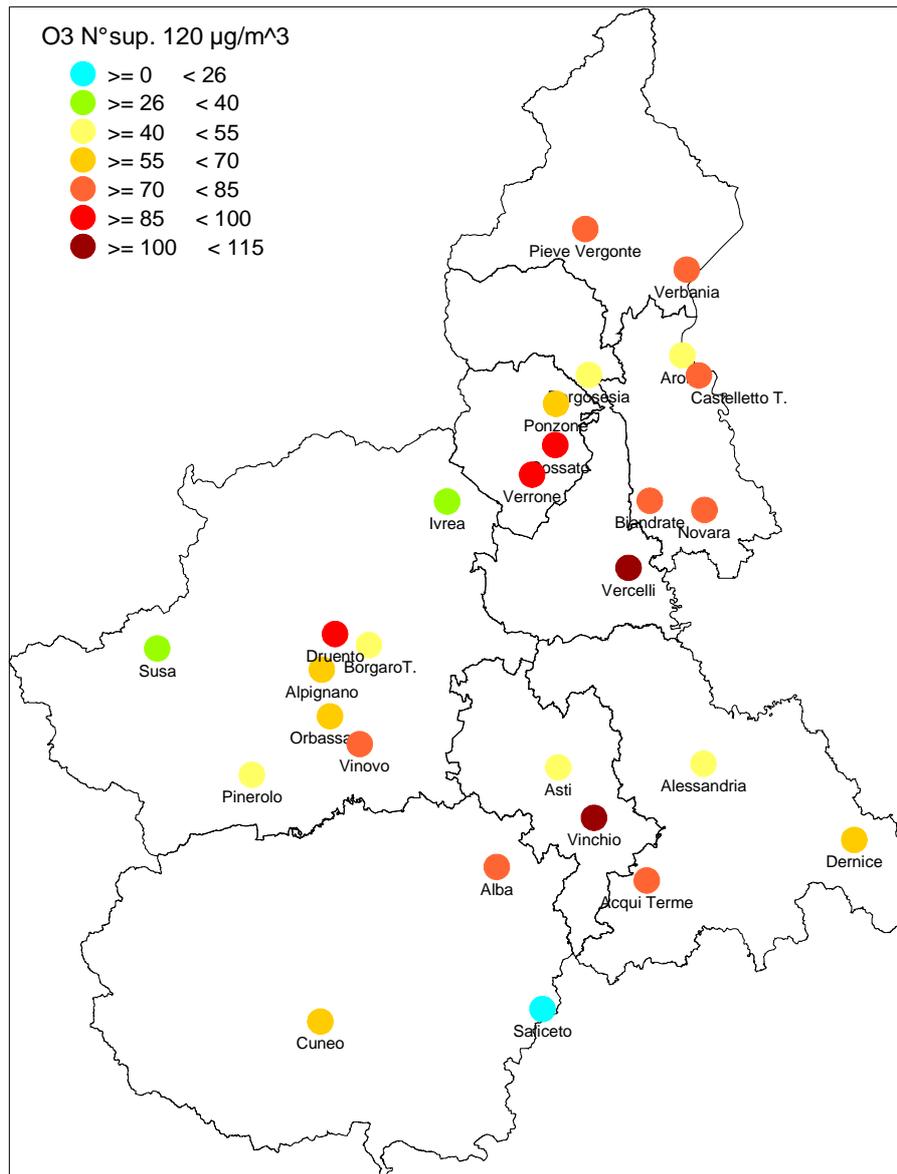


Figura 24) O₃: numero di giorni con superamento del valore obiettivo per la protezione della salute umana (120 µg/m³ come media massima giornaliera su 8 ore) del 2011

Il peggioramento riscontrato nel 2011 nella nostra regione e, nelle altre regioni del nord Italia, si discosta dalla situazione media riscontrata nel resto dell'Europa. Infatti lo studio dell'European Environment Agency (EEA) sull'inquinamento da ozono nell'estate 2011⁷ evidenzia come complessivamente a livello Europeo i numeri dei superamenti della soglia di informazione e dell'obiettivo a lungo termine siano stati i più bassi dall'attivazione della rete avvenuta nel 1997. Tale miglioramento viene attribuito principalmente alle inusuali basse temperature e all'aumento delle precipitazioni che mediamente sono state registrate in Europa durante i mesi estivi. Lo studio evidenzia, inoltre, come l'estensione spaziale della zona interessata dai superamenti osservati nell'estate 2011 sia stata più contenuta rispetto al 2010 e che i livelli più elevati di ozono siano stati riscontrati nel nord Italia. Coerentemente con quanto rilevato nel nostro territorio, sono stati evidenziati numeri di superamenti eccezionalmente elevati, rispetto agli anni precedenti, nei mesi di aprile e maggio in

⁷ "Air pollution by ozone across Europe during summer 2011" EEA Technical report – N° 1/2012

particolare. Ciò a causa delle particolari condizioni meteorologiche: condizioni favorevoli alla creazione di ozono di più lunga durata in primavera e condizioni sfavorevoli nei mesi estivi.

Limitandoci alla nostra regione “L’anno solare 2011 (Gennaio-Dicembre) è stato il più caldo osservato in Piemonte negli ultimi 50 anni, superando quindi il 2006, con un’anomalia positiva media stimata di 1.6 °C rispetto alla norma climatica. ...i mesi più caldi sono stati aprile (in particolare la prima metà del mese), maggio, agosto, settembre e dicembre (figura 25) mentre solo a luglio e nella seconda metà di ottobre le anomalie di temperatura registrate hanno avuto segno costantemente negativo.”⁸

Temperatura giornaliera: media Piemonte ANNO 2011

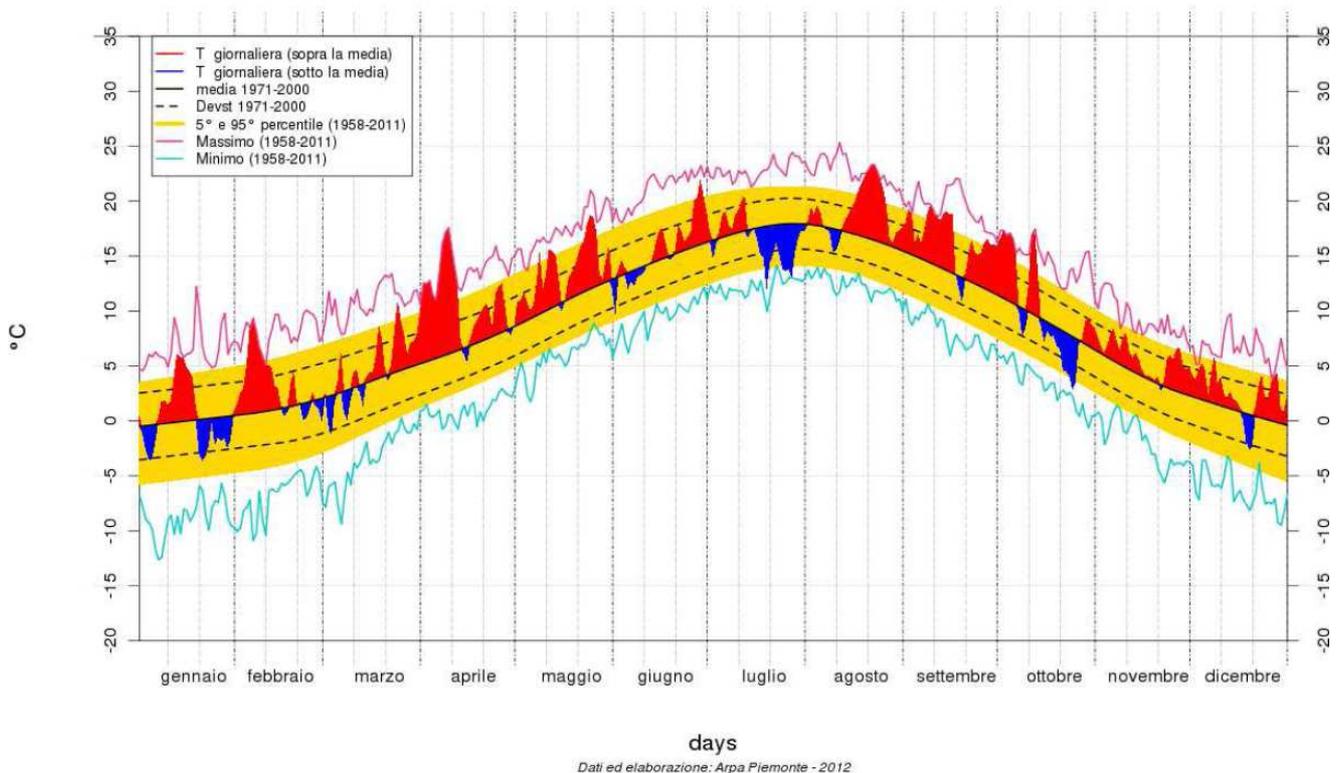


Figura 25) Andamento della temperatura media giornaliera sul Piemonte per l’anno 2011 (valori riferiti ad un punto medio posto a 900 m di quota). Fonte “Il Clima in Piemonte nel 2011” – Sistemi Previsionali – Arpa Piemonte.

Tra le principali anomalie termiche rappresentate in rosso nella figura precedente, emergono in particolare, nei mesi centrali dell’anno, un’anomalia nella seconda metà di maggio, una a fine giugno e una più duratura nella seconda metà di agosto.

E’ proprio in corrispondenza di tali anomalie che sono stati riscontrati gli episodi di inquinamento da ozono più rilevanti sia nel nostro territorio che a livello europeo.

Il primo, e il più importante del 2011 per la nostra provincia, si è verificato il 25 maggio; in tal giorno sono stati registrati tutti i superamenti della soglia di informazione e sono state misurate le massime concentrazioni orarie di tutto l’anno 2011 delle centraline di Alba e Cuneo. Tale giornata concludeva un periodo caratterizzato da un promontorio di alta pressione ben consolidato sull’Europa centro-occidentale, che aveva sicuramente determinato una forte stagnazione degli inquinanti e un irraggiamento tale da portare allo sviluppo delle elevate concentrazioni di ozono che sono state osservate.

⁸ “Il Clima in Piemonte nel 2011” – Sistemi Previsionali Arpa Piemonte – Gennaio 2012

La radiazione solare è un elemento fondamentale per innescare i processi di formazione dell'ozono e l'accordo tra il suo andamento⁹ negli anni e quello della concentrazione dell'inquinante nella nostra provincia si può osservare nella figura seguente.

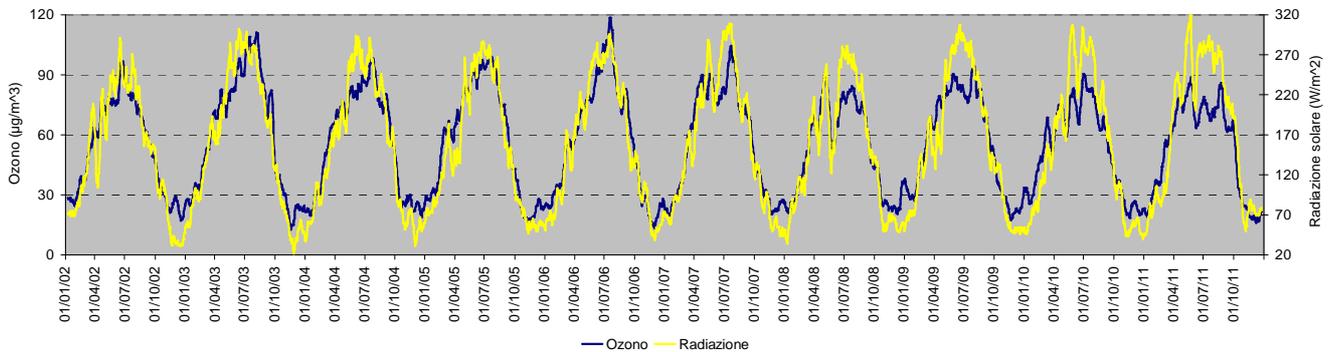


Figura 26) Medie mobili su 15 giorni della media delle concentrazioni giornaliere di ozono registrate a Cuneo, Alba e Saliceto dal 2002 al 2011 e della radiazione solare misurata a Fossano.

Fermando l'attenzione all'anno 2011 (dettaglio nella figura 27), si può osservare come nel mese di maggio la radiazione solare abbia raggiunto il massimo assoluto sia dell'anno 2011, che degli anni precedenti (figura 26). Complessivamente inoltre, nel 2011 il periodo con elevata radiazione solare è stato più lungo degli anni precedenti essendo durato da aprile ad ottobre.

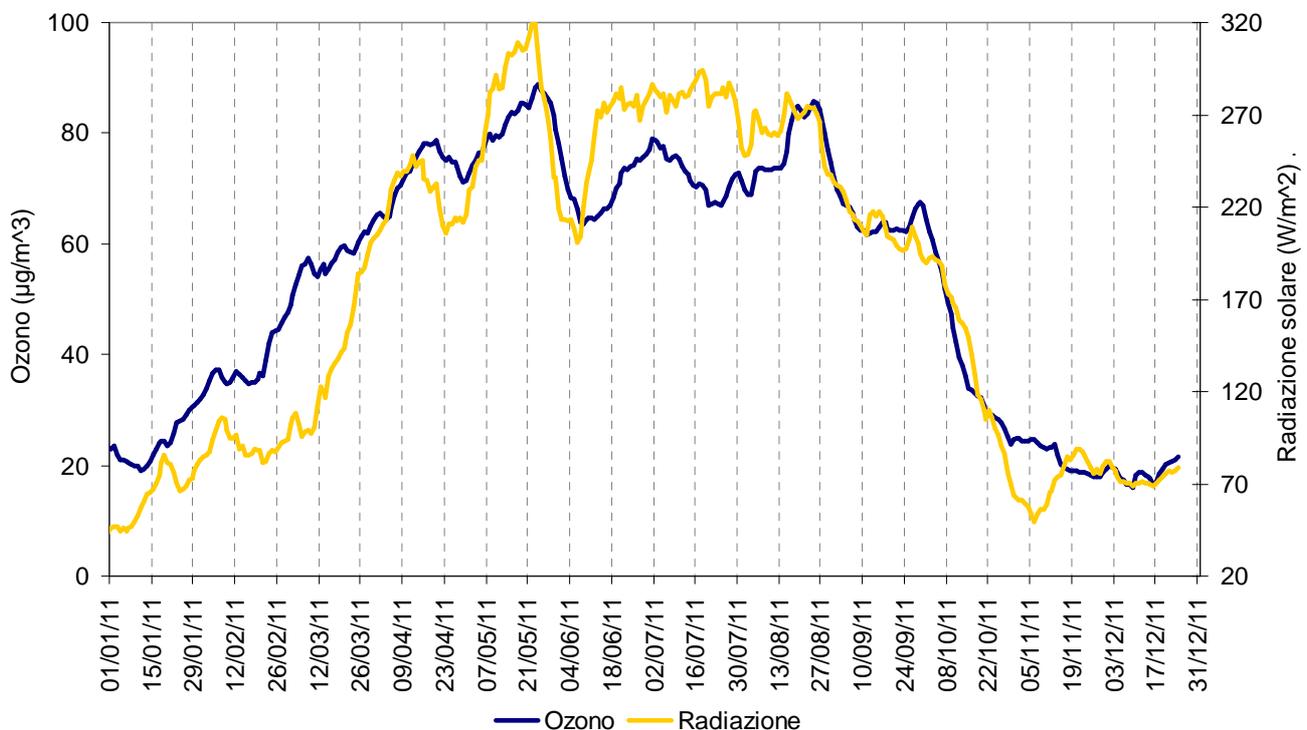


Figura 27) Medie mobili su 15 giorni della media delle concentrazioni giornaliere di ozono registrate a Cuneo, Alba e Saliceto nel 2011 e della radiazione solare misurata a Fossano.

⁹ I dati di radiazione solare sono quelli registrati dalla stazione meteorologica di Fossano, scelta in quanto in posizione centrale nella provincia.

Nella pagina seguente sono riportate, relativamente alla giornata del 25 maggio, una mappa con le concentrazioni massime orarie di ozono previste in Europa¹⁰, una con i campi di pressione e temperatura al suolo¹¹ e una terza con le concentrazioni massime orarie di ozono registrate in Piemonte, insieme alla situazione meteorologica nella Regione Piemonte estratta dal bollettino di analisi dell'Arpa.

Dai valori osservati delle massime concentrazioni orarie registrate in Piemonte si deduce che i valori previsti sull'Europa, e rappresentati nella mappa in alto a sinistra, hanno sottostimato l'importanza dell'episodio sul nord Italia. In tale giornata infatti sono state registrate le concentrazioni massime orarie di tutto il 2011 nella maggior parte delle stazioni del Piemonte, e in tutte le province piemontesi almeno una stazione ha riscontrato il superamento della soglia di informazione.

¹⁰ Fonte:PREV'AIR Concentrazioni massime orarie previste. www.prevair.org

¹¹ Fonte: <http://www.eurad.uni-koeln.de/>

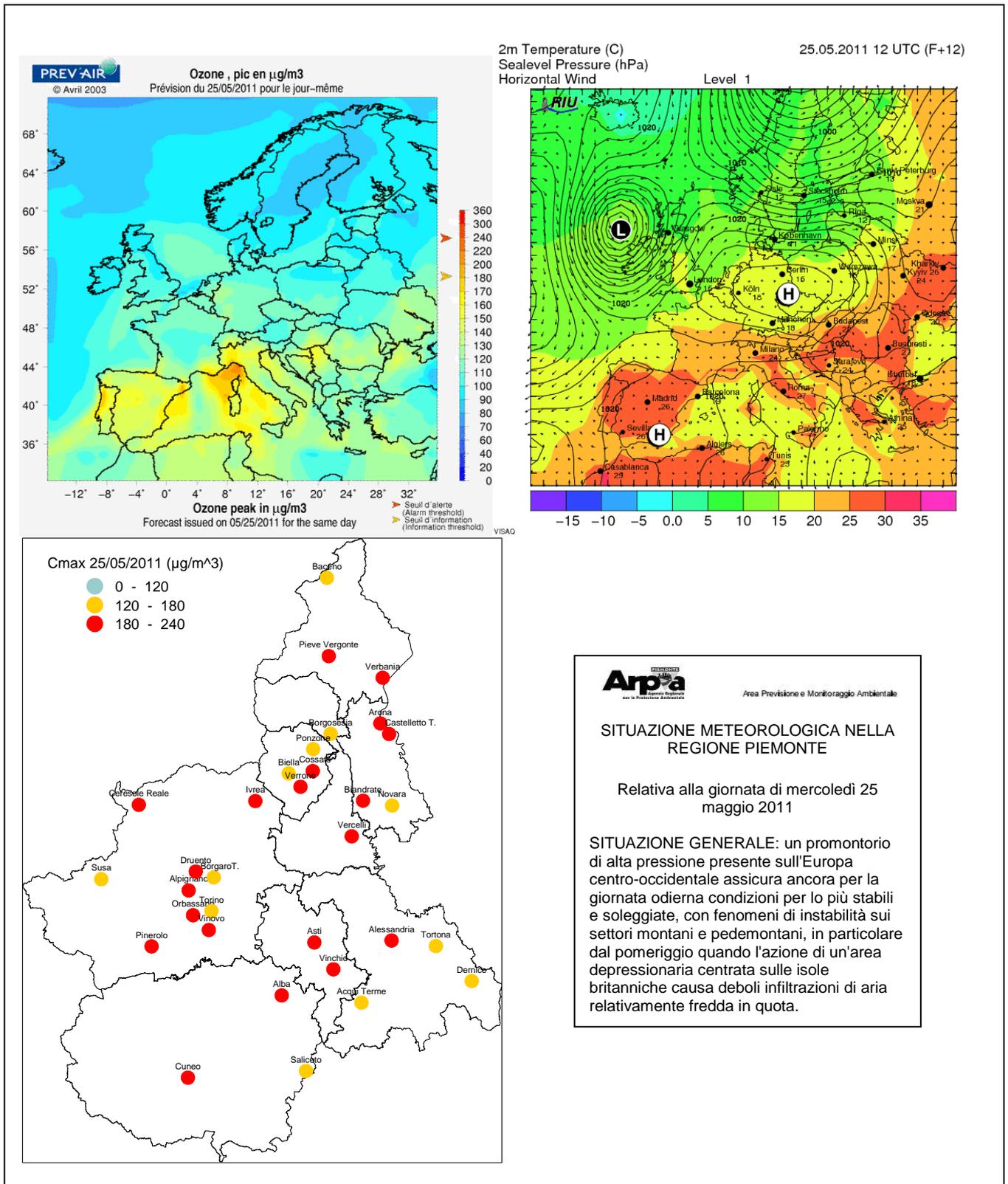


Figura 28) 25 maggio 2011:
 - Concentrazioni massime orarie di ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) previste in Europa (in alto a sinistra). Fonte: PREV'AIR www.prevoir.org
 - Carta al suolo di pressione, temperature, vento (in alto a destra). Fonte: Rhenish Insitute for Environmental Research at the University of Cologne
 - Concentrazioni massime orarie di ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) rilevate in Piemonte (in basso a sinistra)
 - Estratto dal bollettino di analisi per la Regione Piemonte (in basso a destra) dell'Arpa Piemonte

Il secondo evento di inquinamento da ozono che ha interessato il nostro territorio si è verificato nella giornata del 28 giugno, tale evento è stato segnalato come l'episodio più rilevante, in termini di area interessata, dell'estate 2011 in Europa¹². Le mappe della figura 29 mostrano la coincidenza delle aree con concentrazioni elevate di ozono e alte temperature in Belgio, Lussemburgo, Olanda e nord Italia. In Piemonte, l'episodio ha portato a concentrazioni nettamente inferiori a quelle registrate il 25 maggio: delle 33 stazioni visualizzate nella mappa solamente 4 hanno registrato il superamento della soglia di informazione (ad Alessandria la concentrazione massima è arrivata a 180 µg/m³), e per 26, tra cui le tre stazioni della nostra provincia, si è verificato il superamento dell'obiettivo a lungo termine.

L'ultimo evento che valutiamo è quello segnalato dall'European Environment Agency come il più importante in termini di durata e che si è verificato tra il 19 ed il 26 agosto, in corrispondenza dell'anomalia termica del mese di agosto evidente nella figura 25. Considerando la situazione del giorno 23 (figura 30), in cui la stazione di Saliceto ha registrato la concentrazione massima oraria dell'estate 2011, pari a 163 µg/m³, si vede bene dalle mappe europee la corrispondenza tra le aree con elevata concentrazione di ozono e le zone con le temperature più alte. A livello piemontese sebbene sia stato registrato un solo superamento della soglia di informazione, le concentrazioni massime orarie sono state superiori a 120 µg/m³ praticamente ovunque (a Vinovo pari a 190 µg/m³), e delle 29 stazioni con disponibilità del dato, 24 hanno registrato il superamento dell'obiettivo a lungo termine.

¹² "Air pollution by ozone across Europe during summer 2011" EEA Technical report – N° 1/2012

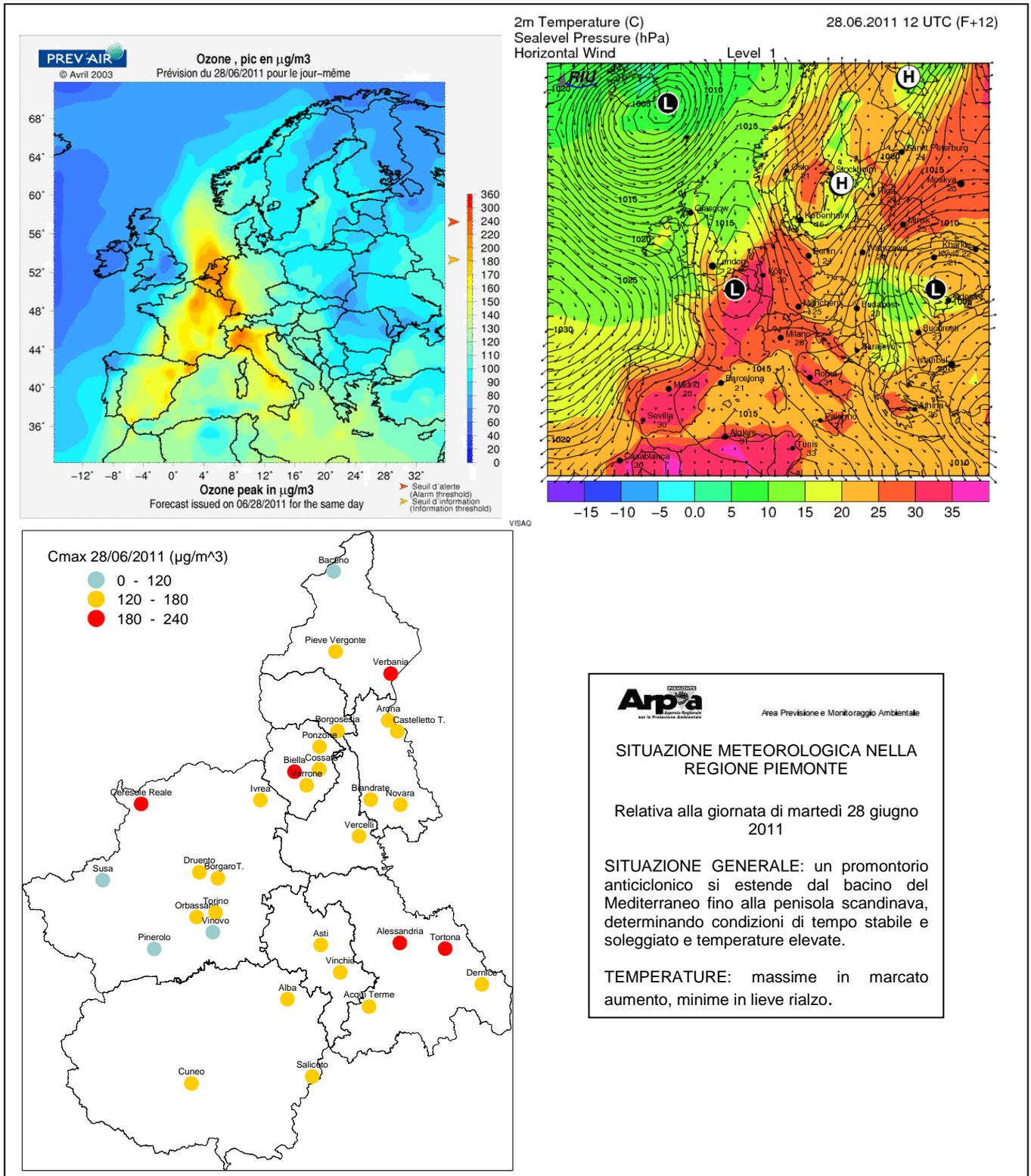


Figura 29) 28 giugno 2011:
 - Concentrazioni massime orarie di ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) in Europa (in alto a sinistra). Fonte: PREV'AIR www.prevair.org
 - Carta al suolo di pressione, temperature, vento (in alto a destra). Fonte: Rhenish Insitute for Environmental Research at the University of Cologne
 - Estratto dal bollettino di analisi per la Regione Piemonte (in basso a destra) dell'Arpa Piemonte
 - Concentrazioni massime orarie di ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) rilevate in Piemonte (in basso a sinistra)

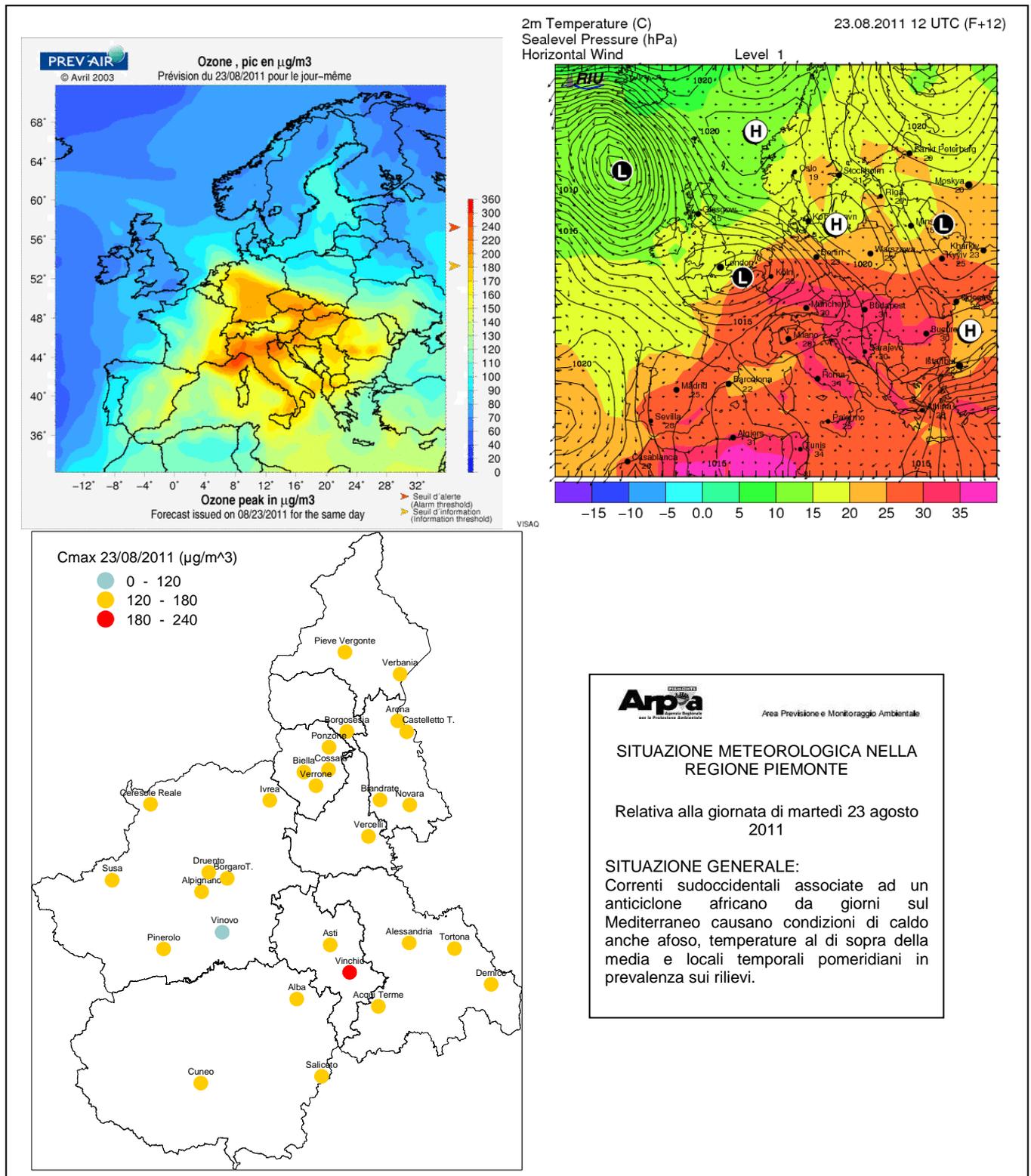


Figura 30) 23 agosto 2011:

- Concentrazioni massime orarie di ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) in Europa (in alto a sinistra). Fonte: PREV'AIR www.prevair.org
- Carta al suolo di pressione, temperature, vento (in alto a destra). Fonte: Rhenish Insitute for Environmental Research at the University of Cologne
- Estratto dal bollettino di analisi per la Regione Piemonte (in basso a destra) dell'Arpa Piemonte
- Concentrazioni massime orarie di ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) rilevate in Piemonte (in basso a sinistra)

Biossido di zolfo – SO₂

I confronti tra i limiti normativi per l'SO₂ ed i valori della massime concentrazioni medie orarie e giornaliere registrate nella due stazioni della provincia dove si è mantenuta la misura di questo inquinante (Cuneo e Borgo San Dalmazzo), sono rappresentati nei due grafici seguenti. Si può osservare come i valori nei due siti siano ormai assestati a livelli molto bassi e notevolmente inferiori ai limiti.

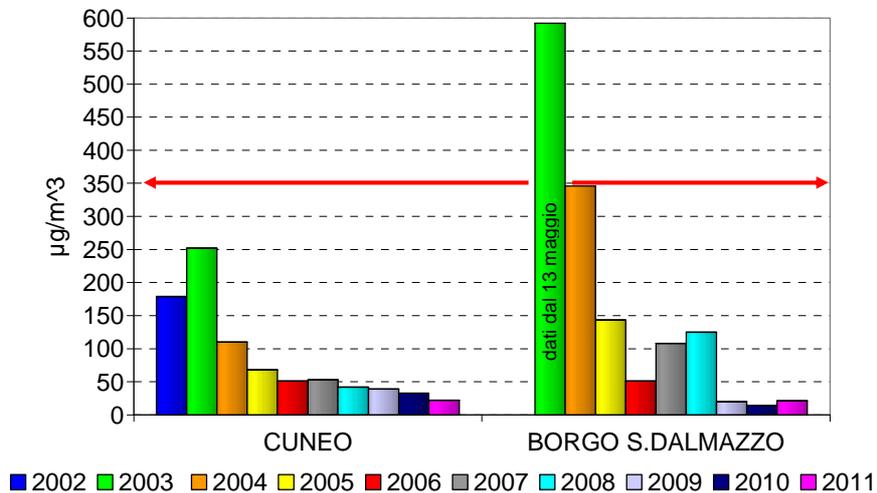


Figura 31) SO₂: valori della massima concentrazione media oraria di ogni anno di monitoraggio.

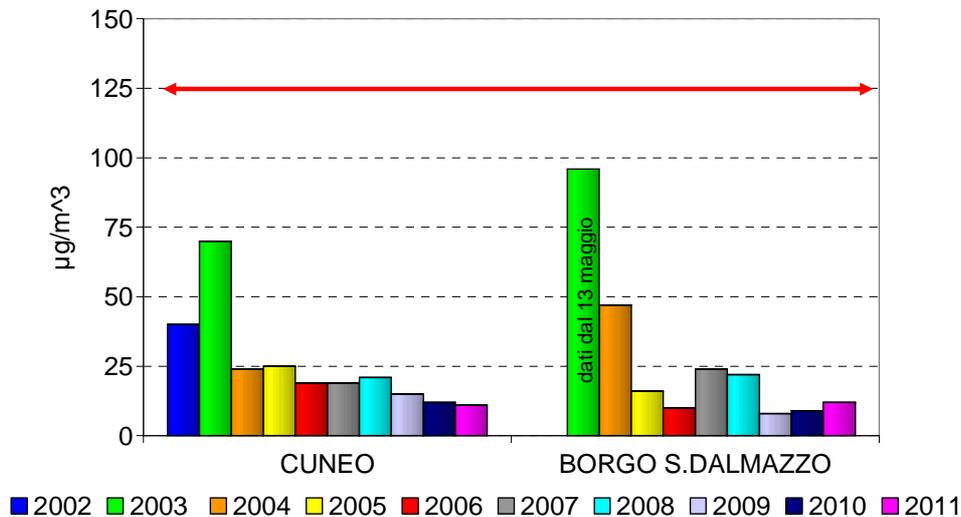


Figura 32) SO₂: valori della massima concentrazione media giornaliera di ogni anno di monitoraggio.

La distribuzione dell'intero insieme dei dati orari di ciascun anno è rappresentata per le due stazioni con i box plots nei due grafici di figura 33, che non sono direttamente confrontabili poiché con fondo scala molto differenti. Emerge come, dopo il 2003 caratterizzato a Borgo San Dalmazzo da valori "anomali" molto elevati, di cui, anche se in misura molto contenuta è stato risentito anche a Cuneo, la situazione, grazie alle azioni intraprese nel contenimento delle emissioni dell'industria locale, sia andata progressivamente migliorando fino al 2008. Un ulteriore drastico miglioramento nelle concentrazioni misurate a Borgo San Dalmazzo si è poi verificato con la chiusura di due punti di emissione di una delle principali aziende locali.

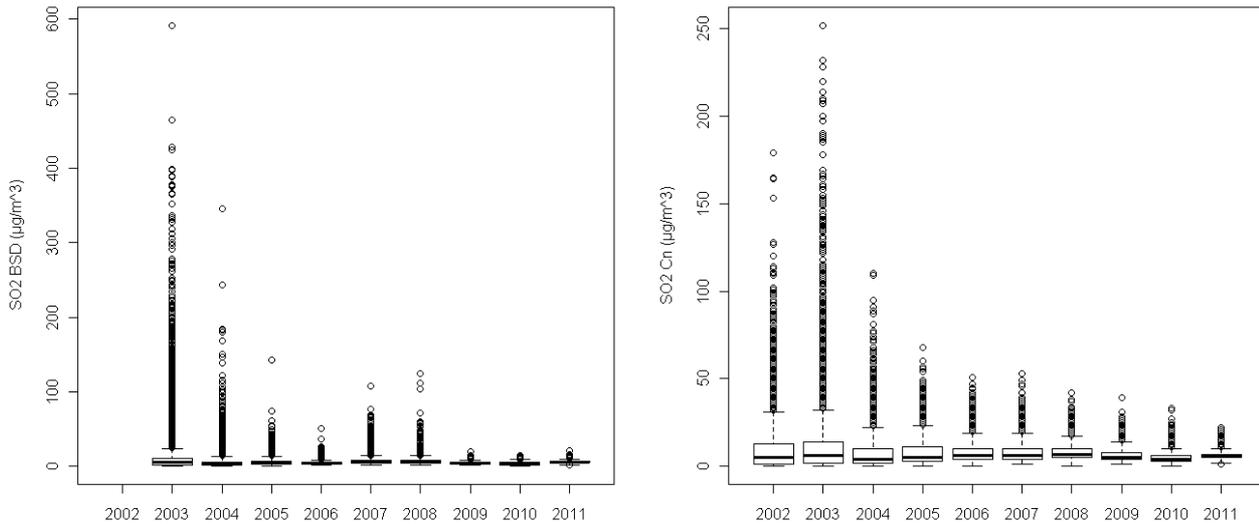


Figura 33) SO₂: box plots dei valori orari suddivisi per anno di monitoraggio per le stazioni di Borgo San Dalmazzo e Cuneo.

La figura seguente dimostra come a Cuneo nel 2003 i valori più elevati siano stati registrati in corrispondenza di vento proveniente da Sud Ovest, ovvero dalla direzione di Borgo San Dalmazzo e come, pertanto, la progressiva riduzione nelle concentrazioni di SO₂ riscontrata a Cuneo sia conseguenza delle variazioni avvenute a Borgo San Dalmazzo.

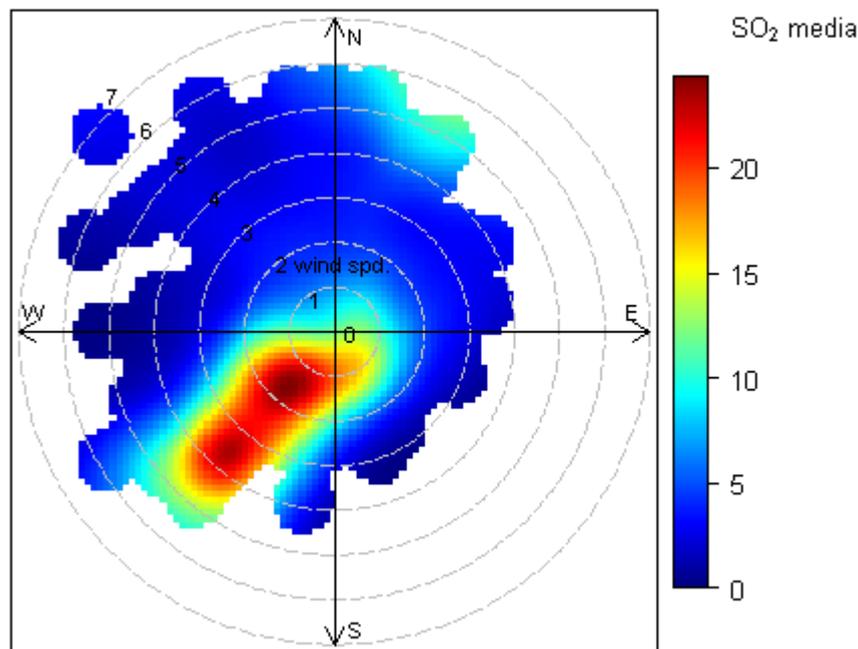


Figura 34) Cuneo: valori medi di SO₂ al variare del settore di provenienza e della velocità del vento.

Benzene e Monossido di carbonio

L'introduzione, dal luglio 1998, del limite dell'1% del tenore massimo di benzene nelle benzine, insieme all'aumento dei veicoli catalizzati, hanno determinato una notevole riduzione dei livelli in atmosfera di questo inquinante, che in provincia di Torino si sono stabilizzati su valori inferiori al limite di legge e di poco superiori a $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

In provincia di Cuneo il benzene è monitorato nelle centraline delle due città più densamente abitate: Alba e Cuneo. Il grafico 35 raffigura i valori medi delle due centraline per i diversi anni di monitoraggio. Le due centraline sono localizzate in prossimità e di arterie stradali urbane e di postazioni di parcheggio autoveicoli. Ad Alba inoltre non lontano è localizzato un distributore di carburanti e storicamente sono stati registrati valori anomali di altri idrocarburi aromatici di derivazione industriale (solventi per inchiostri). Ciò può giustificare un andamento che nel tempo presenta oscillazioni altrimenti non giustificabili.

In definitiva si può ragionevolmente sostenere che le differenze tra i valori medi ottenuti negli anni non siano particolarmente significative, in quanto il limite annuale per la protezione della salute umana di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ribadito dal Decreto Legislativo 155/2010, si mantiene sempre ampiamente rispettato nella nostra provincia.

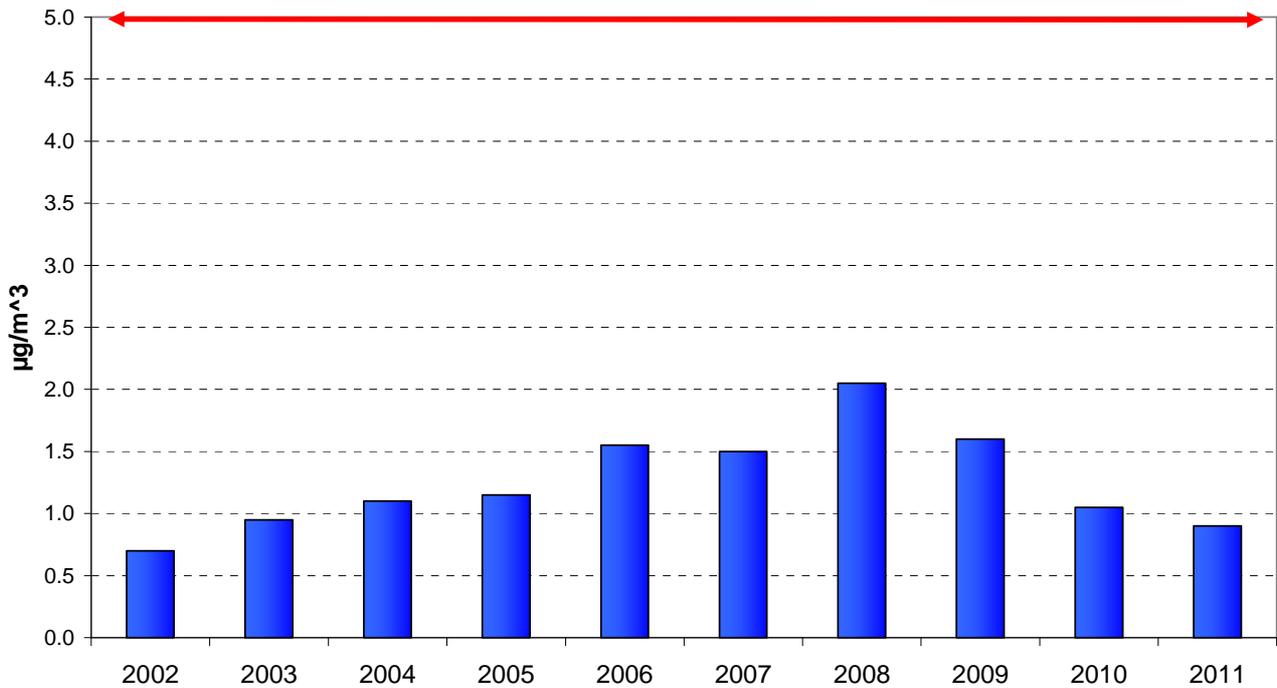


Figura 35) Benzene: media delle concentrazioni medie annuali di Cuneo e Alba.

Per il monossido di carbonio nel grafico di figura 36 sono confrontate con il limite normativo (in rosso) le medie dei valori massimi raggiunti dalla media giornaliera calcolata su 8 ore nei siti dove è rimasta attiva la misura di questo inquinante. Si osserva come i valori siano molto al di sotto del limite sin dall'inizio delle rilevazioni e con variazioni irrilevanti tra gli anni.

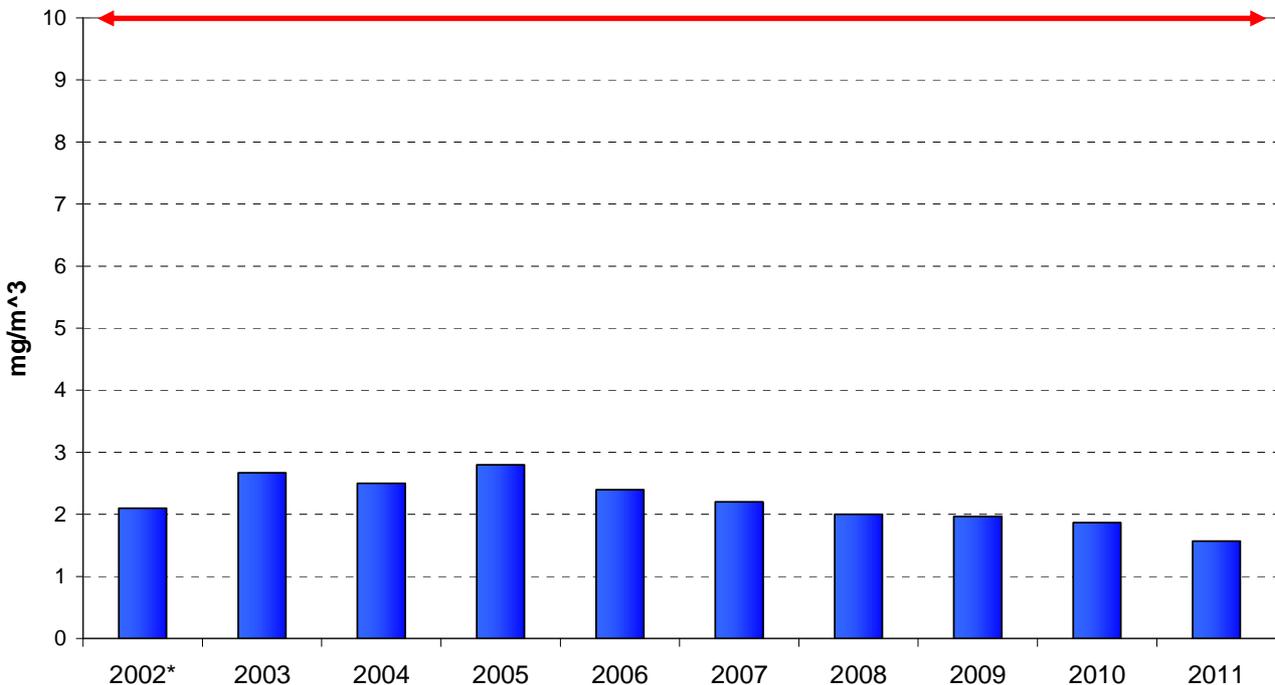


Figura 36) CO: media delle concentrazioni medie massime su 8 ore delle centraline di Alba, Bra, Cuneo (*anno non completo di dati).

Considerando anche l'evoluzione delle concentrazioni medie annue di monossido di carbonio registrate a Torino dal 1980 al 2010¹³, che mostrano una riduzione da valori prossimi a 10 mg/m³ a valori di circa 1 mg/m³, si può sostenere che il monossido di carbonio in atmosfera non sia più una criticità ambientale per il nostro territorio.

A partire dai dati di benzene e monossido di carbonio registrati a Cuneo ed Alba dal 2002 al 2011 sono state valutate le variazioni delle concentrazioni per ciascuna ora di ciascun giorno della settimana, per giorno della settimana e per mese dell'anno. I risultati per i due inquinanti sono stati normalizzati e rappresentati nei grafici delle due figure seguenti. Si può innanzi tutto considerare il buon accordo esistente tra gli andamenti dei due inquinanti a conferma della comune origine. Per i dati di Cuneo si può osservare come il traffico veicolare segni nettamente le variazioni nelle ore e nei giorni della settimana: dal lunedì al venerdì, le concentrazioni presentano un minimo nelle prime ore del mattino, crescono rapidamente tra le ore 7 e le 8, raggiungendo un primo massimo verso le 9, un secondo alle 13, per iniziare a diminuire solamente dopo il massimo assoluto che si verifica intorno alle 20. Il sabato e, in particolare, la domenica le concentrazioni si riducono notevolmente e raggiungono due massimi, uno intorno alle 12 ed uno intorno alle 20. I giorni con maggiori concentrazioni di entrambi gli inquinanti risultano essere il martedì ed il venerdì. Gli andamenti nei mesi dimostrano invece come la variazione nell'anno delle capacità dispersive dell'atmosfera influenzino anche le concentrazioni di questi inquinanti: valori più elevati nei mesi freddi, quando i moti convettivi sono inibiti e l'altezza dello strato rimescolato è contenuta; valori che

¹³ Uno sguardo all'aria – 2010 - Provincia di Torino, Arpa Piemonte

diminuiscono nei mesi più caldi e con maggior insolazione, quando l'altezza dello strato dell'atmosfera in cui gli inquinanti si diluiscono è maggiore.

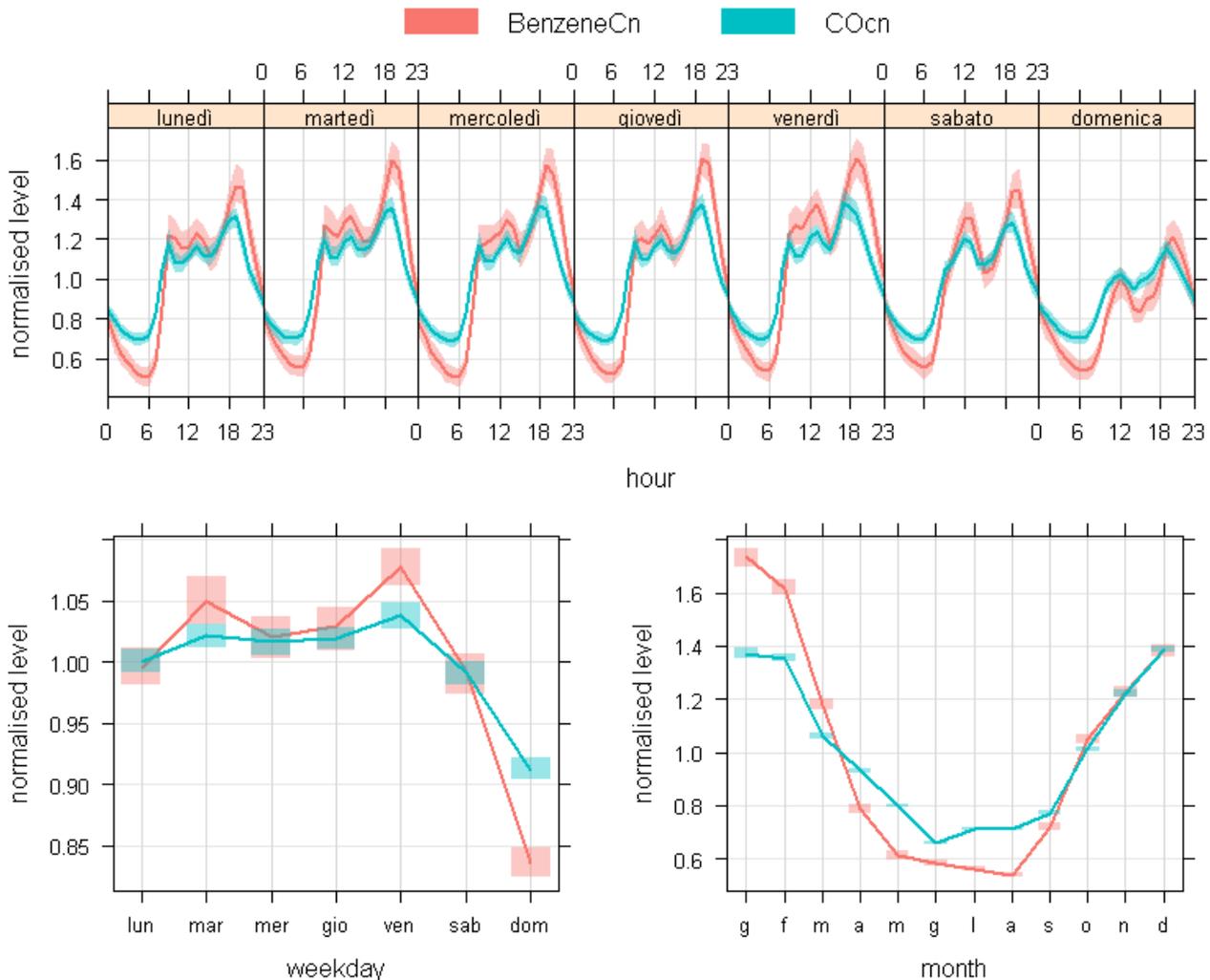


Figura 37) Cuneo, Benzene e CO: andamenti nelle ore dei diversi giorni della settimana, nei giorni della settimana e nei mesi dell'anno

Tra i grafici relativi ai dati della stazione di Alba, quello con l'andamento orario risulta molto differente da quello di Cuneo, ma analogo a quello registrato ad Alba per il biossido di azoto, e sembra indicare la presenza di maggior traffico verso le 10 del mattino e tra le 20 e le 22; mostra un minimo verso le 5 ed uno, che per il benzene è il più marcato, verso le 16. Il giorno con le concentrazioni più elevate risulta essere il sabato.

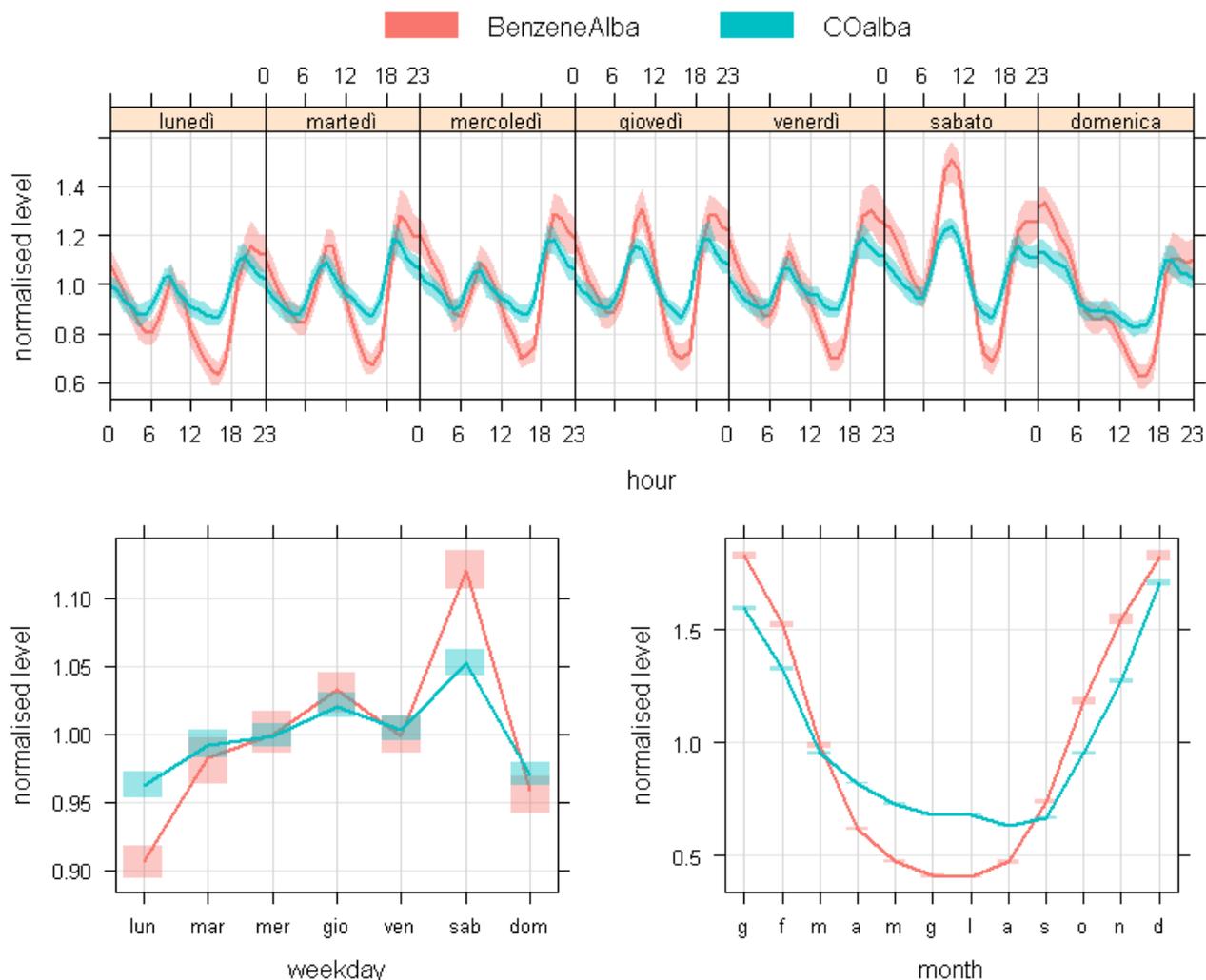


Figura 38) Alba, Benzene e CO: andamenti nelle ore dei diversi giorni della settimana, nei giorni della settimana e nei mesi dell'anno

I metalli pesanti : Piombo, Arsenico, Cadmio e Nichel

Il **Piombo** è un metallo presente in natura sia in forma inorganica che organica. Negli ultimi decenni, le concentrazioni di piombo nelle aree industriali e nelle zone di grande traffico sono significativamente diminuite grazie all'eliminazione del piombo tetraetile (antidetonante) dalle benzine, al miglioramento delle emissioni industriali e al miglioramento dei sistemi di raccolta e riciclaggio delle batterie per autoveicoli. Il piombo trova comunque ancora largo utilizzo in medicina, nell'industria siderurgica e in quella delle vernici speciali. Il piombo interferisce con numerosi sistemi enzimatici provocando un ampio spettro di effetti tossici.

Il grafico di figura 39, dove sono raffigurate le concentrazioni degli anni con percentuale di dati validi superiore al 90%, mostra come le medie annuali del piombo si mantengano ampiamente sotto i limiti normativi.

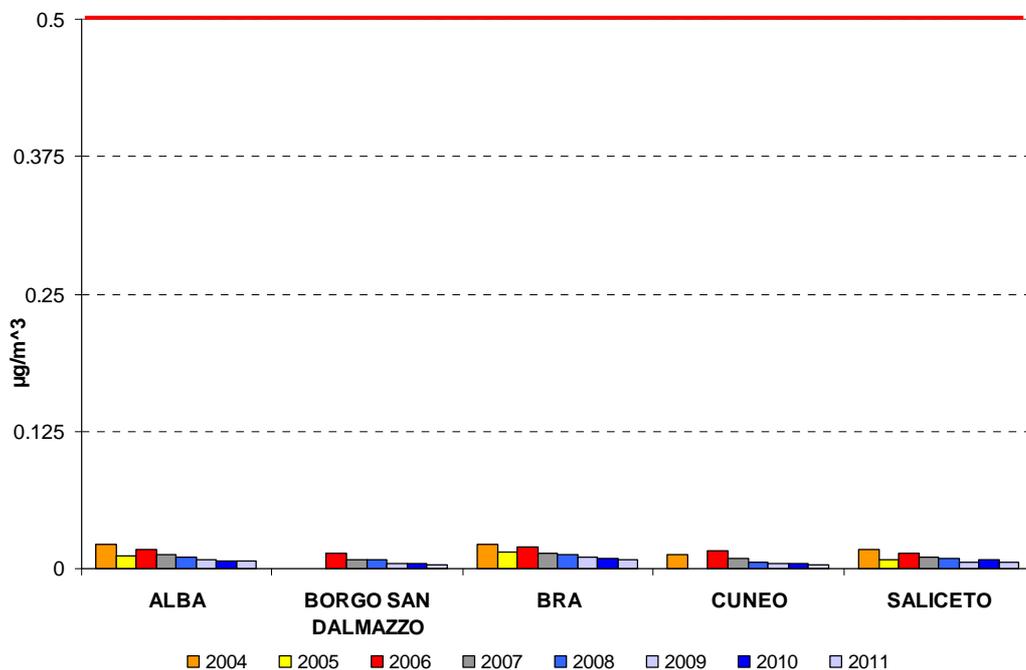


Figura 39) Piombo: medie annuali

L'**Arsenico** è un metallo che ha come sorgenti naturali l'attività vulcanica e gli incendi boschivi mentre il contributo antropico è rappresentato da prodotti per il trattamento del legno, dalla combustione di carbone e di lignite di bassa qualità, dai processi di fusione dei metalli nonché, in misura minore, dal fumo di sigaretta.

Il **Cadmio** in natura è molto raro e presente, in genere, insieme allo zinco. La sua principale sorgente naturale è costituita dalle eruzioni vulcaniche.

La fusione e il raffinamento dei metalli non ferrosi rappresenta la principale fonte antropica di questo inquinante, che è prodotto inoltre nelle attività di incenerimento dei rifiuti urbani e nelle combustione di combustibili fossili. Negli ultimi anni questo metallo trova un impiego crescente nella fabbricazione di batterie ricaricabili negli accumulatori, nonché nell'industria elettronica e aerospaziale.

Il **Nichel** è un metallo molto utilizzato nell'industria dell'acciaio e nella preparazione di leghe. Trova largo utilizzo per il rivestimento di altri metalli e per la fabbricazione di parti di dispositivi elettronici, nonché nella produzione di elettrodomestici. E' molto diffuso il suo

impiego nell'industria chimica, aerospaziale e numismatica. Come il cadmio è utilizzato nella produzione di batterie ricaricabili e nell'aria ambiente la presenza di questo inquinante deriva dall'incenerimento dei rifiuti urbani e dal fumo di sigaretta.

Le stime indicano che, considerando una concentrazione in aria ambiente di circa 5-40 ng/m³, in media si inalano da 0.1 a 0.8 µg/giorno di nichel. La quantità di nichel liberata in ambiente dal fumo di una sigaretta è pari a 0.04 -0.58 µg e fumare 40 sigarette al giorno può condurre ad una inalazione di 2-23 µg di nichel¹⁴.

Le figure successive mostrano i valori medi annui di concentrazione di questi tre metalli riscontrati dal 2008 al 2011.

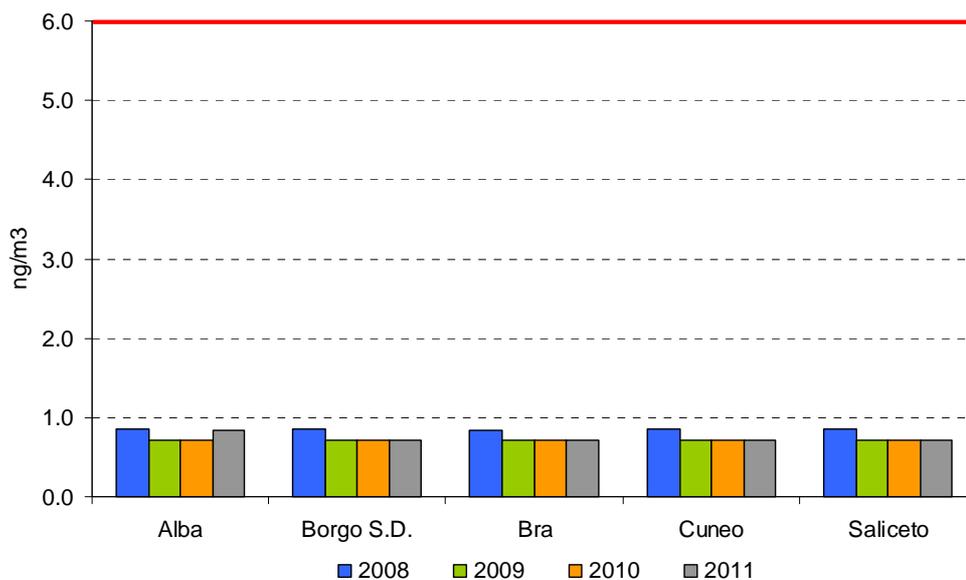


Figura 40) Arsenico: confronto medie annuali.

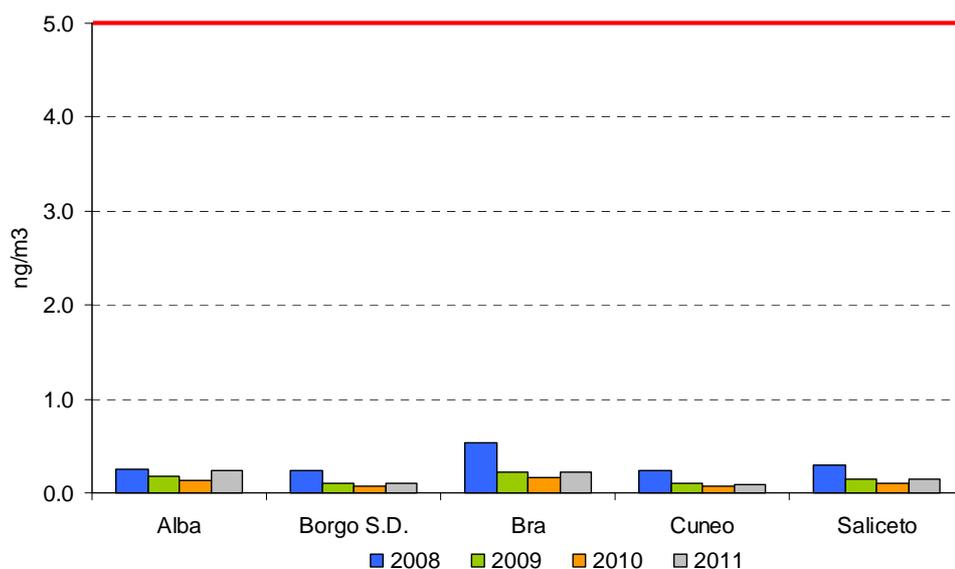


Figura 41) Cadmio: confronto medie annuali.

¹⁴ Uno sguardo all'aria – 2008 - Provincia di Torino, Arpa Piemonte

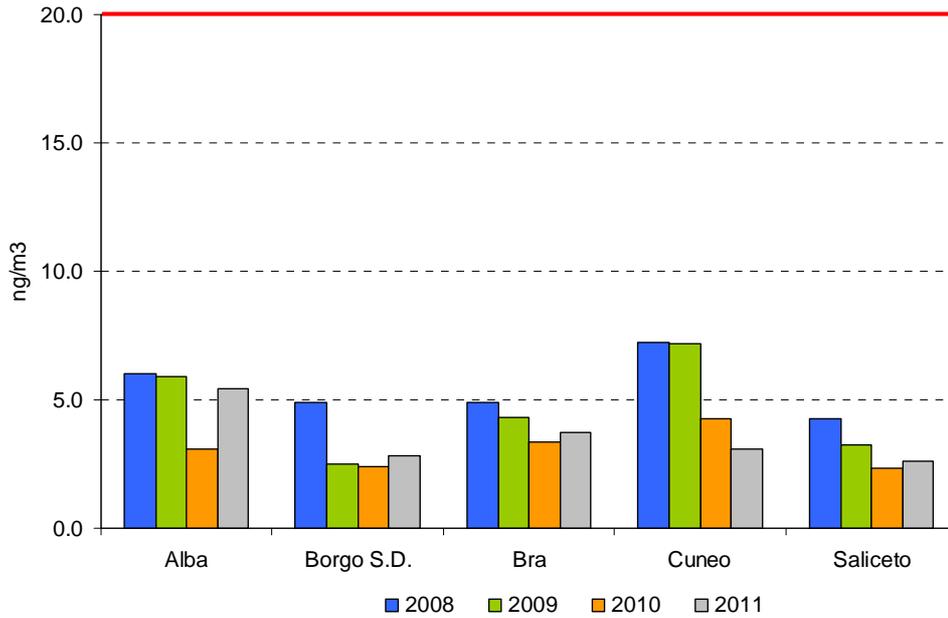


Figura 42) Nichel: confronto medie annuali.

Anche per l'anno 2011, i grafici evidenziano la presenza di concentrazioni significativamente inferiori ai valori obiettivo indicati dalla normativa, confermando che le concentrazioni di metalli pesanti nel particolato aereo-disperso, riscontrabili nella provincia di Cuneo, non evidenziano condizioni di criticità.

Benzo(a)pirene

Le medie annuali registrate in tutte le centraline nelle quali questo inquinante viene monitorato sono rappresentate nella figura seguente. Le medie annuali del 2005 riferite ai siti di prelievo di Borgo San Dalmazzo e Cuneo non sono state riportate in quanto la disponibilità dei dati era inferiore al 90%. In generale le concentrazioni rilevate risultano essere inferiori ai limiti normativi. Anche il valore medio annuo della centralina di Saliceto, proseguendo nel trend decrescente, ha raggiunto, per la prima volta senza superarlo, il valore obiettivo previsto dalla norma.

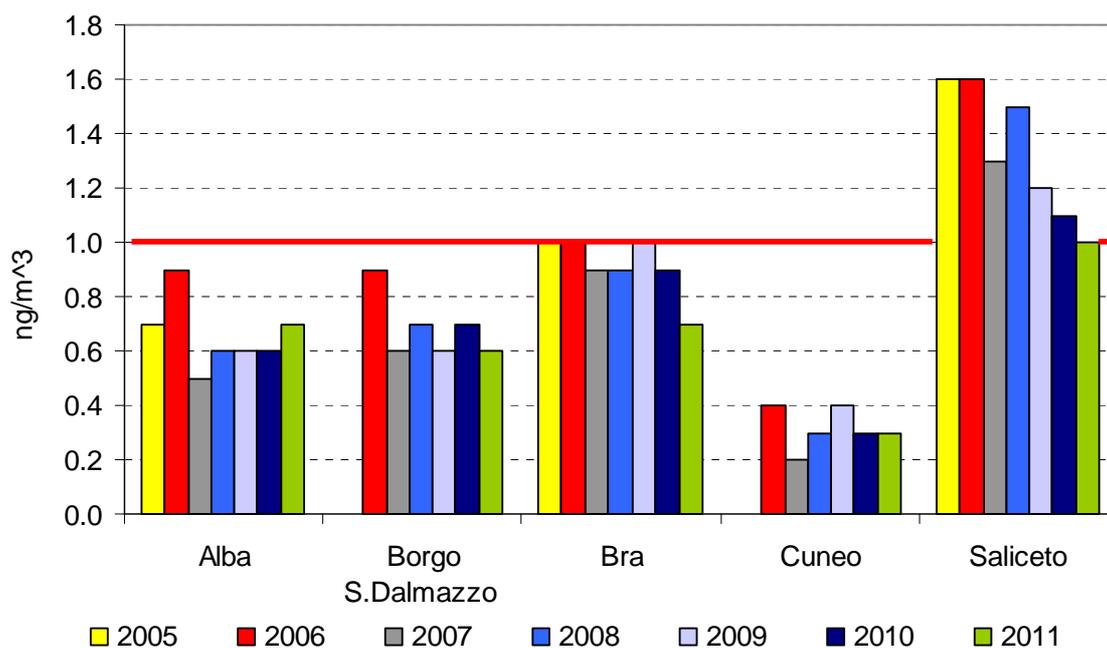


Figura 43) Benzo(a)pirene: medie annuali.

La figura 44, indicante le concentrazioni medie mensili del 2011, evidenzia un marcato andamento stagionale con valori minori in primavera ed estate, e concentrazioni più elevate in autunno e inverno.

I fattori che determinano tale andamento sono molteplici. Essendo l'origine antropica di questo inquinante legata significativamente ai processi di combustione dei materiali a base di carbonio, l'utilizzo degli impianti di riscaldamento nei periodi freddi apporta un significativo contributo all'innalzamento delle concentrazioni autunno-invernali. L'aumento della radiazione solare e della temperatura ambiente nei periodi primaverili ed estivi, determina un incremento nell'effetto di rimozione degli IPA dall'atmosfera dovuta ad una maggiore velocità di reazione per fotolisi diretta; la crescita dello strato di rimescolamento dell'atmosfera che si verifica nel periodo estivo determina altresì, come per tutti gli altri inquinanti, una diminuzione delle concentrazioni.

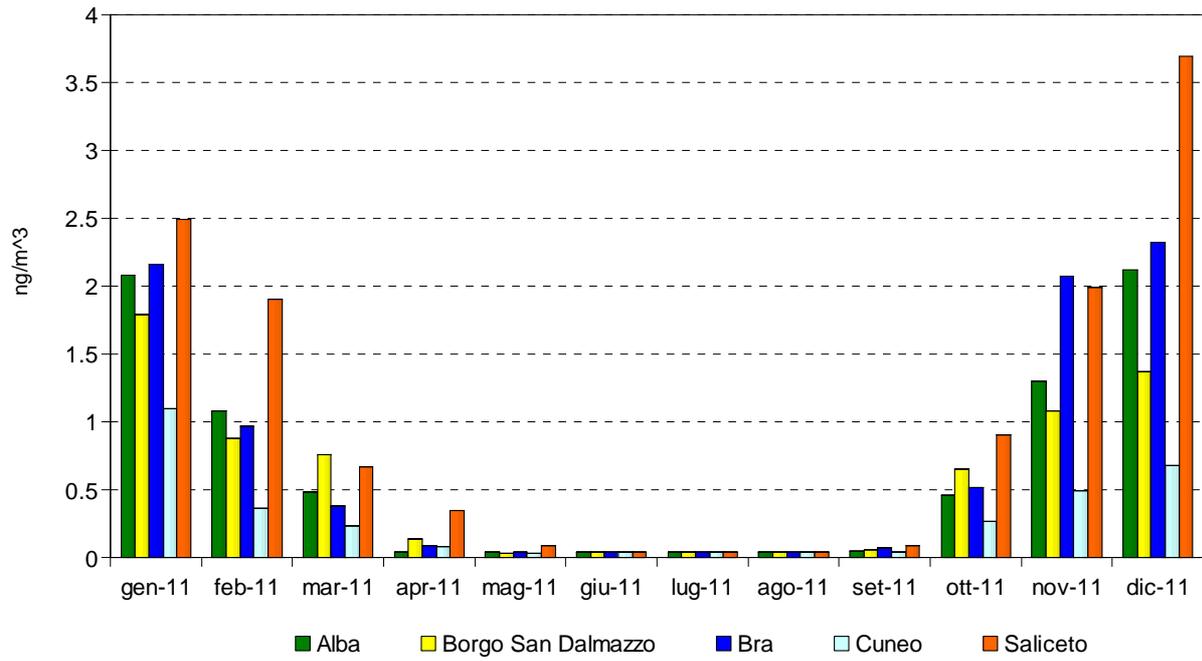


Figura 44) Benzo(a)pirene: medie mensili dell'anno 2011.

Superamenti nell'anno 2011

Nella tabella seguente si riassumono i superamenti dei limiti normativi per la protezione della salute umana registrati nell'anno 2011, in riferimento ai valori previsti dal Decreto Legislativo 13 Agosto 2010 n° 155.

| INQUINANTE | VALORE LIMITE E PERIODO DI MEDIAZIONE | SUPERAMENTI CONCESSI | 2011: NUMERO DI SUPERAMENTI RILEVATI | | | | | | |
|------------------|--|---|--------------------------------------|--------------------|----------------------|---------------------|---------|---------|---------------------|
| | | | Alba | Borgo S. Dalmazzo | Bra | Cuneo | Fossano | Mondovì | Saliceto |
| SO ₂ | 350 µg/m ³ media oraria | 24 volte / anno civile | - | 0 | - | 0 | - | - | - |
| | 125 µg/m ³ media 24 ore | 3 volte / anno civile | - | 0 | - | 0 | - | - | - |
| NO ₂ | 200 µg/m ³ media oraria | 18 volte / anno civile | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 40 µg/m ³ media annuale | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PM ₁₀ | 40 µg/m ³ media annuale | - | 0 | 0 | 1 | 0 | - | - | 0 |
| | 50 µg/m ³ media 24 ore | 35 volte / anno civile Data del 35simo superamento | 83 7 ago | 41 2 nov | 102 22 feb | 36 22 nov | - | - | 50 29 nov |
| CO | 10 mg/m ³ media mobile su 8 ore | - | 0 | - | 0 | 0 | - | - | - |
| Benzene | 5 µg/m ³ media annuale | - | 0 | - | - | 0 | - | - | - |
| Pb | 0.5 µg/m ³ media annuale | - | 0 | 0 | 0 | 0 | - | - | 0 |
| O ₃ | 120 µg/m ³ media mobile su 8 ore (valore obiettivo) | 25 giorni / anno civile | 75 gg | - | - | 57 gg | - | - | 25 gg |
| | 180 µg/m ³ media oraria (soglia di informazione) | - | 6 | - | - | 3 | - | - | 0 |
| | 240 µg/m ³ media oraria (soglia di allarme) | Fino a 3 ore consecutive | 0 | - | - | 0 | - | - | 0 |
| Benzo(a) Pirene | 1.0 ng/m ³ media annuale (valore obiettivo) | - | 0 | 0 | 0 | 0 | - | - | 0 |
| As | 6.0 ng/m ³ media annuale (valore obiettivo) | - | 0 | 0 | 0 | 0 | - | - | 0 |
| Cd | 5.0 ng/m ³ media annuale (valore obiettivo) | - | 0 | 0 | 0 | 0 | - | - | 0 |
| Ni | 20.0 ng/m ³ media annuale (valore obiettivo) | - | 0 | 0 | 0 | 0 | - | - | 0 |

Tabella 4) Superamenti dei limiti normativi nell'anno 2011

Approfondimento

Materiale particolato – relazioni tra PM_{10} e $PM_{2.5}$

Nella provincia di Cuneo il campionamento della frazione di particolato con diametro inferiore a $2.5 \mu\text{m}$ (il cosiddetto $PM_{2.5}$ o frazione *fine* o *respirabile*) viene eseguito, dal maggio 2010, presso le stazioni di Cuneo e Saliceto, stazione di fondo urbano la prima e stazione di fondo rurale la seconda.

Nel seguito intendiamo approfondire una prima analisi dei dati della frazione fine del particolato in relazione ai dati campionati in parallelo del PM_{10} , frazione *sottile* o *inalabile* delle polveri.

Nella figura 45 sono rappresentati, per le stazioni di Saliceto e Cuneo, i dati delle concentrazioni delle due frazioni PM_{10} e $PM_{2.5}$, campionate dal 17 maggio 2010 al 31 marzo 2012, e della frazione “grossolana” data dalla differenza delle concentrazioni del PM_{10} e del $PM_{2.5}$. Si può subito cogliere come la variabilità stagionale, che caratterizza sia i dati di PM_{10} che quelli di $PM_{2.5}$, non emerga in nessun modo nei dati della frazione grossolana, per la quale non si riesce ad intravedere nessuna periodicità particolare.

Confrontando i dati della frazione grossolana delle due stazioni si può notare come i dati di Saliceto siano generalmente più contenuti rispetto a quelli di Cuneo che variano in un range più ampio. Tra i dati di Cuneo emerge in particolare un periodo con dati anomali: un netto aumento della frazione grossolana nella seconda metà di febbraio 2012 che è poi andata decrescendo fino a fine marzo.

I valori delle concentrazioni di PM_{10} registrati a Cuneo in tale periodo sono stati esaminati con attenzione poiché sono risultati anomali sia rispetto ai dati della vicina stazione di Borgo San Dalmazzo, con la quale i dati sono generalmente in buon accordo, che rispetto ai dati di tutte le stazioni della provincia. In particolare si è visto che, dopo l'abbattimento delle polveri registrato il 21 febbraio '12, dovuto alla nevicata della notte precedente, le concentrazioni di PM_{10} di Cuneo hanno subito una crescita tale da superare tutti i valori della provincia e raggiungere livelli anche doppi rispetto a quelli registrati a Borgo San Dalmazzo, mentre le concentrazioni di $PM_{2.5}$ hanno mantenuto valori contenuti e molto simili a quelli di Saliceto. Le elevate concentrazioni di PM_{10} e circa 10 superamenti registrati in tale periodo esclusivamente a Cuneo sono pertanto attribuibili ad una maggiore e anomala presenza della frazione più grossolana delle polveri, compresa tra $10 \mu\text{m}$ e $2.5 \mu\text{m}$, quasi sicuramente riconducibile al risollevarimento della sabbia abbondantemente utilizzata nell'ultimo inverno per le strade di Cuneo durante le neviccate.

Nella figura 46 sono rappresentate, in funzione delle concentrazioni di PM_{10} , i corrispondenti valori della frazione fine e di quella grossolana. Si osserva come PM_{10} e $PM_{2.5}$ abbiano una forte correlazione, mentre tra PM_{10} e la sua frazione grossolana ($PM_{10}-PM_{2.5}$) la correlazione sia assente o molto debole. Pertanto, salvo casi anomali come quello descritto del febbraio 2012 a Cuneo, **la variazione nel tempo delle concentrazioni di PM_{10} è dominata dalla variazione della frazione $PM_{2.5}$** , e ciò conferma, anche per i nostri siti, quanto riportato in letteratura¹⁵.

La correlazione tra PM_{10} e $PM_{2.5}$ è più forte a Saliceto, ovvero, come già dedotto dalla figura 45, la frazione grossolana è più costante nel tempo, che a Cuneo, dove la frazione grossolana subisce abitualmente più variazioni, probabilmente a causa del risollevarimento del traffico veicolare più intenso.

¹⁵ M.D. Keywood et al. *Atmospheric Environment* 33 (1999) 2907-2913

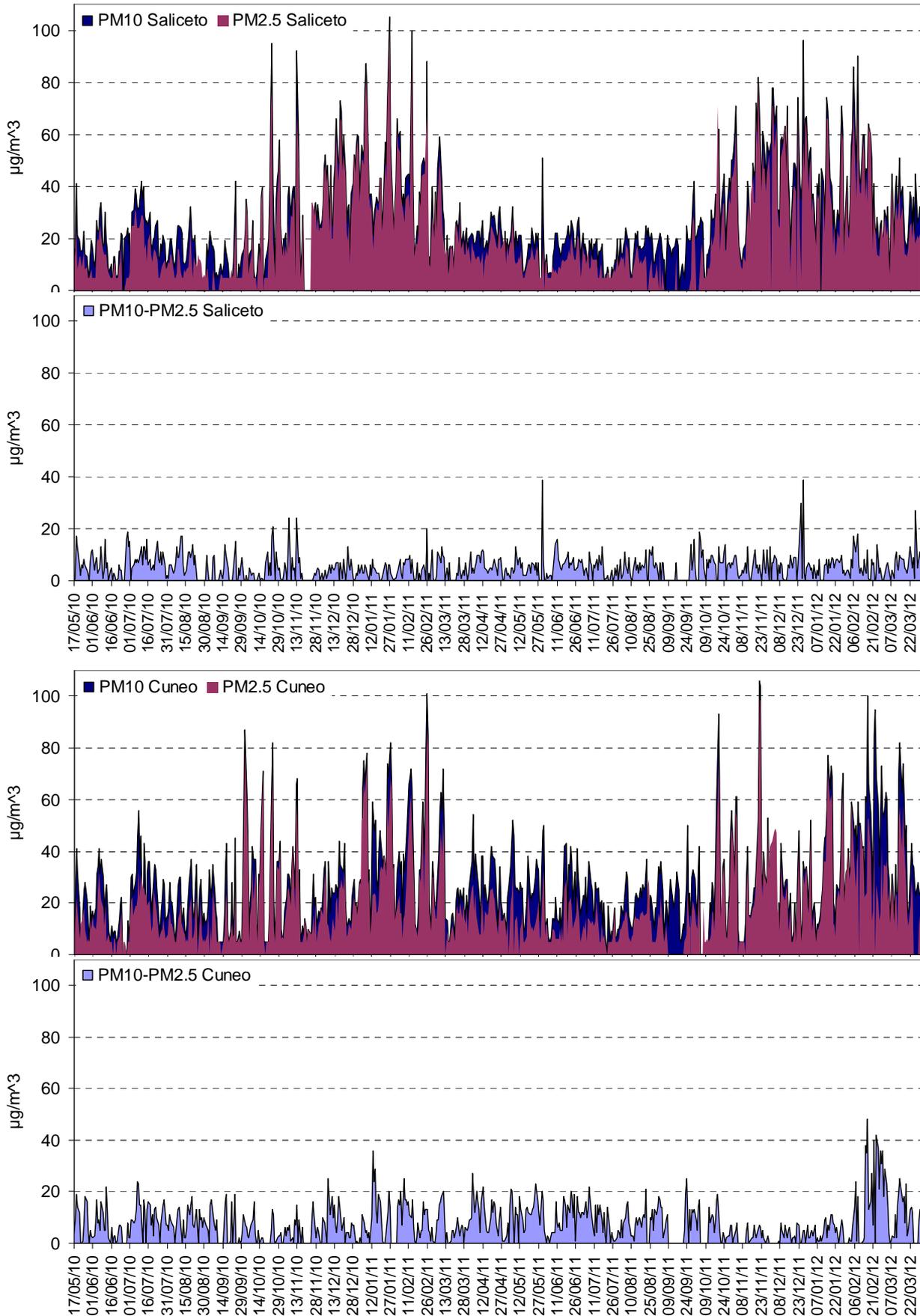


Figura 45) Concentrazioni giornaliere di PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ e $\text{PM}_{10}-\text{Pm}_{2.5}$ a Saliceto e Cuneo relative al periodo 17 maggio 2010 ÷ 31 marzo 2012

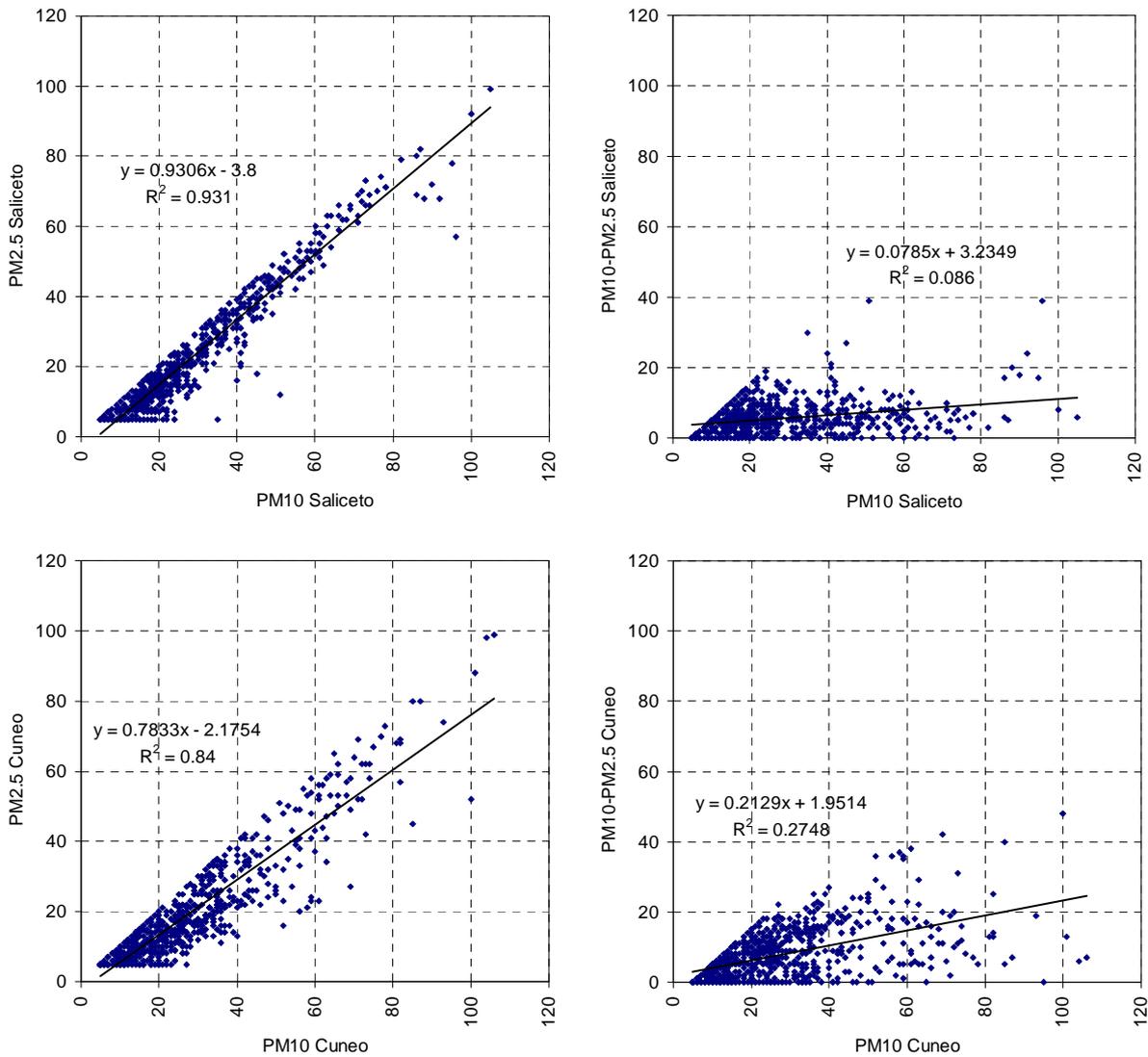


Figura 46) Grafici a dispersione delle concentrazioni giornaliere (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) di PM_{2.5} e PM₁₀-PM_{2.5} in funzione della concentrazione di PM₁₀ a Saliceto e Cuneo relative al periodo 17 maggio 2010 ÷ 31 marzo 2012

Per evitare di alterare i risultati dell'analisi dei dati con i valori anomali di Cuneo registrati a febbraio e marzo 2012, per le elaborazioni descritte nel seguito sono stati utilizzati i dati del periodo 17 maggio 2010 ÷ 31 gennaio 2012.

La distribuzione dei valori delle tre frazioni considerate per l'intero periodo di analisi sono rappresentate con i diagrammi a scatola (box plot) della figura seguente.

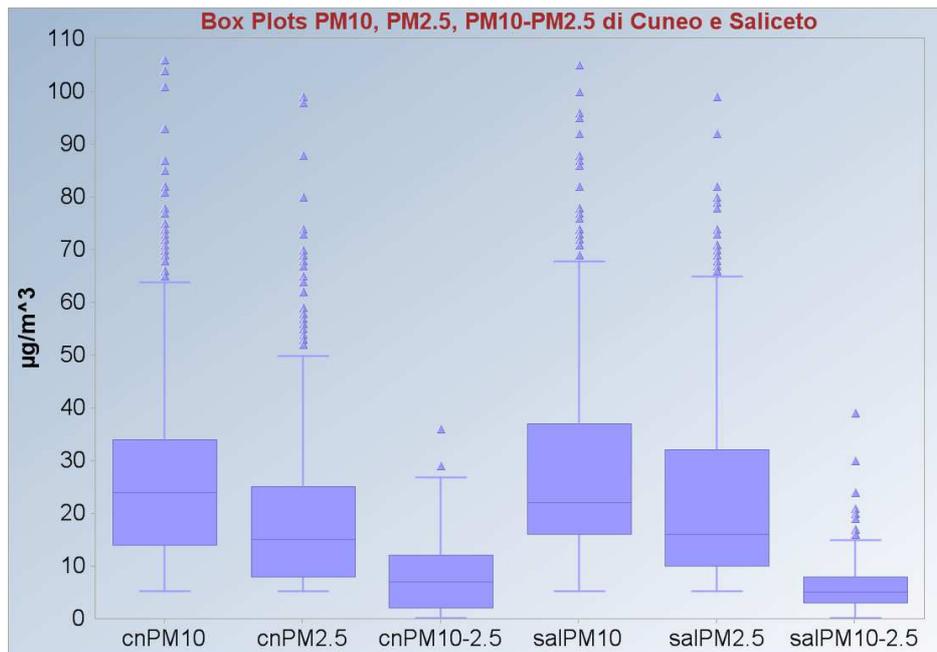


Figura 47) Box plots delle concentrazioni giornaliere di PM_{10} , $PM_{2.5}$ e $PM_{10-PM_{2.5}}$ registrate a Cuneo e Saliceto nel periodo 17 maggio 2010 ÷ 31 gennaio 2012

I box plot e le principali informazioni statistiche dei campioni di dati considerati, riportate nella tabella 5, mostrano per i PM_{10} e $PM_{2.5}$ la grande variabilità delle concentrazioni giornaliere dovute alle condizioni meteorologiche e termodinamiche dell'atmosfera e, in particolare all'altezza dello strato rimescolato. Emerge, anche da queste informazioni, la minore variabilità, già evidenziata, della frazione grossolana campionata a Saliceto rispetto a quella di Cuneo.

| | PM10 Cuneo $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | PM2.5 Cuneo $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | PM(10-2.5) Cuneo $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | PM2.5/PM10 Cuneo | PM10 Saliceto $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | PM2.5 Saliceto $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | PM(10-2.5) Saliceto $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | PM2.5/PM10 Saliceto |
|---------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---|------------------|--|---|--|---------------------|
| N° dati | 595 | 595 | 570 | 570 | 587 | 576 | 548 | 548 |
| Minimo | 5 | 5 | 0 | 0.2 | 5 | 5 | 0 | 0.1 |
| Massimo | 106 | 99 | 36 | 1 | 105 | 99 | 39 | 1 |
| Media | 26.5 | 19.4 | 7.7 | 0.71 | 28.2 | 22.9 | 5.8 | 0.76 |
| Dev. standard | 17.2 | 15.5 | 6.2 | 0.20 | 18.1 | 17.8 | 4.8 | 0.19 |
| Mediana | 24 | 15 | 7 | 0.7 | 22 | 16 | 5 | 0.8 |
| 10°percentile | 8 | 5 | 0 | 0.4 | 10 | 5 | 0 | 0.5 |
| 90°percentile | 48 | 39.2 | 16 | 1 | 55 | 49.5 | 11 | 1 |

Tabella 5) Parametri statistici delle concentrazioni giornaliere di PM_{10} , $PM_{2.5}$ e $PM_{10-PM_{2.5}}$ e del rapporto $PM_{2.5}/PM_{10}$ di Cuneo e Saliceto del periodo 17 maggio 2010 ÷ 31 gennaio 2012.

Per il periodo analizzato, le due frazioni PM_{10} e $PM_{2.5}$ sono ben correlate ($R=0.94$ a Cuneo, $R=0.96$ a Saliceto) e la media del rapporto $PM_{2.5}/PM_{10}$ è pari a 0.71 ± 0.20 a Cuneo e 0.76 ± 0.19 a Saliceto. In realtà questo rapporto varia fortemente in relazione alle differenti condizioni meteorologiche e termodinamiche dell'atmosfera.

Il rapporto $PM_{2.5}/PM_{10}$ è stato calcolato suddividendo i dati nelle stagioni e separando i giorni feriali dai fine settimana. I risultati medi e la deviazione standard, riportati nella tabella 6, evidenziano in particolare variazioni stagionali, mentre le differenze tra i giorni lavorativi e del fine settimana sono lievi.

| Cuneo: $PM_{2.5}/PM_{10}$ | Weekday (lun ÷ ven) | Weekend |
|---|---------------------|-------------|
| Inverno (Dic-Gen-Feb) | 0.79+- 0.18 | 0.82+- 0.19 |
| Primavera (Mar-Apr-Mag) | 0.64+- 0.18 | 0.66+- 0.16 |
| Estate (Giu-Lug-Ago) | 0.60+- 0.17 | 0.59+- 0.18 |
| Autunno (Set-Ott-Nov) | 0.78+- 0.20 | 0.82+- 0.20 |

| Saliceto: $PM_{2.5}/PM_{10}$ | Weekday (lun ÷ ven) | Weekend |
|--|---------------------|-------------|
| Inverno (Dic-Gen-Feb) | 0.89+- 0.09 | 0.85+- 0.16 |
| Primavera (Mar-Apr-Mag) | 0.74+- 0.17 | 0.78+- 0.17 |
| Estate (Giu-Lug-Ago) | 0.63+- 0.18 | 0.69+- 0.20 |
| Autunno (Set-Ott-Nov) | 0.74+- 0.21 | 0.82+- 0.16 |

Tabella 6) Media e deviazione standard del rapporto $PM_{2.5}/PM_{10}$ di Cuneo e Saliceto, nel periodo 17 maggio 2010 ÷ 31 gennaio 2012, suddiviso per stagioni e giorni feriali-festivi.

Piuttosto che limitarsi a valutare il rapporto tra la frazione fine e quella sottile, si ritiene più consistente ed utile approfondire le analisi sul comportamento sulle singole frazioni del particolato.

Come riscontrato in letteratura¹⁶ **la frazione $PM_{2.5}$ ha un ruolo predominante durante gli episodi di inquinamento rilevanti**, infatti valutando le giornate con concentrazione di PM_{10} superiore a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (superamenti del limite giornaliero), il rapporto $PM_{2.5}/PM_{10}$ assume a Cuneo il valore 0.83 ± 0.13 (53 eventi) e 0.89 ± 0.11 a Saliceto (69 eventi). Contrariamente, nei potenziali eventi di Föhn individuati a Cuneo¹⁷, il rapporto $PM_{2.5}/PM_{10}$ raggiunge i valori minimi: 0.5 ± 0.2 (30 eventi) e tale riduzione è dovuta ad una forte diminuzione della frazione fine. Analizzando infatti con un test statistico le medie delle due frazioni che costituiscono il PM_{10} si deduce che, durante gli episodi di Föhn, la riduzione della frazione $PM_{2.5}$ è significativa (da $19.4\pm 15.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a $8.2\pm 3.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$), mentre la frazione grossolana non subisce variazioni statisticamente significative (da $7.7\pm 6.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a $6.8\pm 5.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

In realtà, anche se il Föhn è più efficace e determina una rimozione maggiore, è sufficiente che la giornata sia ventosa per riscontrare una diminuzione significativa delle polveri sottili. In particolare sono state analizzate le giornate con velocità del vento superiore a 1.5 m/s e, in tali condizioni, si è osservata sia a Cuneo che a Saliceto una riduzione statisticamente significativa della frazione $PM_{2.5}$ (da $19.4\pm 15.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a $11.8\pm 7.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a Cuneo con 283 eventi, da $22.9\pm 17.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a $16.4\pm 10.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a Saliceto con 165 eventi); per la frazione grossolana tra i dati di Cuneo non sono state osservate variazioni significative, mentre la media dei valori registrati a Saliceto durante le giornate ventose mostra un aumento significativo della frazione $PM_{10}-PM_{2.5}$ (da $7.7\pm 6.2/\text{m}^3$ a $7.3\pm 5.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a Cuneo, da $5.8\pm 4.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a $7.0\pm 4.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a Saliceto) che potrebbe far pensare ad un contributo dell'aerosol marino, ma che richiederebbe analisi mirate.

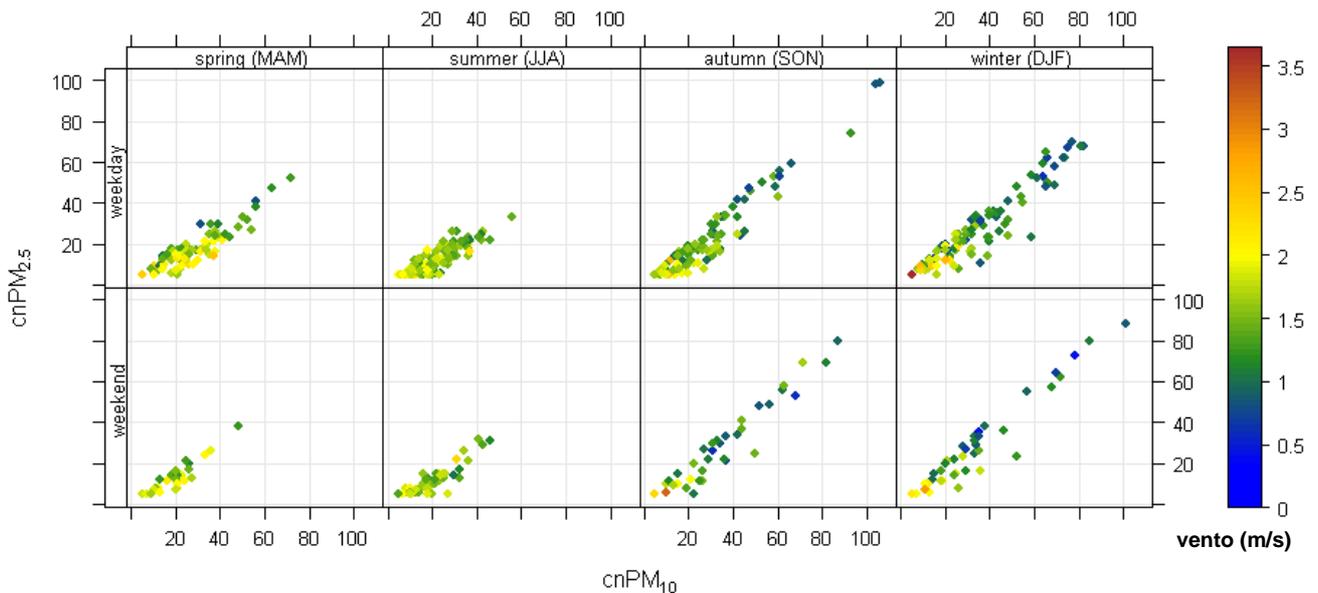
Nella figura 48 sono rappresentate con grafici a dispersione le concentrazioni giornaliere di $PM_{2.5}$ in relazione alle concentrazioni di PM_{10} di Cuneo e Saliceto, il colore dell'indicatore individua il valore della velocità media giornaliera del vento registrata rispettivamente nelle

¹⁶ G.M. Marcazzan et al. *The science of the Total Environment* 317 (2003) 137-147

¹⁷ Sono state selezionate le giornate con umidità relativa media inferiore al 40% e contemporaneamente velocità del vento media superiore a 1.5 m/s

stazioni meteorologiche di Cuneo Camera di Commercio e Saliceto – Bergalli. Emergono, come ovvio, le concentrazioni più elevate in autunno e inverno in corrispondenza di intensità del vento più contenute, quando la concentrazione di $PM_{2.5}$ si avvicina maggiormente a quella del PM_{10} . Nelle giornate con velocità del vento più elevate si può osservare come l'indicatore si sposti verso l'asse delle ascisse, ovvero la giornata sia caratterizzata da concentrazioni di $PM_{2.5}$ più basse.

Cuneo: $PM_{2.5}$ e PM_{10} al variare della velocità del vento



Saliceto: $PM_{2.5}$ e PM_{10} al variare della velocità del vento

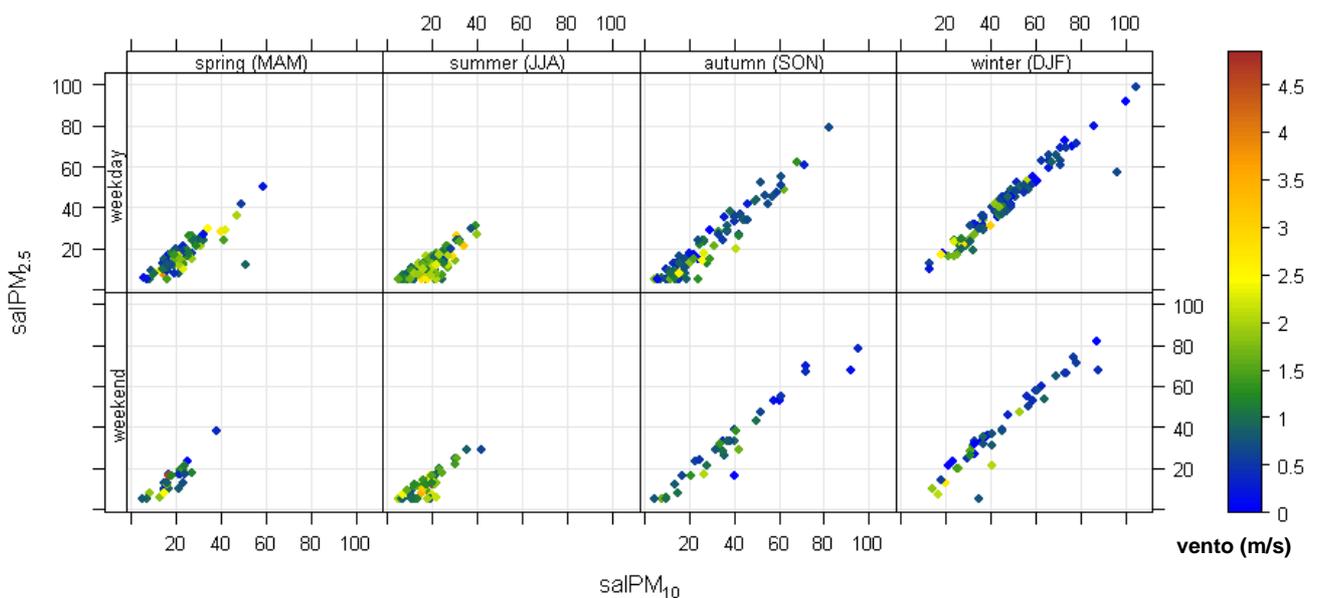


Figura 48) Concentrazioni giornaliere di $PM_{2.5}$, e PM_{10} (in $\mu g/m^3$) registrate a Cuneo e Saliceto nel periodo 17 maggio 2010 ÷ 31 gennaio 2012 al variare della velocità media giornaliera del vento (in m/s)

Mentre il vento non riesce a rimuovere la frazione grossolana delle polveri, le precipitazioni atmosferiche risultano essere efficaci nella riduzione di entrambe le frazioni, con una rimozione più consistente per la frazione grossolana. Analizzando infatti le concentrazioni delle 24 ore seguenti un giorno con precipitazione cumulata di almeno 5 mm, si riscontrano riduzioni statisticamente significative delle due frazioni e percentualmente più elevate per la frazione $PM_{10}-PM_{2.5}$ (riduzione del 65% a Cuneo e del 47% a Saliceto) rispetto alla frazione $PM_{2.5}$ (riduzione del 55% a Cuneo e del 41% a Saliceto).

Per valutare se esistano variazioni particolari delle concentrazioni delle due frazioni nei diversi giorni della settimana, nei grafici delle figure seguenti sono rappresentati i valori medi di ciascun giorno della settimana, suddivisi per stagioni (l'ombreggiatura rappresenta l'intervallo di confidenza al 95% della media). Le variazioni delle concentrazioni durante la settimana sono più evidenti presso la stazione di Cuneo, sito urbano sicuramente caratterizzato da maggior traffico rispetto a Saliceto. In particolare si vede come la concentrazione di entrambe le frazioni diminuisca la domenica, con una riduzione in genere più marcata per i PM_{10} , probabilmente dovuto al minor risollevarimento da traffico della frazione grossolana che si verifica nel giorno festivo ed al più lungo tempo di residenza in atmosfera della frazione più fine.

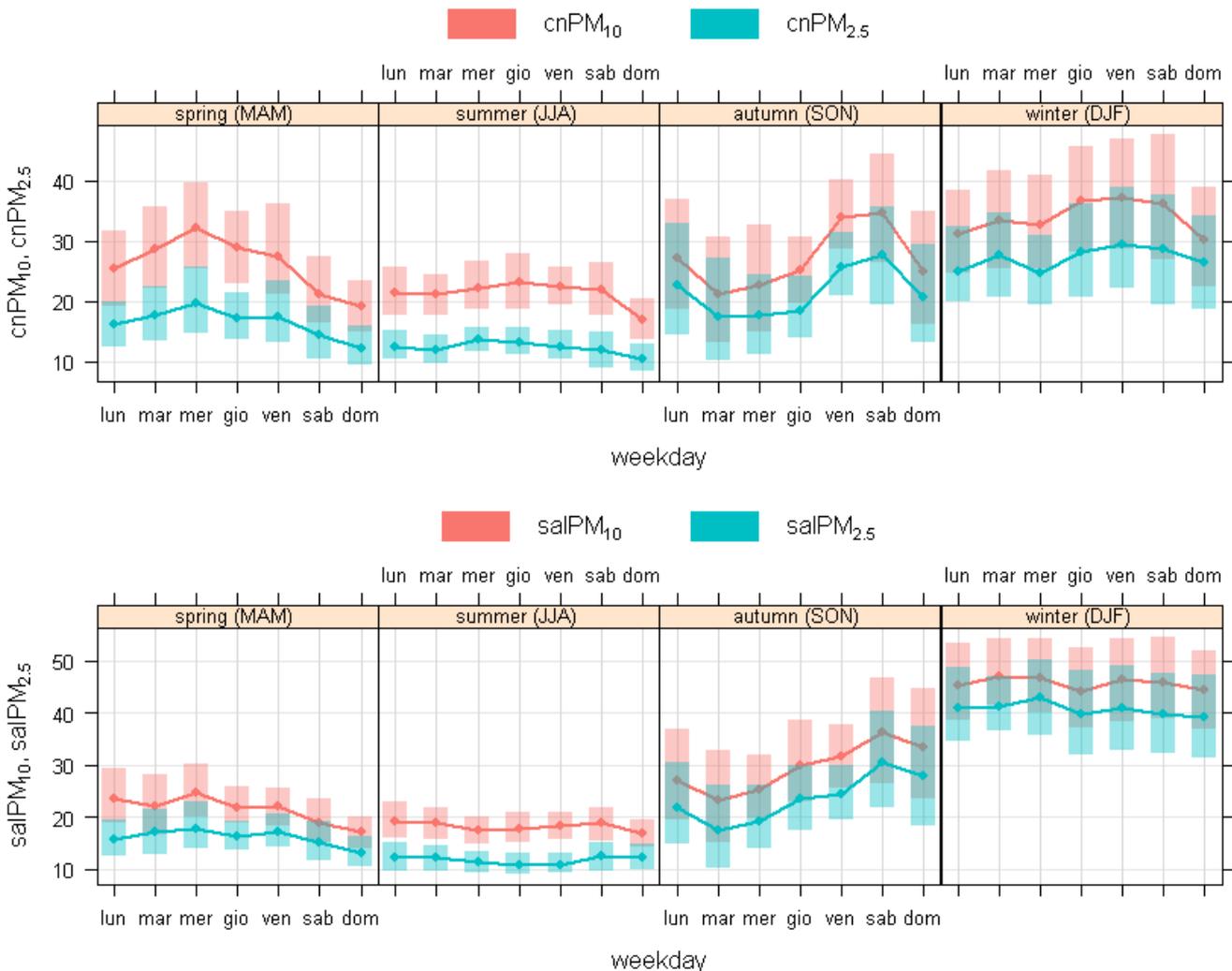


Figura 49) "Settimane tipo" per PM_{10} e $PM_{2.5}$ (in $\mu g/m^3$) di Cuneo e Saliceto suddivise per stagioni (primavera: Marzo, Aprile, Maggio; estate: Giugno, Luglio, Agosto; autunno: Settembre, Ottobre, Novembre; inverno: Dicembre, Gennaio, Febbraio). Dati del periodo 17 maggio 2010 ÷ 31 gennaio 2012

Se si esaminano solamente i dati corrispondenti a giorni con intensità del vento inferiore ad 1.5 m/s e con precipitazioni nulle o inferiori ai 5 mm (nel giorno stesso e nel giorno precedente), ovvero consideriamo solo giorni senza particolari fenomeni di rimozione, i grafici diventano quelli della figura seguente. Naturalmente le medie salgono nettamente rispetto a considerare tutti i dati, perché mancano i giorni con le concentrazioni più basse, e nel valutare i dati occorre considerare che anche l'ampiezza dell'intervallo di confidenza è generalmente maggiore in quanto il numero di dati disponibili si riduce.

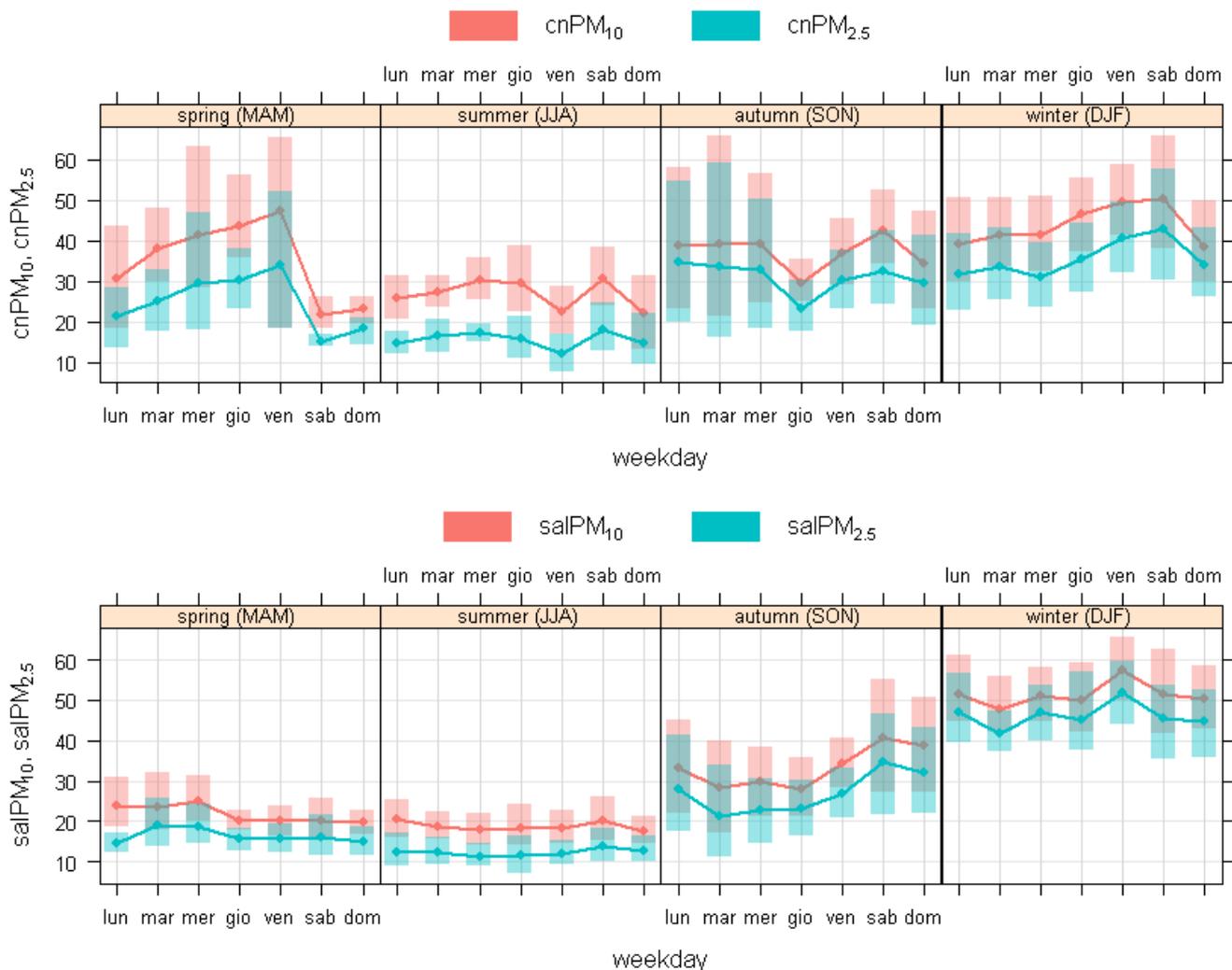


Figura 50) “Settimane tipo” per PM_{10} e $\text{PM}_{2.5}$ (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) di Cuneo e Saliceto suddivise per stagioni (primavera: Marzo, Aprile, Maggio; estate: Giugno, Luglio, Agosto; autunno: Settembre, Ottobre, Novembre; inverno: Dicembre, Gennaio, Febbraio). Dati del periodo 17 maggio 2010 ÷ 31 gennaio 2012 considerando giorni con velocità del vento $< 1.5 \text{ m/s}$ e con precipitazioni nulle o inferiori a 5 mm (nel giorno stesso e nel giorno precedente)