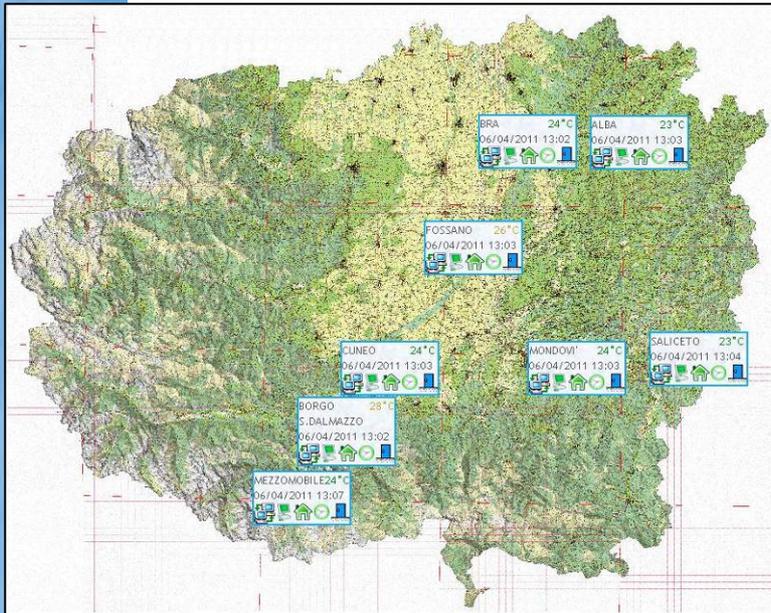


DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI CUNEO



MONITORAGGIO DELLA QUALITA' DELL'ARIA

ANNO 2013

TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI CUNEO

MONITORAGGIO DELLA QUALITA' DELL'ARIA

SUL

TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI CUNEO

ANNO 2013

ARPA Piemonte Dipartimento Provinciale di Cuneo - Responsabile Silvio Cagliero

Testi ed elaborazioni a cura di:

Luisella Bardi, 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

Le determinazioni analitiche dei metalli e degli IPA sono state realizzate da:

Laboratorio del Dipartimento Provinciale Arpa di Torino - Sede di Grugliasco

Il coordinamento della Rete Regionale della Qualità dell'Aria e del Sistema regionale di monitoraggio meteorologico è curato dalla:

Struttura complessa Sistemi Previsionali

Maggio 2014

Indice

PREFAZIONE	2
LA RETE DI MONITORAGGIO.....	4
GLI INQUINANTI.....	7
CONFRONTO DEI VALORI DEL PERIODO 2002 ÷ 2013	18
MATERIALE PARTICOLATO	18
PM ₁₀	18
PM _{2.5}	30
BIOSSIDO DI AZOTO – NO ₂	34
OZONO – O ₃	44
BIOSSIDO DI ZOLFO – SO ₂	47
BENZENE E MONOSSIDO DI CARBONIO.....	48
I METALLI PESANTI : PIOMBO, ARSENICO, CADMIO E NICHEL	49
BENZO(A)PIRENE.....	52
<i>SUPERAMENTI NELL'ANNO 2013.....</i>	54

Prefazione

Come avviene ormai dall'inizio dell'attivazione della rete, a conclusione di ogni anno il Dipartimento provinciale ARPA di Cuneo fornisce un'analisi dei risultati prodotti dalle stazioni della rete provinciale analizzati nella loro totalità.

La relazione del 2013 è articolata in tre parti. Nel primo capitolo si descrive la rete di monitoraggio provinciale, la dotazione strumentale ed i principali cambiamenti che si sono verificati nel corso dell'ultimo anno in seguito al programma di revisione regionale; nel secondo capitolo vengono illustrati, sottoforma di schede, le principali informazioni relative agli inquinanti della qualità dell'aria. Il terzo capitolo riporta l'analisi dei risultati: presentate sottoforma di grafici e figure le risultanze acquisite nell'ultimo anno vengono confrontate con quelle degli anni precedenti. I parametri considerati sono stati:

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 paragrafo conclusivo riporta una tabella riassuntiva che illustra per il 2013 il rispetto o meno dei limiti normativi di tutti gli inquinanti monitorati.

I dati del 2013 di SO₂, CO, benzene e metalli pesanti confermano come le concentrazioni di questi inquinanti siano ormai stabilizzate su valori molto bassi e rispettino ampiamente i limiti stabiliti dalla norma. Per il benzo(a)pirene nuovamente si è verificato il superamento del limite sulla concentrazione media annuale nel sito di Saliceto a causa dei valori elevati presenti nei mesi freddi verosimilmente determinati dal diffuso uso della legna per il riscaldamento.

Per l'ozono, inquinante tipicamente estivo, nonostante la lieve diminuzione registrata rispetto al 2012, il rispetto dei limiti rimane ancora disatteso.

L'anno 2013 si è rivelato come il migliore dall'attivazione della rete sia per il materiale particolato che per gli ossidi di azoto.

Gli approfondimenti dedicati a questi inquinanti, per i quali ancora sussistono criticità a livello europeo, evidenziano per i dati provinciali la presenza di trend di riduzione statisticamente significativi. Tali diminuzioni sono sicuramente indice del miglioramento dell'inquinamento atmosferico che si è verificato su ampia scala, grazie alle azioni intraprese e portate avanti negli anni nella riduzione delle emissioni provenienti dai diversi settori. A tale miglioramento di ampia scala, in alcuni siti della provincia, si sono sommate le riduzioni di contributi prettamente locali, verosimilmente attribuibili alle industrie presenti.

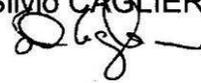
Tali trend di riduzione delle concentrazioni non si possono attribuire alle condizioni meteorologiche, ed in particolare alle precipitazioni, in quanto a livello locale e per la serie temporale in analisi, non si riscontra una tendenza significativa di aumento del numero di giorni di pioggia nel tempo. Tuttavia le elaborazioni condotte dimostrano come le precipitazioni atmosferiche, insieme ad altri fenomeni meteorologici, siano eventi determinanti delle fluttuazioni tra i singoli anni dei livelli raggiunti dall'inquinamento.

Si ritiene pertanto che la particolare "bontà" della situazione dell'inquinamento dell'anno 2013, rispetto ai precedenti, sia da attribuire oltre che alla riduzione delle emissioni che ha

portato al trend riscontrato, anche alle condizioni meteo climatiche avutesi nell'anno. Infatti il 2013 è stato caratterizzato dall'assenza di periodi prolungati di accumulo degli inquinanti durante i mesi freddi dell'anno, che sono stati contraddistinti da un buon dinamismo che ha portato frequenti episodi di precipitazioni anche nevose oltre ad episodi di Föhn.

Dato il permanere di una situazione di criticità, evidente in particolare per quanto riguarda l'inquinamento da polveri sottili, si conclude che, per proseguire nel percorso intrapreso di riduzione delle concentrazioni e pervenire ad un rispetto duraturo dei limiti normativi, occorrerà realizzare in modo omogeneo e congiunto misure di contrasto all'inquinamento atmosferico in tutto il Bacino Padano, prestando molta attenzione agli inquinanti precursori (NO_x , SO_x , COVNM, NH_3). Proprio a tale scopo nel dicembre scorso è stato firmato, dai Ministri competenti e dai Presidenti delle Regioni e delle Province Autonome del nord Italia, un "Accordo di programma per l'adozione coordinata e congiunta di misure per il miglioramento della qualità dell'aria nel Bacino Padano" che impegna le parti ad individuare e realizzare attività da porre in essere, in concorso con quelle ordinariamente svolte, per la realizzazione omogenea e congiunta di misure a breve, medio e lungo periodo di contrasto all'inquinamento atmosferico.

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, nella configurazione attiva nel 2013, 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 Il Reggimento Alpini	
Mondovì	fondo	urbana	residenziale	Largo Marinai d'Italia *	
Saliceto	fondo	rurale	residenziale	Via Monsignor G. Moizo	

* fino al 3 dicembre 2013

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

Nelle stazioni, durante l'anno 2013, 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	
Mondovì		X							
Saliceto	X	X				X	X	X	

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 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.

Il processo di revisione della rete regionale ha previsto nel corso del dicembre 2013 lo spostamento della centralina di Mondovì da Largo Marinai d'Italia a via di Borgo Aragno in modo che diventasse rappresentativa di una zona di "traffico-urbana" e l'installazione della centralina di Staffarda nel comune di Revello al fine di rappresentare una zona di "fondorurale". Per entrambe le centraline l'attivazione è iniziata nel gennaio 2014.

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 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>	<p>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:</p> <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 <i>critica</i> 	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 <i>naturale</i> <i>antropica</i>	<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 <i>primario</i> <i>secondario</i>	<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 <i>salute</i> <i>ambiente</i> <i>materiali</i>	<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 <i>chemiluminescenza</i>	<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)

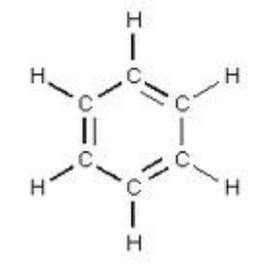
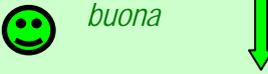
BIOSSIDO DI ZOLFO – SO₂

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' attività vulcanica . 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	24 per anno civile	1 gennaio 2005
	1 giorno	125 µg/m ³	3 per anno civile	1 gennaio 2005

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

BENZENE

<p>Caratteristiche 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. Si ottiene prevalentemente come prodotto della distillazione del petrolio. Viene impiegato come materia prima per numerosi composti secondari, a loro volta impiegati per produrre plastiche, resine, detergenti, pesticidi, intermedi per l'industria farmaceutica, vernici, collanti, inchiostri, adesivi e prodotti per la pulizia. E' utilizzato per conferire proprietà antidetonanti nelle benzine "verdi".</p>
<p>Fonte <i>naturale</i> <i>antropica</i></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. 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. Una fonte importante, in ambienti indoor, è rappresentato dal fumo di tabacco.</p>
<p>Tipologia <i>primario</i></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 <i>salute</i></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 <i>Gasromatografia PID</i></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 <i>buona</i></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	<p>Il monossido di carbonio è un gas incolore, inodore e insapore, infiammabile, e molto tossico.</p> <p>Viene generato durante la combustione di materiali organici, come intermedio di reazione, quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente.</p> <p>Il monossido di carbonio è l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera.</p>
Fonte <i>naturale</i> <i>antropica</i>	<p>Le principali fonti naturali sono agli incendi boschivi, le eruzioni dei vulcani, le emissioni da oceani e paludi.</p> <p>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.</p>
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 salute	<p>Sull'uomo il monossido di carbonio ha effetti particolarmente pericolosi in quanto forma con l'emoglobina del sangue la carbossemoglobina, 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.</p> <p>Sull'ambiente ha effetti trascurabili.</p>
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.

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

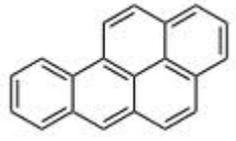
METALLI PESANTI: Piombo, Arsenico, Cadmio e Nichel

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 (eruzioni vulcaniche, fenomeni di erosione) sia all'attività antropica; nell'atmosfera le sorgenti antropiche sono rappresentate principalmente dalle combustioni , dai processi industriali (industrie minerarie, metallurgiche e siderurgiche) e dalle abrasioni dei materiali .
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: problemi ai reni ed alle ossa, disordini neurocomportamentali e dello sviluppo, elevata pressione sanguigna e , potenzialmente, anche cancro al polmone. Nell'ambiente, il fenomeno dell'accumulo sui terreni può danneggiare la fertilità del suolo e favorire l'ingresso dei metalli nella catena alimentare .
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 <i>naturale</i> <i>antropica</i></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 <i>primario</i></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 <i>salute</i></p>	<p>Gli studi condotti sulla pericolosità degli IPA sembrano dimostrare che l'esposizione a concentrazioni significative di queste sostanze comporta 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 <i>GC da filtro PM₁₀</i></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 <i>stabile</i></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	1.0 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 ÷ 2013

Materiale particolato

PM₁₀

Le concentrazioni medie annue di PM₁₀ registrate presso le stazioni della rete provinciale nei diversi anni di monitoraggio sono rappresentate nel grafico della figura 1. L'anno 2013 si rivela come il migliore dall'attivazione della rete per l'inquinamento da polveri sottili, infatti oltre ad essere stato rispettato il limite sulla media annuale in tutte le stazioni della provincia, le concentrazioni medie sono diminuite su tutto il territorio scendendo, quasi ovunque, al di sotto dei minimi raggiunti negli anni precedenti.

Anche per la stazione da traffico urbano di Bra, ricollocata dal 2011 in viale Madonna dei Fiori, la media annua del 2013, sebbene maggiore di quella ottenuta in via Piumati nel 2010, ha rispettato il limite normativo registrando un valore di 37 µg/m³.

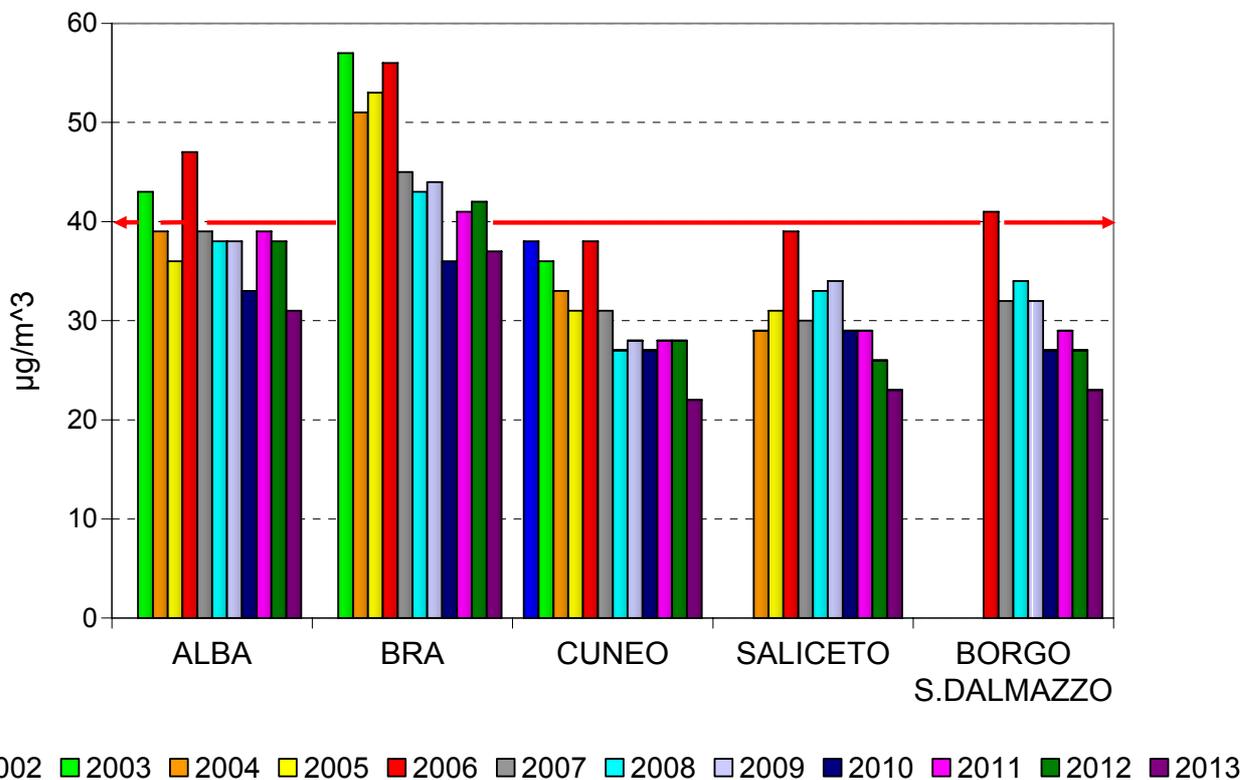


Figura 1) PM₁₀: confronto medie annue (anni con disponibilità dei dati >=90%).

La banda azzurra del grafico di figura 2 rappresenta l'intervallo di valori all'interno del quale si trovano le medie annue rilevate dalle centraline, esso si può considerare rappresentativo delle concentrazioni di PM₁₀ incidenti su tutto il territorio provinciale. Sono ben visibili le fluttuazioni di alcuni anni "particolari" come il 2006, anno critico per l'inquinamento, ed il 2010, anno con concentrazioni contenute, e si vede come nel 2013 il valore medio e il valore minimo abbiano raggiunto i livelli più bassi di tutto il periodo 2003÷2013.

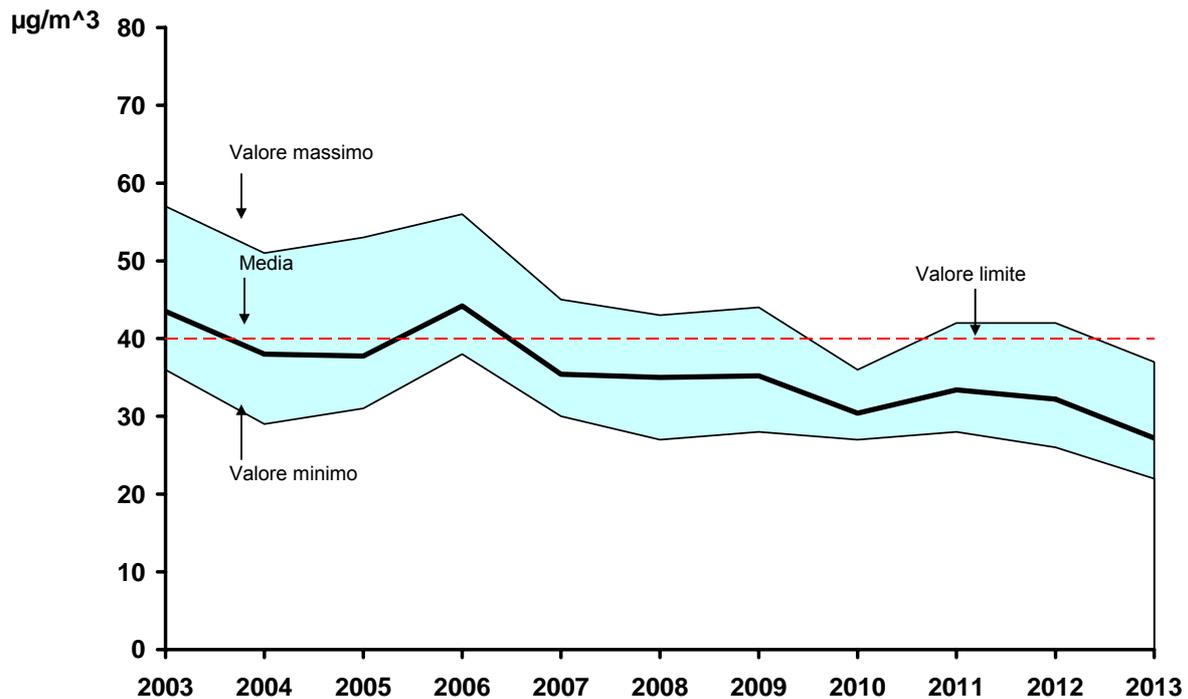


Figura 2) PM_{10} : Valore massimo, medio e minimo delle concentrazioni medie annue rilevate dalle centraline della provincia.

Nel 2013 anche la situazione dei superamenti del limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – figura 3 – è indice di una riduzione dell’inquinamento da polveri sottili. Il numero di superamenti è stato infatti abbondantemente inferiore a 35, numero massimo consentito per anno civile dalla norma, presso le stazioni di Cuneo, Borgo San Dalmazzo e, per la prima volta, a Saliceto. Per le stazioni di Alba e Bra invece, nonostante la riduzione dei superamenti, il limite è stato ancora ampiamente superato.

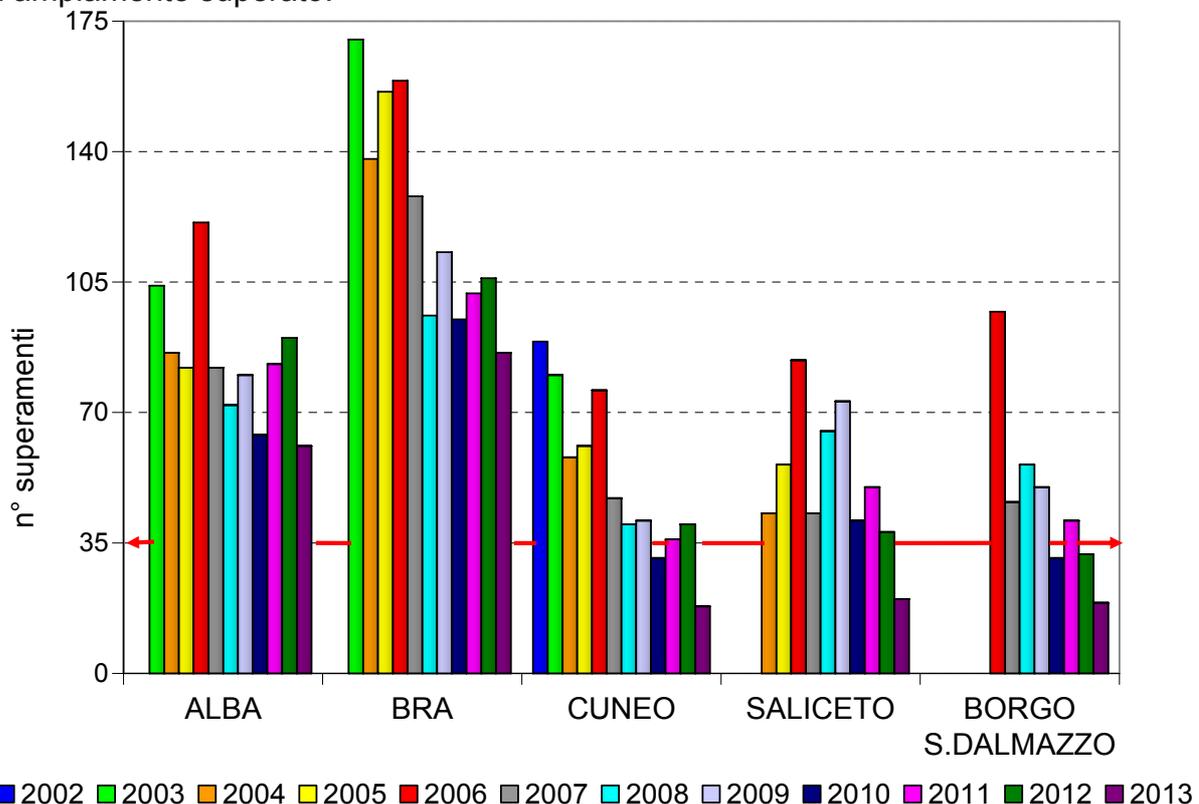


Figura 3) PM_{10} : numero di superamenti del limite giornaliero (anni con disponibilità dei dati $\geq 90\%$).

La media dei superamenti del limite giornaliero calcolata su tutte le stazioni della rete della provincia di Cuneo, riportata nella figura 4, mostra come la situazione provinciale, nonostante le oscillazioni tra gli anni, stia progressivamente e complessivamente tendendo al miglioramento, con una riduzione, nel 2013, del numero medio di superamenti del 33% rispetto al 2012, e del 22% rispetto all'anno 2010.

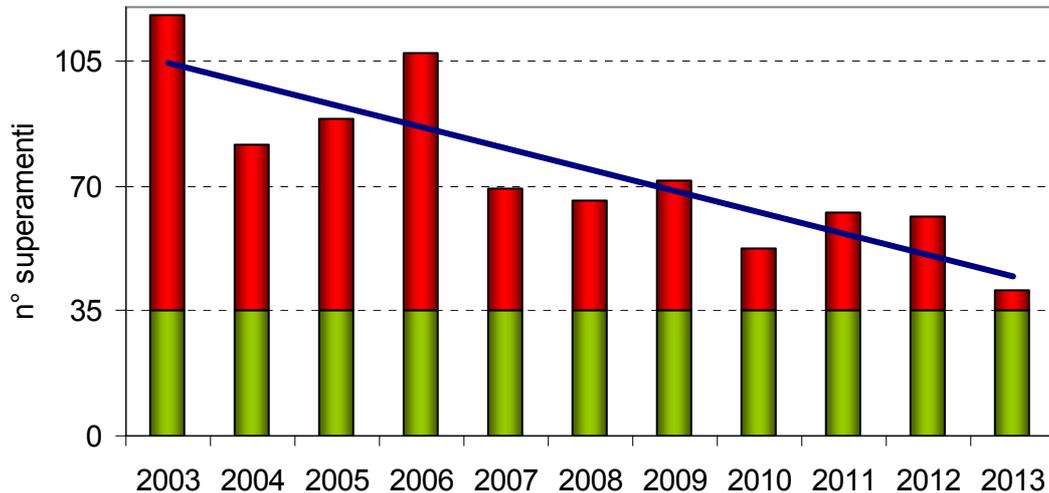


Figura 4) PM₁₀: numero medio di superamenti del limite giornaliero delle centraline della provincia (in rosso il numero di giorni che eccedono il massimo consentito).

La situazione regionale

Per ampliare lo sguardo oltre i confini provinciali ed avere una visione della situazione dei superamenti dei limiti normativi a livello regionale, nei due grafici che seguono sono raffigurate in ordine decrescente le concentrazioni medie e il numero di superamenti dell'anno 2013 per le stazioni della rete della regione Piemonte con percentuale di dati validi superiore al 90%. Vicino al nome di ciascuna stazione è indicata la tipologia e le caratteristiche della zona in cui essa è posizionata e, tra parentesi, i corrispondenti valori relativi agli anni 2011 e 2012, ove disponibili.

Da tali grafici emerge come il miglioramento del 2013 sia stato comune a tutto il territorio regionale. Solamente per 3 stazioni, tutte da traffico urbano, le medie annue dei PM₁₀ si sono mantenute al di sopra dei 40 µg/m³. Il numero di superamenti del limite giornaliero è diminuito in tutte le stazioni e, sebbene sia ancora la maggioranza a "sforare" i 35 superamenti annui, il 41% delle stazioni considerate ha rispettato tale limite. Nel confronto regionale il marcato miglioramento registrato dalle stazioni di Saliceto, Cuneo e Borgo le colloca sempre più a destra nel grafico, ovvero tra le stazioni con i numeri dei superamenti più bassi della regione.

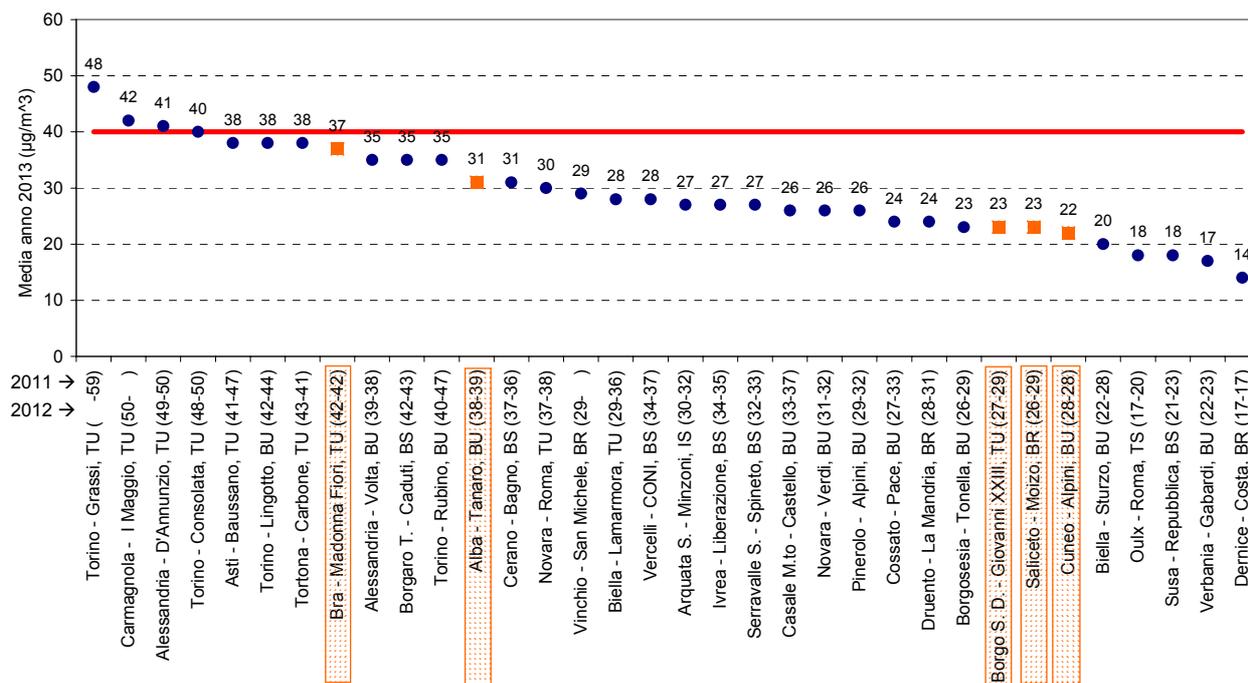


Figura 5) PM_{10} : concentrazioni medie nelle centraline della regione nel 2013 in ordine decrescente (sulle ascisse, dopo il nome è indicata la tipologia della stazione e le caratteristiche della zona: TU=Traffico Urbana, BU=Background Urbana, TS=Traffico Suburbana, BS=Background Suburbana, BR= Background Rurale, IS= Industriale Suburbana; tra parentesi, le concentrazioni medie del 2012 e del 2011; evidenziate in arancione le centraline della provincia di Cuneo).

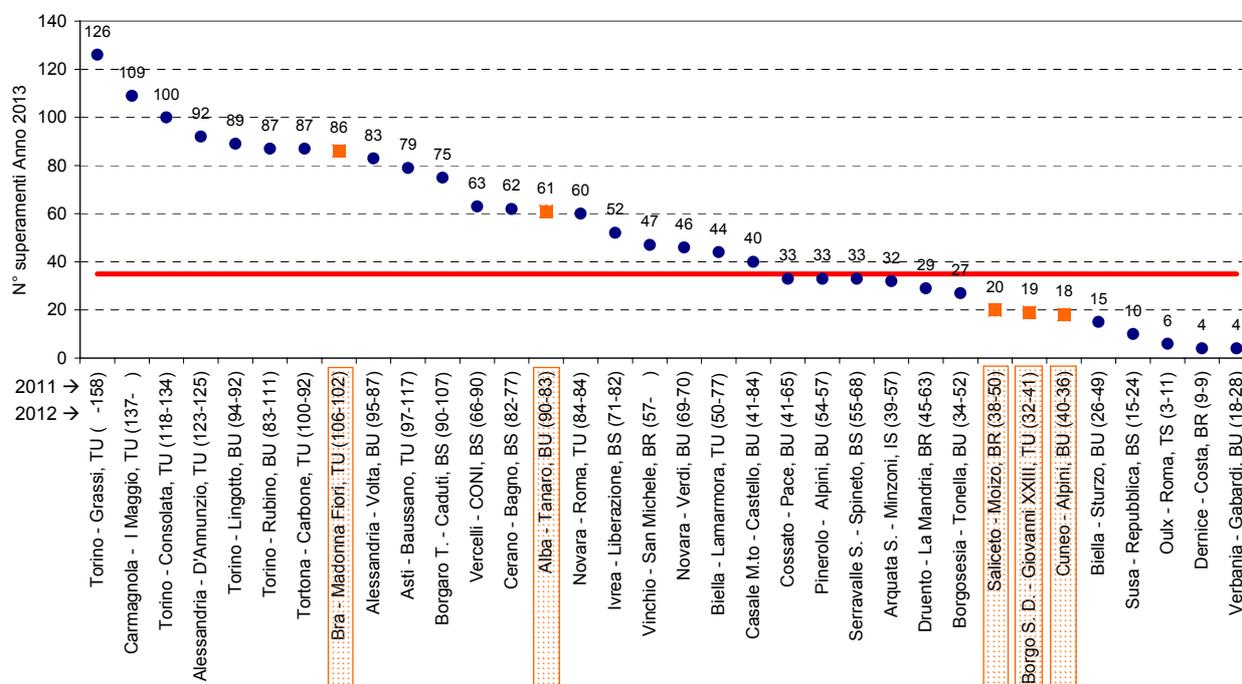


Figura 6) PM_{10} : numero di superamenti del limite giornaliero nelle centraline della regione nel 2013 in ordine decrescente (sulle ascisse dopo il nome è indicata la tipologia della stazione e le caratteristiche della zona: TU=Traffico Urbana, BU=Background Urbana, TS=Traffico Suburbana, BS=Background Suburbana, BR= Background Rurale, IS= Industriale Suburbana; tra parentesi, il numero di superamenti del 2012 e del 2011; evidenziate in arancione le centraline della provincia di Cuneo).

Medie annue e numero di superamenti del limite giornaliero del PM₁₀ sono rappresentate nelle figure 7 e 8 con scale di colore sulla mappa regionale. Le centraline con percentuale di dati validi superiore al 90% sono state suddivise per tipologia: a sinistra le stazioni di fondo e a destra quelle da traffico. Le concentrazioni più elevate sono state misurate presso le stazioni da traffico urbane poste in pianura, dove è maggiore l'accumulo degli inquinanti, ed in particolare nell'area metropolitana.

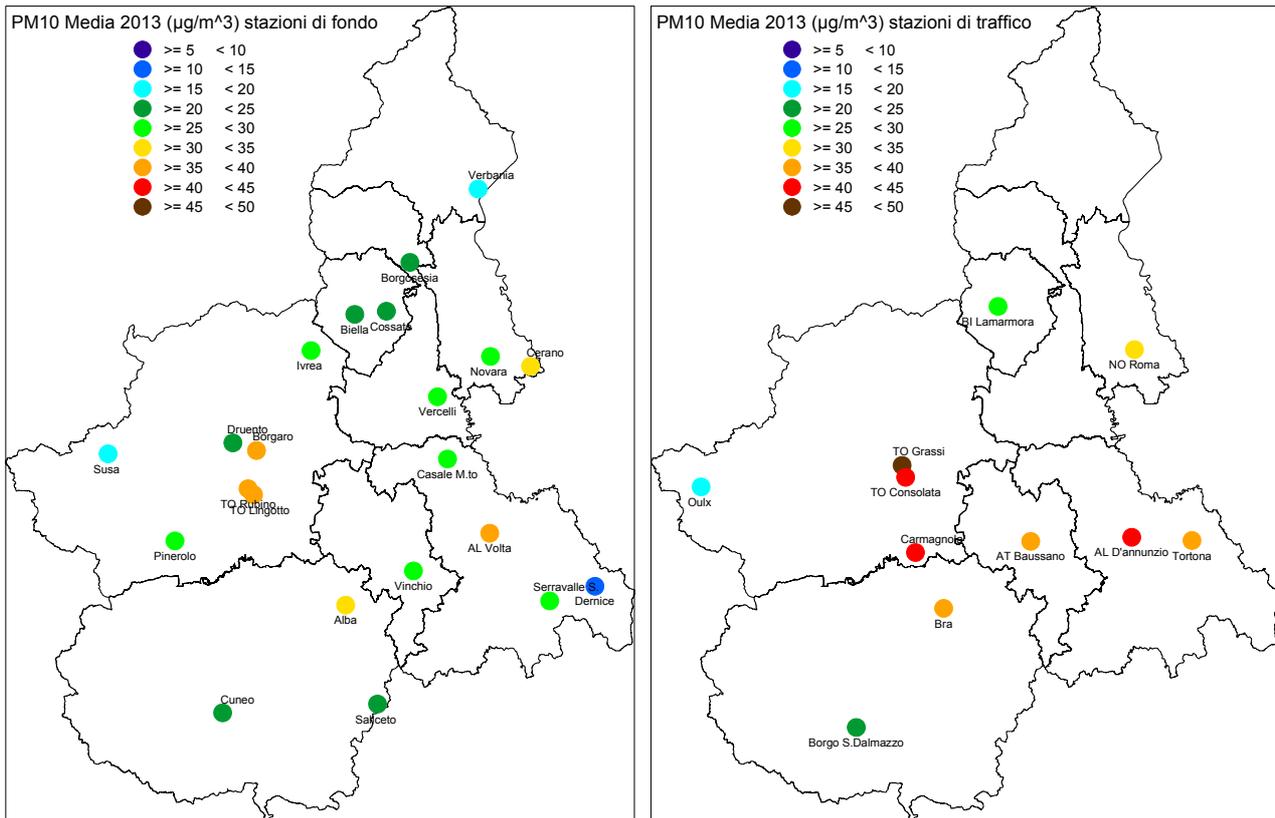


Figura 7) PM₁₀: concentrazioni medie dell'anno 2013 delle stazioni della Regione Piemonte di fondo (sinistra) e di traffico (destra).

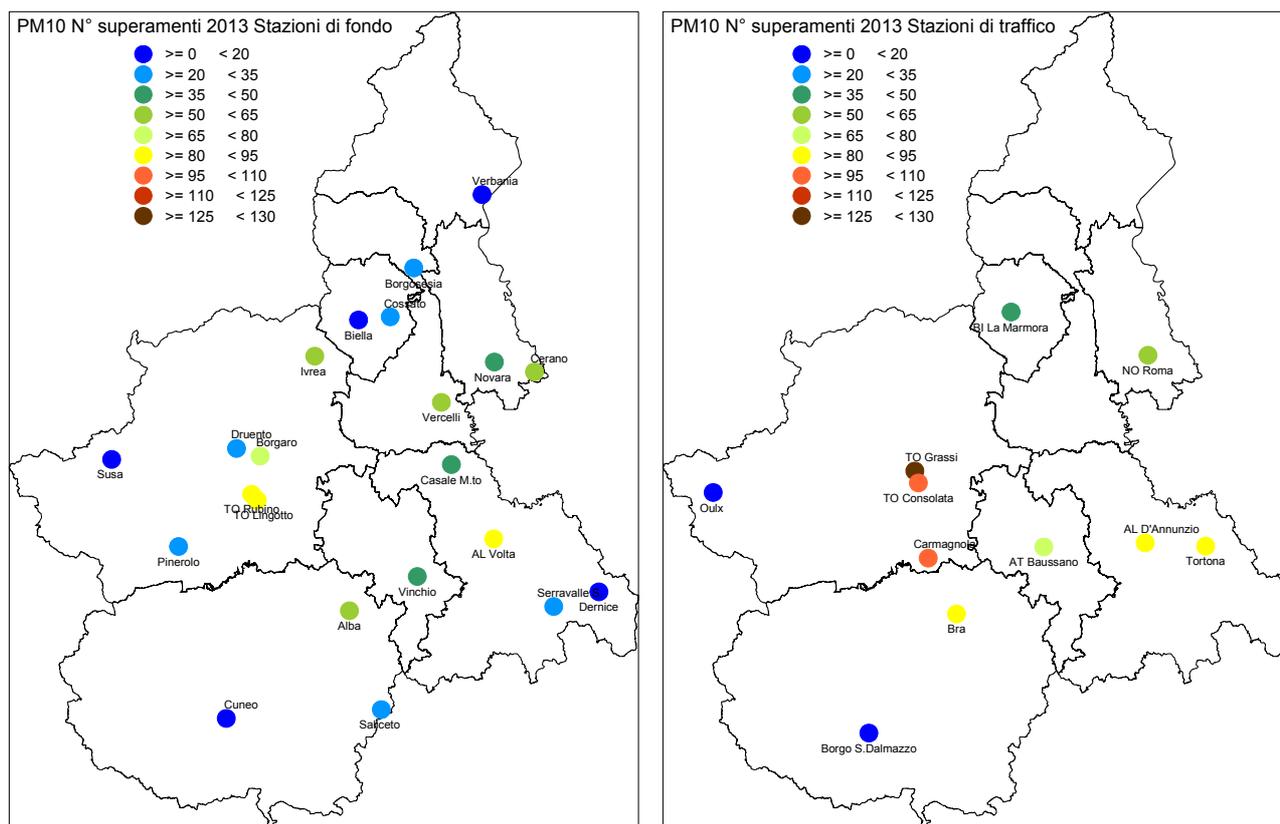


Figura 8) PM₁₀: numero di superamenti della concentrazione giornaliera di 50 µg/m³ dell'anno 2013 delle stazioni della Regione Piemonte di fondo (sinistra) e di traffico (destra).

La concentrazioni del 2013 e l'influenza delle condizioni meteorologiche

Tornando ai dati della provincia di Cuneo la serie temporale delle concentrazioni giornaliere misurate nell'anno 2013 è riportata nella figura della pagina seguente dove si può osservare l'ottimo accordo tra gli andamenti delle concentrazioni nei diversi siti, dovuto al carattere ubiquitario dell'inquinamento da polveri sottili. Ad eccezione di due episodi acuti e molto brevi di inquinamento da polveri sottili che si sono verificati nei giorni tra il 19 e il 20 ottobre e tra l'8 e il 9 novembre, descritti in modo approfondito in apposite relazioni², si può osservare l'assenza di lunghi periodi con concentrazioni elevate.

Dal punto di vista meteorologico è possibile verificare, anche dalle informazioni disponibili sui giorni di nebbia, come nel 2013 siano mancati periodi prolungati di accumulo durante i mesi freddi dell'anno, sono infatti risultati sotto la media *Gennaio e Febbraio, che hanno avuto un buon dinamismo con ben 7 episodi di neve a bassa quota o sulle località pianeggianti* ed il mese di Novembre in cui si sono avuti 8 episodi di foehn e ben cinque ciclogenese sul Mediterraneo. Al di sopra della norma invece Dicembre, grazie alla circolazione prevalente anticiclonica avuta nelle prime due decadi³, che emerge anche come l'unico periodo duraturo del 2013 con concentrazioni al di sopra del limite.

² "Analisi degli episodi acuti di inquinamento da polveri sottili : 19 - 20 ottobre 2013 e 8 - 9 novembre 2013" – Dipartimento Arpa di Cuneo – Novembre 2013

³ "Il clima in Piemonte nel 2013" – Sistemi Previsionali Arpa Piemonte – Febbraio 2014

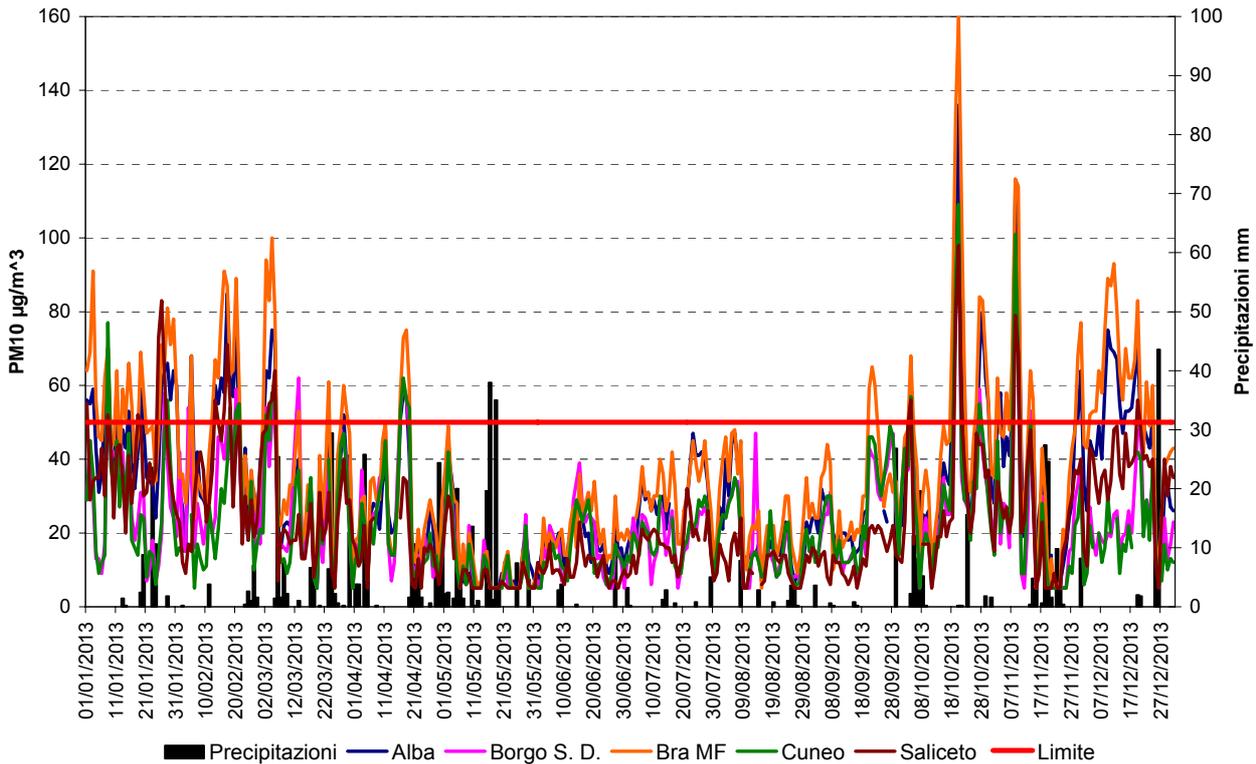


Figura 9) PM_{10} : concentrazioni medie giornaliere rilevate nelle stazioni della provincia nel 2013.

Nella figura 9 oltre alle concentrazioni di PM_{10} sono riportati anche i valori delle precipitazioni giornaliere registrate presso la stazione meteo di Fossano, scelta poiché in posizione centrale nella provincia. Le precipitazioni, insieme al vento, costituiscono i principali fenomeni di rimozione delle polveri e nella figura si può osservare come, in corrispondenza di giorni piovosi, si siano verificate riduzioni delle concentrazioni.

Analizzando i dati delle precipitazioni atmosferiche registrati dalle stazioni meteorologiche di Bra, Cuneo, Fossano e Saliceto (figura 10) il 2013 si rivela come anno con una media della precipitazione cumulata superiore a 800 mm, e, aspetto più rilevante ai fini dell'abbattimento delle polveri, con un numero di giorni con precipitazioni di almeno 5 mm più elevato di quello dei due anni precedenti e analogo a quello del 2010. Nello stesso grafico sono riportate medie provinciali dei superamenti del limite giornaliero dei PM_{10} .

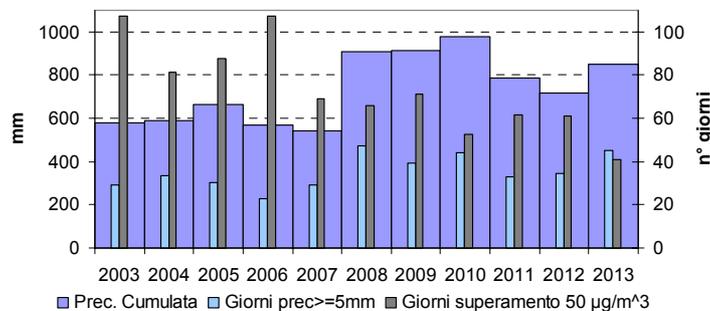


Figura 10) Medie provinciali della precipitazione cumulata e del numero di giorni con precipitazioni superiori a 5 mm (media delle stazioni meteo di Bra, Cuneo, Fossano e Saliceto) e del numero di giorni di superamento del limite giornaliero dei PM_{10} .

Data la “stagionalità” dell’inquinamento da polveri sottili, i numeri dei giorni di superamento del limite di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e i numeri dei giorni con precipitazioni di almeno 5 mm sono stati suddivisi nei quattro trimestri di ogni anno e rappresentati nei grafici della figura 11.

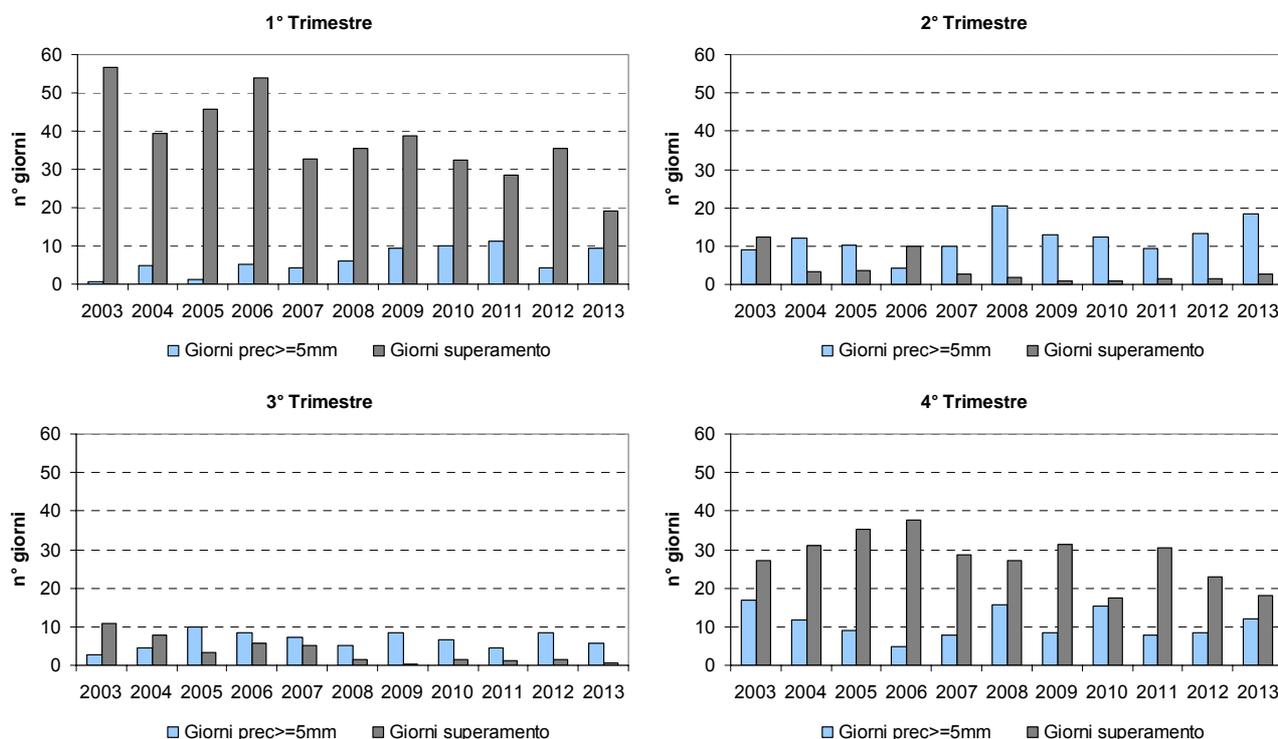


Figura 11) Media provinciale del numero di giorni con superamento del limite giornaliero per i PM_{10} e numero di giorni con precipitazioni cumulate di almeno 5 mm (dalla media delle stazioni meteo di Bra, Cuneo, Fossano e Saliceto).

Complessivamente, utilizzando i dati annuali dal 2003 al 2013, i numeri di giorni con precipitazioni di almeno 5 mm risultano correlati in modo statisticamente significativo sia con i numeri di giorni di superamento che con le medie annue delle concentrazioni.

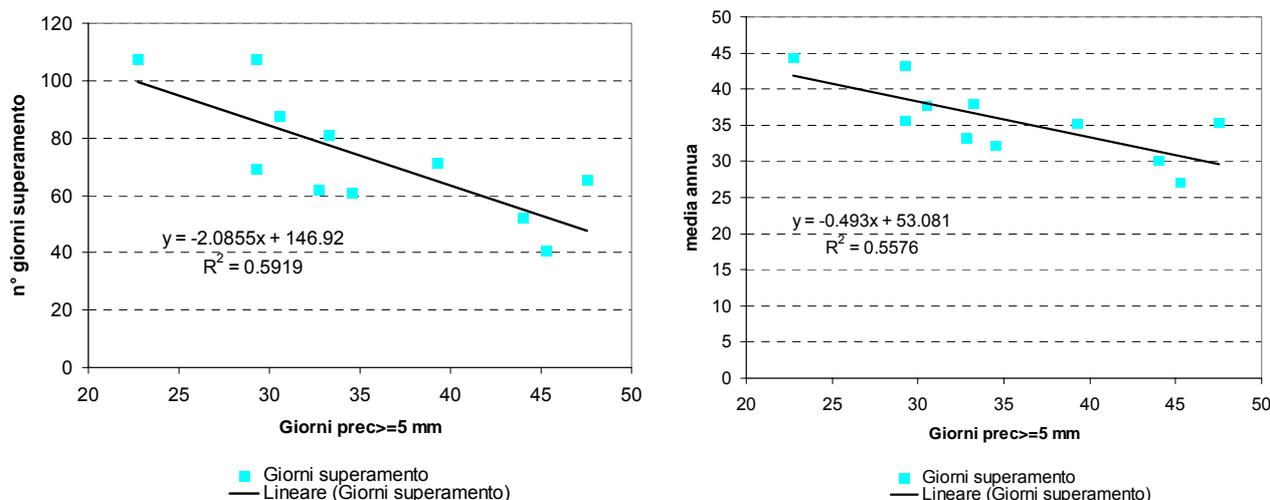


Figura 12) Numero di giorni per anno con superamento del limite giornaliero per i PM_{10} e medie annuali di PM_{10} in funzione del numero di giorni con precipitazioni cumulate di almeno 5 mm.

Le precipitazioni atmosferiche si confermano pertanto come eventi determinanti nella rimozione degli inquinanti, che condizionano soprattutto le fluttuazioni tra i singoli anni dei livelli raggiunti dall'inquinamento da polveri sottili ed in particolare il relativo numero di superamenti del limite giornaliero.

Analizzando la serie temporale dal 2003 al 2013 (figura 10) la regressione tra i dati sembra indicare un incremento nel tempo del numero di giorni di precipitazioni per anno, tuttavia essa non risulta statisticamente significativa, pertanto a livello locale e per tale serie temporale, non si può desumere una tendenza significativa di aumento del numero di giorni di pioggia nel tempo.

Analisi dell'evoluzione nel tempo delle concentrazioni

La presenza di evoluzioni significative nelle serie storiche dei dati di PM₁₀, è stato valutata utilizzando il metodo di Theil-Sen^{4, 5}, implementato nel pacchetto software OpenAir⁶ di cui è stata utilizzata la versione 0.8-5 del 12 aprile 2013. Lo stimatore di Theil-Sen è un metodo di stima non parametrico, ovvero prescinde da ipotesi specifiche sulla distribuzione dei dati presi in esame, ed è uno stimatore "robusto" (ovvero poco sensibile) alla presenza di valori anomali (outliers).

Siccome le concentrazioni dei PM₁₀ presentano una spiccata stagionalità, con valori elevati nei periodi invernali e contenuti in quelli estivi, ed il metodo di Theil-Sen richiede che i dati non abbiano ciclicità, prima del calcolo del trend e della sua significatività è stata rimossa la componente stagionale dei dati sempre con l'uso del pacchetto OpenAir.

Sebbene la stazione di Bra Piumati sia stata dismessa alla fine del 2010, nell'ambito di una convenzione tra Arpa e Comune di Bra, si è scelto di mantenere il campionamento delle polveri come sito di studio, al di fuori del Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'aria, oggetto di "misurazioni indicative" non in continuo del parametro PM₁₀. Data la disponibilità della serie storica di tale sito è stato analizzato anche la sua evoluzione nel tempo⁷.

Per le stazioni attivate nell'anno 2002 sono state considerate le serie storiche dei dati giornalieri a partire dal 2003, i dati del primo anno non sono stati considerati a causa della disponibilità limitata avuta nei primi mesi. Per le stazioni di Borgo San Dalmazzo e Bra Madonna dei Fiori, installate rispettivamente nel 2005 e nel 2011, sono state considerate le serie di dati a partire dall'attivazione. Per tutte le stazioni sono stati analizzati i dati fino al 31 marzo 2014.

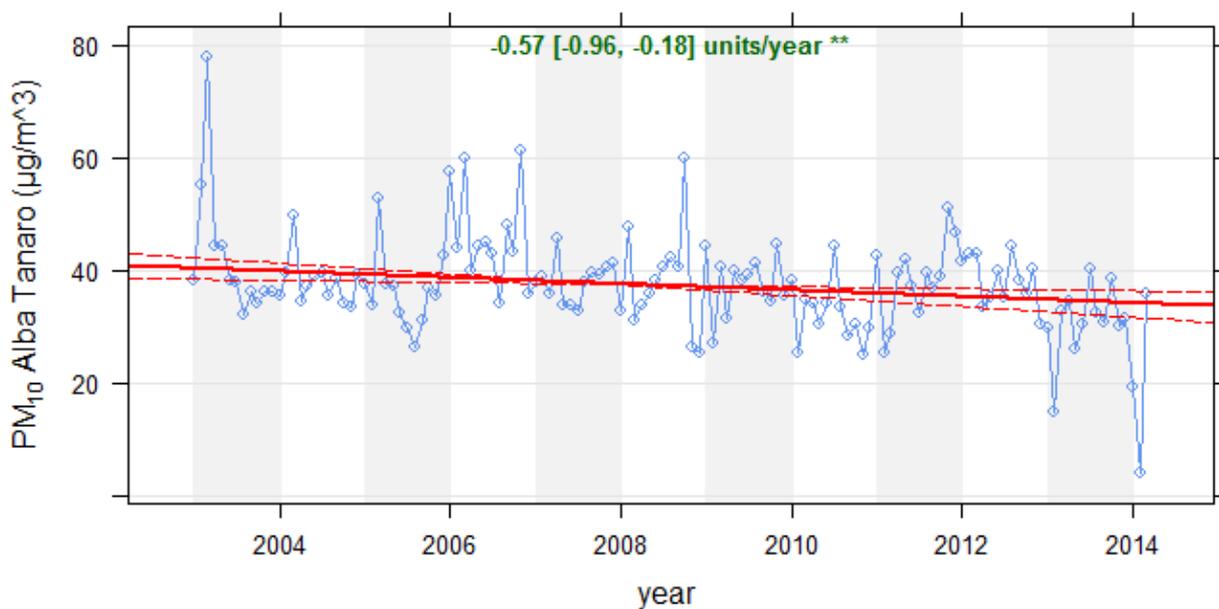
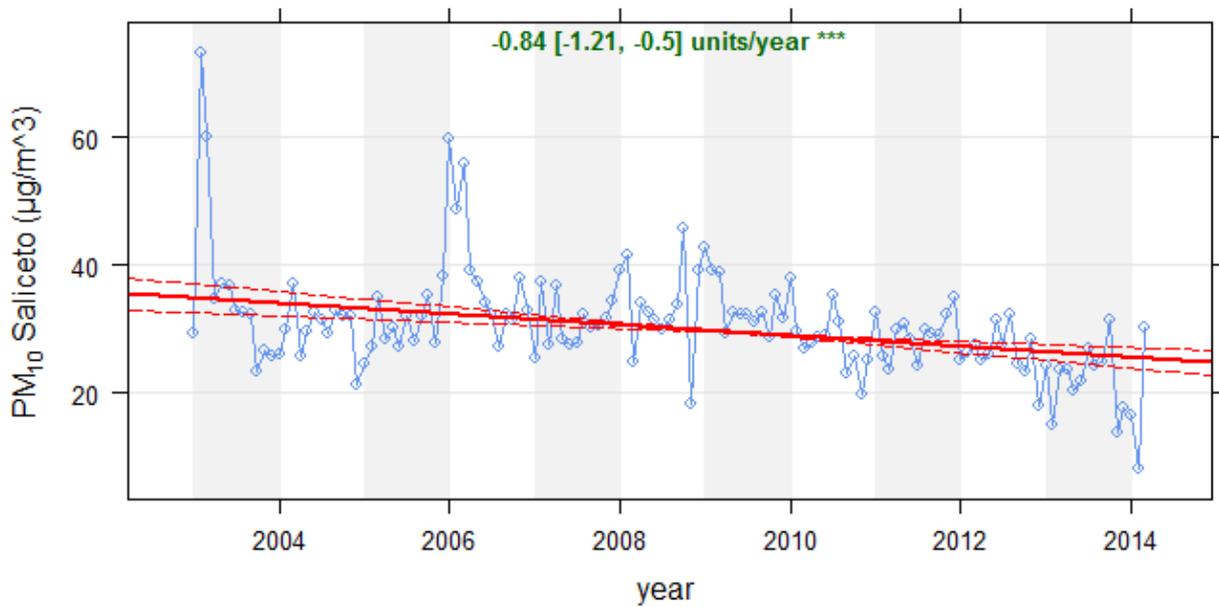
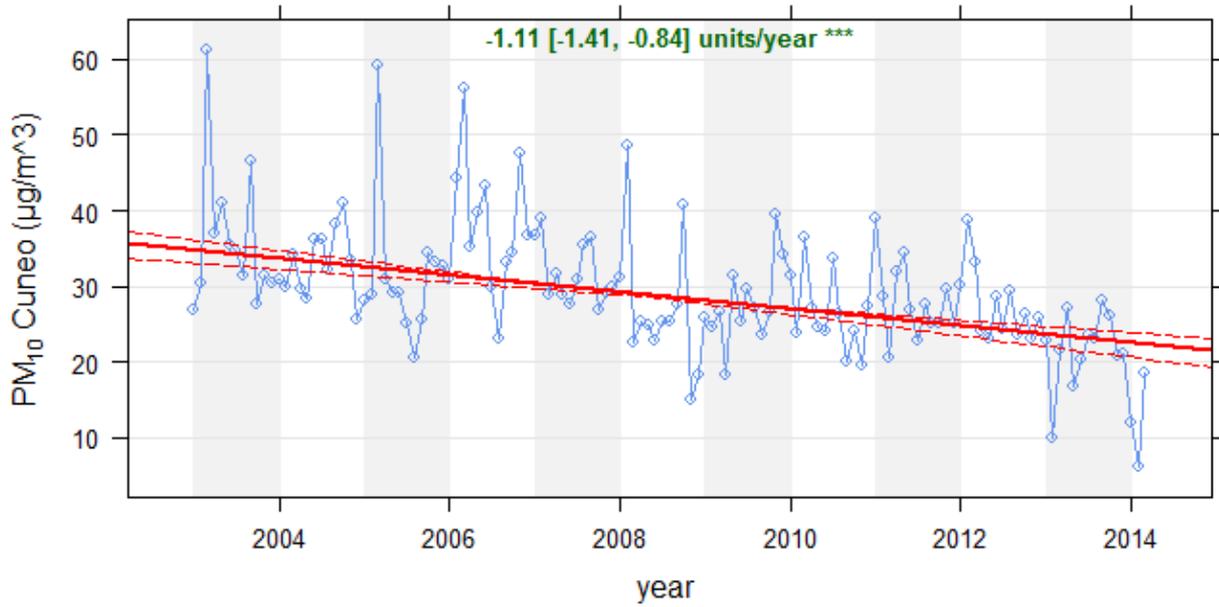
I grafici della figura 13 rappresentano le medie mensili destagionalizzate dei PM₁₀. La linea rossa continua indica il trend stimato e le due rosse tratteggiate l'intervallo di confidenza al 95%. Il valore complessivo del trend, in µg/m³ per anno, è indicato in alto e, tra parentesi, il suo intervallo di confidenza.

⁴ Theil, H., 1950. "A rank invariant method of linear and polynomial regression analysis, i, ii, iii." Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie Wetenschappen, Series A - Mathematical Sciences 53, 386-392, 521-525, 1397-1412.

⁵ Sen, P. K., 1968. "Estimates of regression coefficient based on Kendall's tau." Journal of the American Statistical Association 63(324).

⁶ Carslaw, D.C. (2012). "The openair manual – open-source tools for analysing air pollution data". King's College London

⁷ Maggiori informazioni sui dati di tale punto di monitoraggio sono presenti nella relazione che verrà pubblicata nel giugno 2014: "Conclusione della convenzione tra Arpa Piemonte e Comune di Bra per il monitoraggio del PM₁₀ nel sito di via Piumati relativa al triennio 2011 ÷ 2013. Analisi dei dati." Dipartimento Arpa di Cuneo



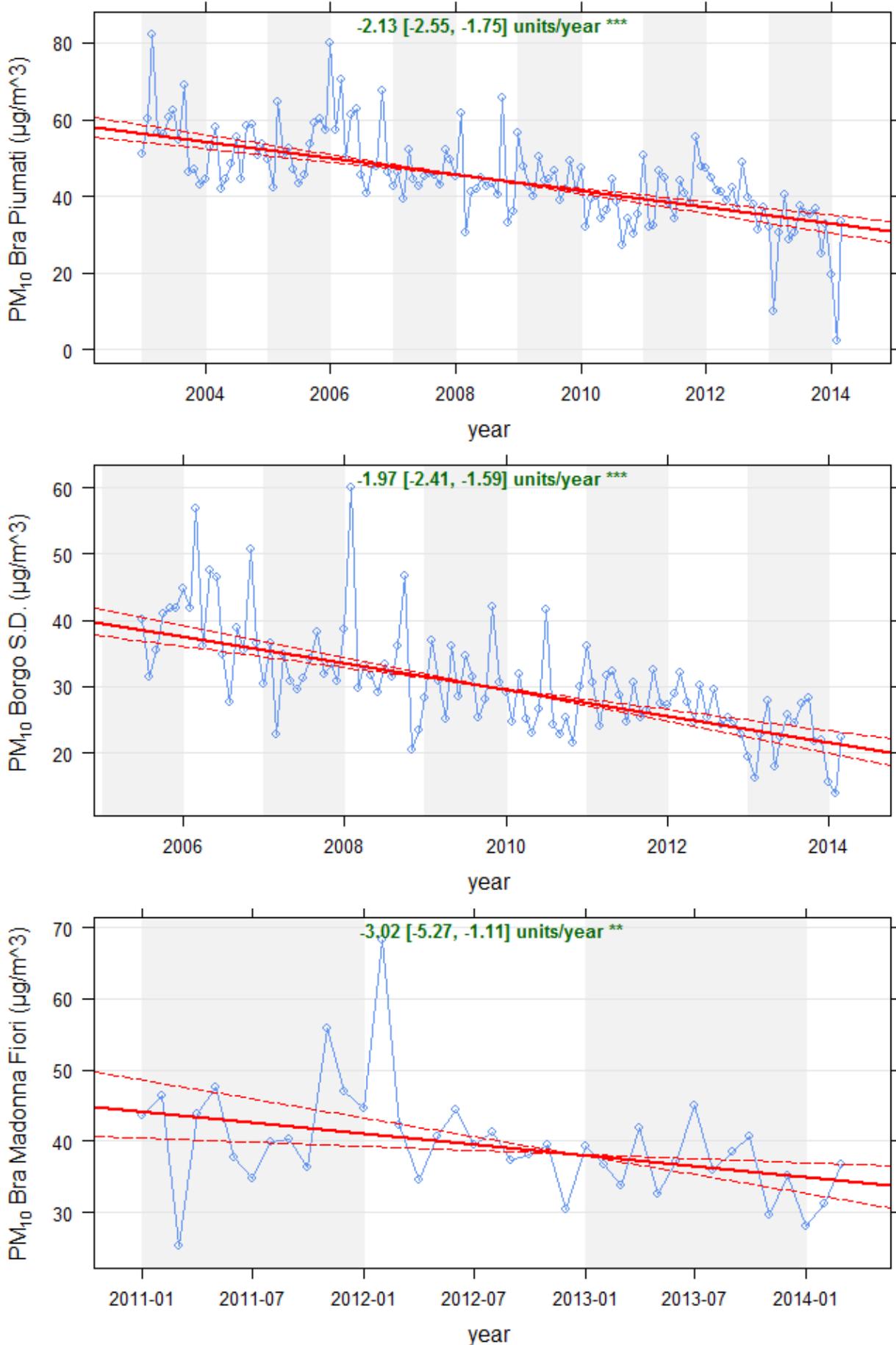


Figura 13) Stima dei trend delle concentrazioni medie giornaliere di PM₁₀

L'analisi evidenzia, per tutte le stazioni della provincia di Cuneo, una tendenza alla diminuzione statisticamente significativa.

Per i dati di Bra Madonna dei Fiori la limitata durata della serie storica determina, rispetto alle altre stazioni, una minore affidabilità della valutazione, si osserva infatti, un forte allargamento dell'ampiezza dell'intervallo di confidenza e una riduzione nella significatività.

Come si può osservare nel grafico di figura 14, dove sono riassunti i trend con relativi intervalli di confidenza per tutte le stazioni, escludendo per quanto visto i dati di Bra Madonna dei Fiori, la riduzione più cospicua delle concentrazioni è evidenziata dai dati del sito di Bra Piumati, con un trend complessivo di **-2.13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ all'anno**. Segue il sito di Borgo San Dalmazzo, con un trend complessivo di **-1.97 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ all'anno**. Si tratta in entrambi i casi di stazioni di traffico urbano che hanno sempre risentito delle ricadute di emissioni industriali.

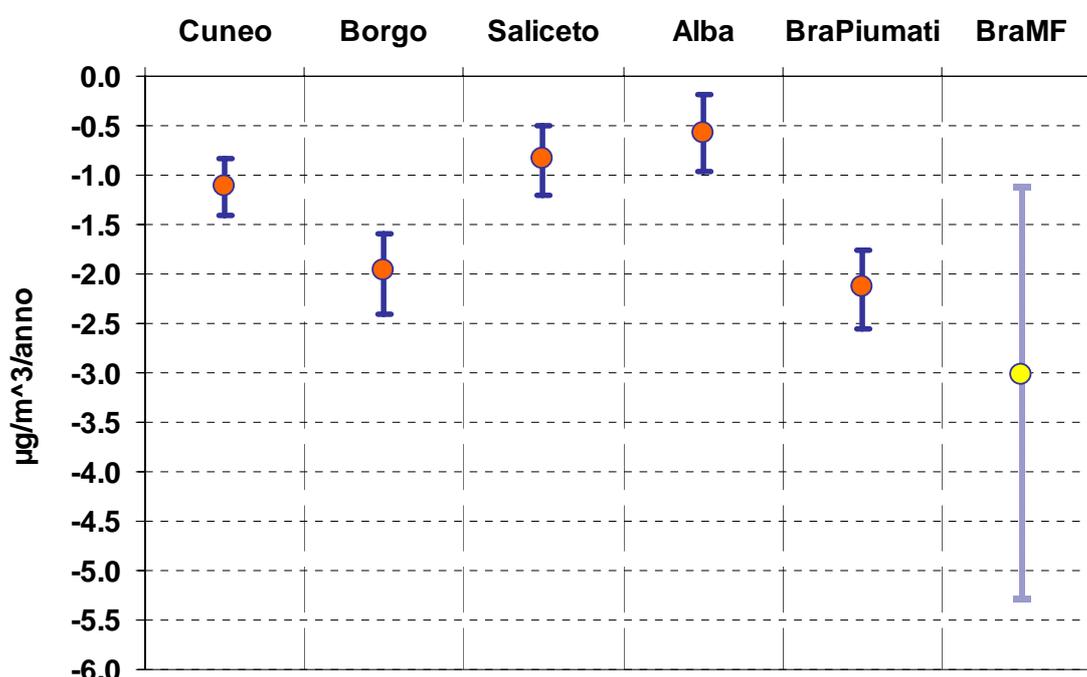


Figura 14) Trend stimati delle concentrazioni di PM10. Le barre blu indicano gli intervalli di confidenza del 95%.

Le diminuzioni riscontrate dal 2003 ai primi mesi del 2014, per i dati delle stazioni di fondo di Alba Tanaro (fondo urbano) e Saliceto (fondo rurale), di entità molto più modeste di quelle di Bra Piumati e Borgo San Dalmazzo, sono indice del miglioramento dell'inquinamento atmosferico da polveri sottili che si è verificato su ampia scala, grazie alle azioni intraprese e portate avanti negli anni nella riduzione delle emissioni provenienti dai diversi settori che contribuiscono all'inquinamento atmosferico.

A tale miglioramento di ampia scala, nei siti di Bra Piumati e Borgo San Dalmazzo (e in modo inferiore anche a Cuneo) si sommano le riduzioni di contributi prettamente locali, verosimilmente attribuibili alle industrie ivi presenti.

Occorre, in riferimento alle aziende locali, considerare che alla riduzione delle emissioni hanno sicuramente contribuito i miglioramenti gestionali ed impiantistici che le aziende hanno messo in atto (in particolare a partire dagli anni 2007 e 2008, con l'adeguamento alle Migliori Tecnologie Possibili –BAT- previste dalle Autorizzazioni Integrate Ambientali) e alla diminuzione di produzione causata dalla crisi economica degli ultimi anni.

PM_{2.5}

Il 2013 è stato il terzo anno completo di dati della frazione di particolato con diametro inferiore a 2.5 µm (il cosiddetto PM_{2.5} o frazione *fine* o *respirabile*) misurato presso le stazioni di Cuneo e Saliceto. Il campionamento è iniziato in entrambi i siti nel maggio 2010 e, per la stazione di Saliceto, è terminato il 12 dicembre 2013. Il processo di revisione della rete regionale aveva infatti previsto la conclusione della misurazione nel sito di fondo rurale di Saliceto e lo spostamento del campionatore nella centralina di traffico-urbana di Mondovì via di Borgo Arago, attivata dal 1° gennaio 2014.

Nei tre anni di campionamento del PM_{2.5} il limite normativo di 25 µg/m³ è sempre stato rispettato in entrambe le stazioni e, come si può osservare nei grafici di figura 15, le concentrazioni dell'anno 2013 sono ulteriormente diminuite.

Il confronto con le concentrazioni medie annue della frazione PM₁₀, presenti nella figura 15, permette di evidenziare come la differenza tra le medie annue di PM₁₀ e PM_{2.5} si sia mantenuta costante nei tre anni e pertanto come la riduzione delle concentrazioni del PM₁₀, evidenziata per il 2013, sia attribuibile alla riduzione della frazione fine del particolato.

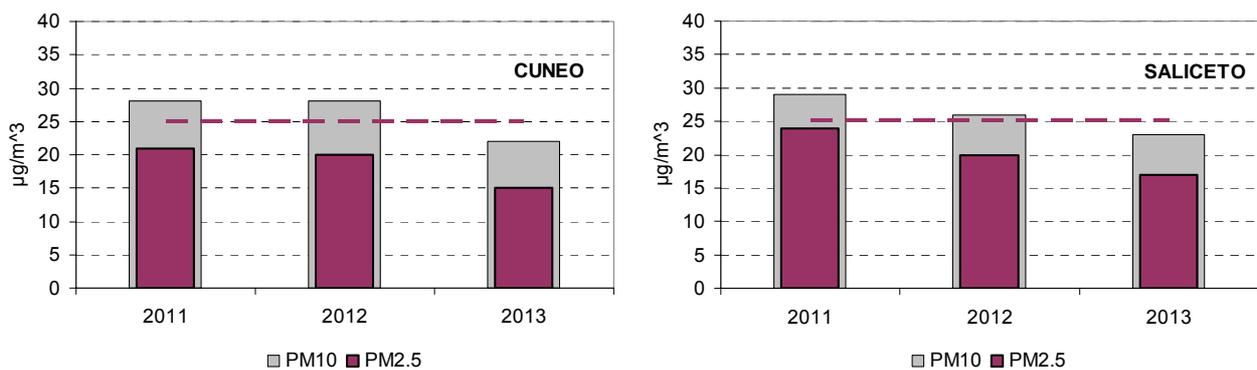


Figura 15) PM_{2.5} e PM₁₀: concentrazioni medie annue a Cuneo e Saliceto.

La sequenza temporale dei dati delle concentrazioni giornaliere delle due frazioni PM₁₀ e PM_{2.5}, campionate durante il 2013 nelle due stazioni della nostra provincia, sono rappresentate nei grafici di figura 16 insieme alle concentrazioni della frazione “grossolana”, data dalla differenza delle concentrazioni del PM₁₀ e del PM_{2.5}.

Si può cogliere come la variabilità stagionale, dovuta alle condizioni meteorologiche e termodinamiche dell'atmosfera ed in particolare alla variazione dell'altezza dello strato rimescolato⁸, caratterizzi sia i dati di PM₁₀ che quelli di PM_{2.5}, ma non emerga per le concentrazioni della frazione grossolana.

Risulta quindi evidente come la variazione nel tempo delle concentrazioni di PM₁₀ sia dominata dalla variazione della frazione PM_{2.5} e come la frazione PM_{2.5} abbia un ruolo predominante durante gli episodi di inquinamento rilevanti.

⁸ Lo *strato rimescolato* è la porzione di atmosfera, adiacente alla superficie terrestre, all'interno della quale un composto, introdotto a livello del suolo, viene disperso verticalmente per turbolenza meccanica o convettiva in un tempo pari a circa un'ora. L'*altezza* di rimescolamento permette di quantificare le dimensioni dello strato di atmosfera interessato dai fenomeni turbolenti che determinano la dispersione verticale e quindi la diluizione degli inquinanti. Essendo condizionata dalla radiazione solare, oltre a presentare un marcato ciclo diurno, con minimi notturni e massimi diurni nelle ore di maggiore insolazione, è caratterizzata da un evidente ciclo stagionale, con valori minimi invernali (critici perché determinano l'accumulo degli inquinanti), e valori massimi estivi (favorevoli alla dispersione).

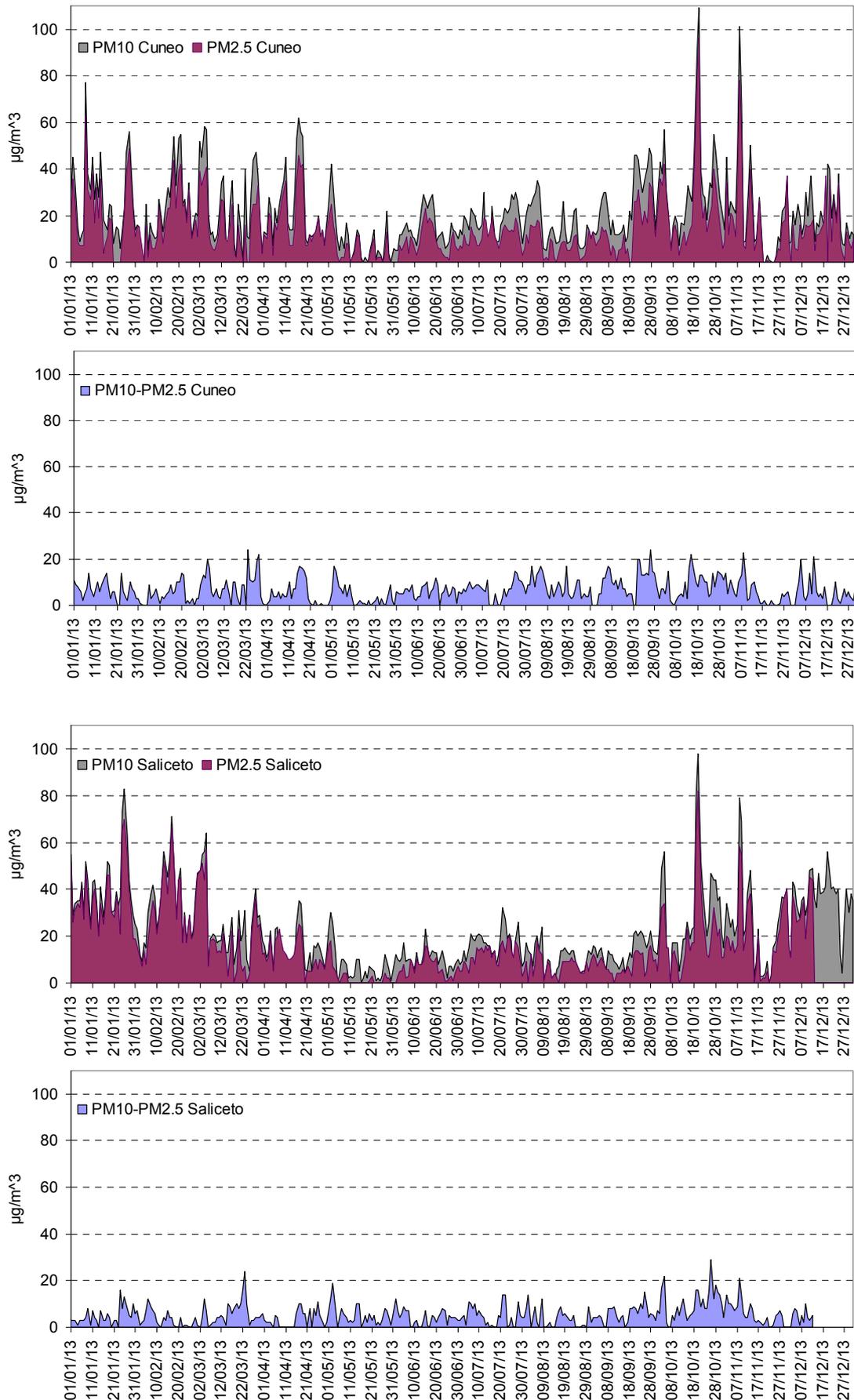


Figura 16) Concentrazioni giornaliere di PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ e $\text{PM}_{10}-\text{PM}_{2.5}$ a Cuneo e Saliceto nel 2013

Analizzando l'intera serie di dati disponibili per i due siti (campionati dal 17 maggio 2010 al 12 dicembre 2013) e valutando le giornate con concentrazione di PM₁₀ superiore a 50 µg/m³ (superamenti del limite giornaliero), il ruolo predominante del PM_{2.5} fa sì che il rapporto PM_{2.5}/PM₁₀ assuma, in accordo con i dati di letteratura⁹, valori molto elevati: 0.81±0.12 a Cuneo e 0.88±0.10 a Saliceto.

Contrariamente, nei potenziali eventi di Föhn individuati a Cuneo¹⁰, il rapporto PM_{2.5}/PM₁₀ raggiunge i valori minimi: 0.57±0.25 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 PM₁₀ si deduce che, durante gli episodi di Föhn, la riduzione della frazione PM_{2.5} è significativa (da 17.9±14.6 µg/m³ a 7.4±4.1 µg/m³), mentre la frazione grossolana non subisce variazioni statisticamente significative (da 7.4±5.9 µg/m³ a 6.9±5.4 µg/m³).

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} mentre per la frazione grossolana sia i dati di Cuneo che quelli di Saliceto non mostrano variazioni significative nella media.

Se il vento non riesce a rimuovere la frazione grossolana delle polveri, le precipitazioni atmosferiche risultano essere efficaci nella riduzione di entrambe le frazioni, in particolare, nelle 24 ore seguenti un giorno con precipitazione cumulata di almeno 5 mm, le riduzioni delle concentrazioni di entrambe le frazioni diventano statisticamente significative.

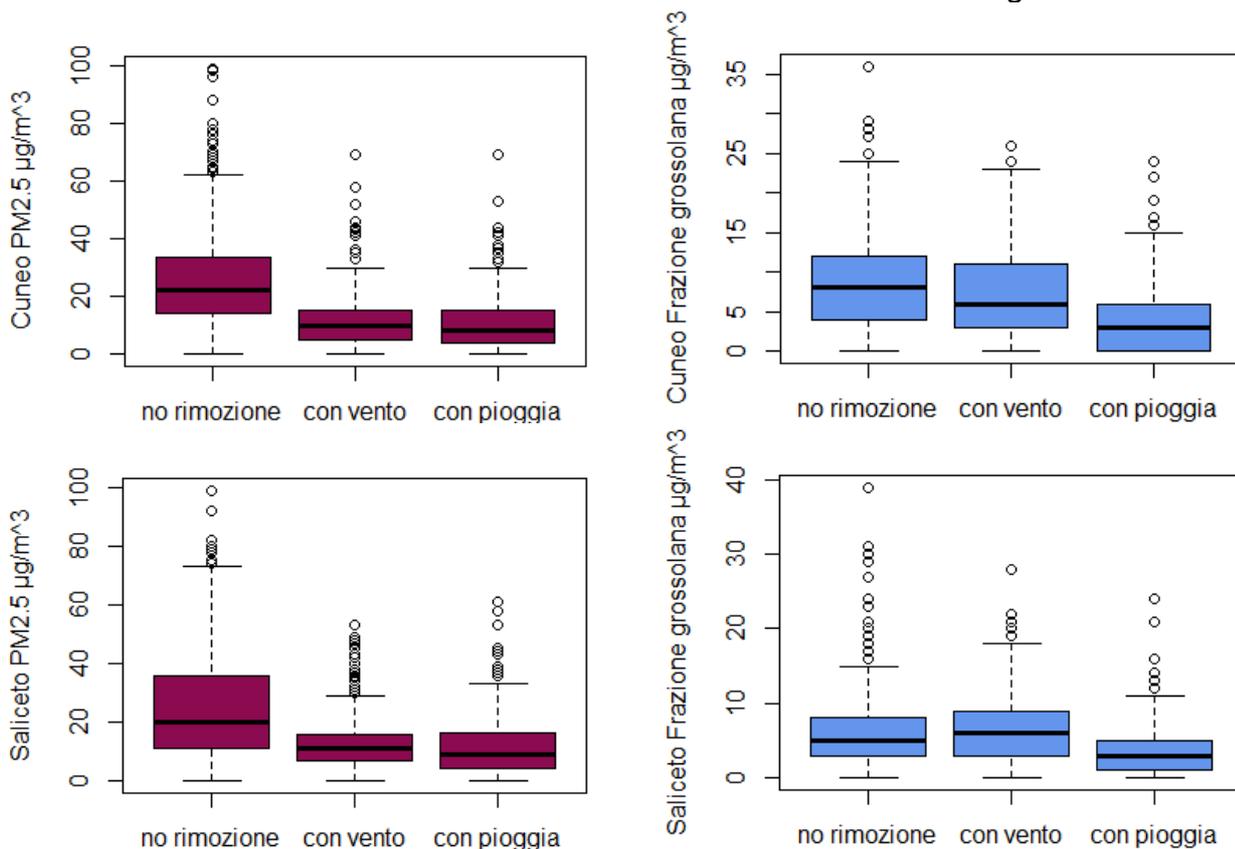


Figura 17) Box plots delle concentrazioni giornaliere di PM_{2.5} e PM₁₀-PM_{2.5} di Cuneo e Saliceto suddivise tra giornate senza fenomeni di rimozione, giornate con velocità del vento media superiore a 1.5 m/s e giornate con precipitazioni di almeno 5 mm nel giorno stesso o nel giorno precedente.

⁹ G.M. Marcazzan et al. *The science of the Total Environment* 317 (2003) 137-147

¹⁰ Sono state selezionate le giornate con umidità relativa media inferiore al 40% e contemporaneamente velocità del vento media superiore a 1.5 m/s

I risultati ottenuti con i test statistici si possono apprezzare graficamente nella figura 17 dove i box plots rappresentano la distribuzione delle concentrazioni giornaliere della frazione fine ($PM_{2.5}$) e grossolana ($PM_{10}-PM_{2.5}$) di Cuneo e Saliceto nei casi di giornate senza fenomeni di rimozione (dovuti al vento o alle precipitazioni), giornate con velocità del vento media superiore a 1.5 m/s e giornate con precipitazioni di almeno 5 mm nel giorno stesso o nel giorno precedente.

Dato il carattere di inquinante secondario della maggior parte del $PM_{2.5}$ e considerando quanto osservato dai dati presentati per il materiale particolato, si conclude che, per proseguire nel percorso intrapreso di riduzione delle concentrazioni delle polveri sottili e pervenire ad un rispetto duraturo dei limiti normativi, occorrerà realizzare in modo omogeneo e congiunto misure di contrasto all'inquinamento atmosferico in tutto il Bacino Padano prestando molta attenzione agli inquinanti precursori (NO_x , SO_x , COVNM, NH_3).

Le analisi condotte ci portano a comprendere come le condizioni meteorologiche condizionino i livelli di inquinamento da polveri sottili e ne spieghino le oscillazioni rilevate tra anni successivi (es. degli anni 2010 e 2013 favoriti dalle precipitazioni frequenti e ben distribuite nel tempo e dall'assenza di prolungati periodi di accumulo). Al di là di tali oscillazioni, le tendenze di riduzione delle concentrazioni individuate sulle serie storiche di PM_{10} sono il risultato delle azioni intraprese nella riduzione delle emissioni in atmosfera. Data la predominanza della frazione fine, considerando il carattere secondario della sua maggior parte e i suoi lunghi tempi di permanenza in atmosfera che lo portano ad avere un'ampia distribuzione spaziale, si conclude che, per proseguire nel percorso intrapreso di riduzione delle concentrazioni delle polveri sottili e pervenire ad un rispetto duraturo dei limiti normativi, occorrerà realizzare in modo omogeneo e congiunto misure di contrasto all'inquinamento atmosferico in tutto il Bacino Padano prestando molta attenzione agli inquinanti precursori (NO_x , SO_x , COVNM, NH_3).

Biossido di azoto – NO₂

Le concentrazioni medie annue di biossido di azoto rilevate in tutte le centraline della rete provinciale nel 2013 sono riportate, nel grafico sottostante, insieme a quelle degli anni precedenti e confrontate con il limite normativo di 40 µg/m³. Anche per questo inquinante che, insieme al PM₁₀ risulta tra i più critici del periodo invernale e per il quale sono ancora riscontrati superamenti sia nel bacino padano che in altri paesi europei, sembra emergere già da questo primo indicatore una tendenza alla riduzione delle concentrazioni. Nell'ultimo anno infatti le medie sono inferiori, o tutt'al più analoghe, a quelle degli ultimi tre anni precedenti, e per il sesto anno consecutivo il limite normativo è stato rispettato nella nostra provincia.

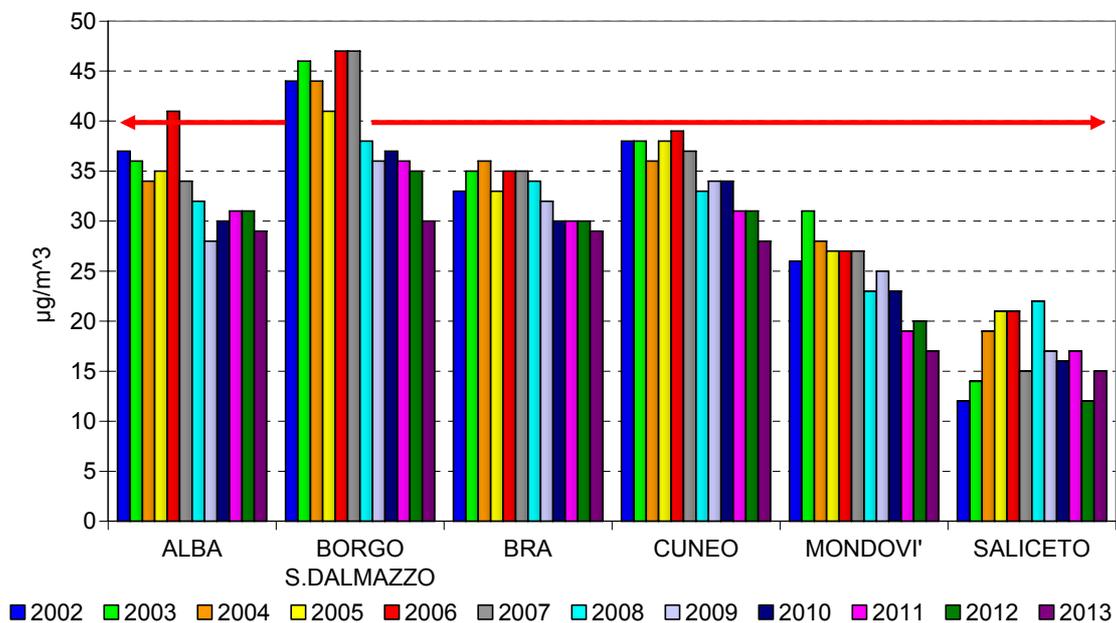


Figura 18) NO₂: concentrazione media annua.

L'intervallo dei valori all'interno del quale si trovano le concentrazioni medie annue rilevate dalle stazioni è rappresentato nel grafico della figura successiva. Esso descrive la situazione delle concentrazioni di NO₂ presenti sul territorio provinciale e dalla sua evoluzione nel tempo si individua un miglioramento netto nel 2008 seguito da una graduale e più lenta riduzione.

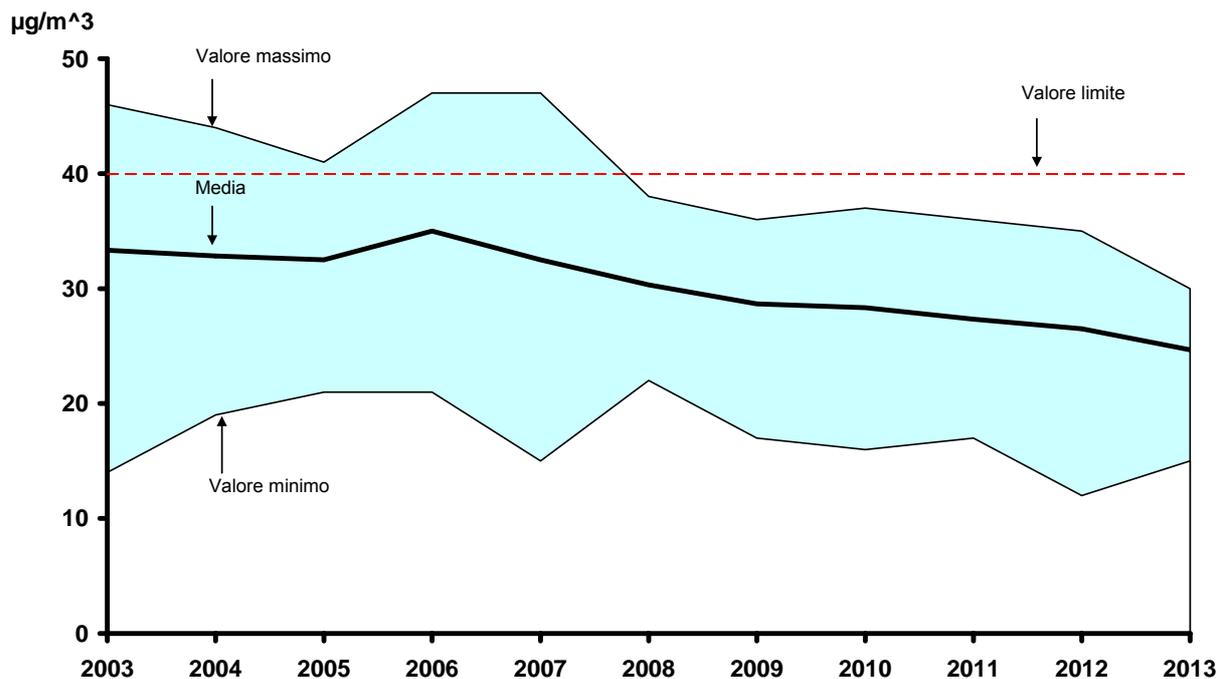


Figura 19) NO₂: Valore massimo, medio e minimo delle concentrazioni medie annue rilevate dalle centraline della provincia.

Il limite orario di 200 µg/m³ è stato ampiamente rispettato anche nel 2013 in tutti i siti della provincia. I valori della massima concentrazione oraria, sono illustrati nella figura sottostante. Il massimo a livello provinciale nel 2013, pari a 159 µg/m³, è stato registrato a Cuneo il 6 dicembre, all'interno di un periodo meteorologicamente avverso alla diluizione degli inquinanti.

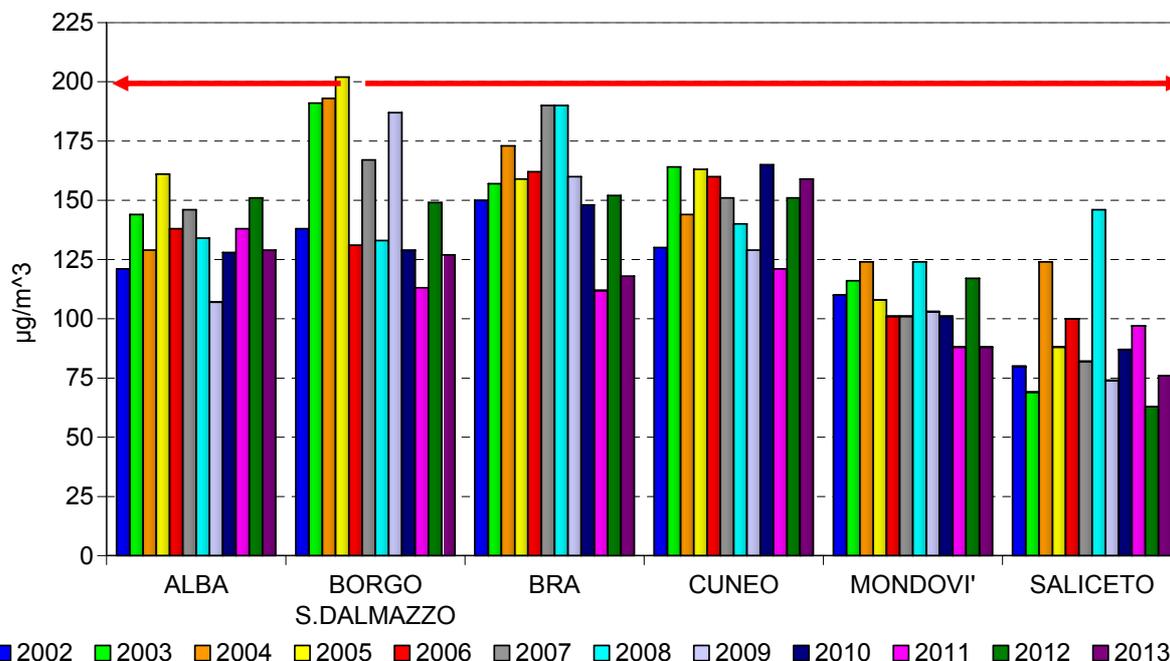
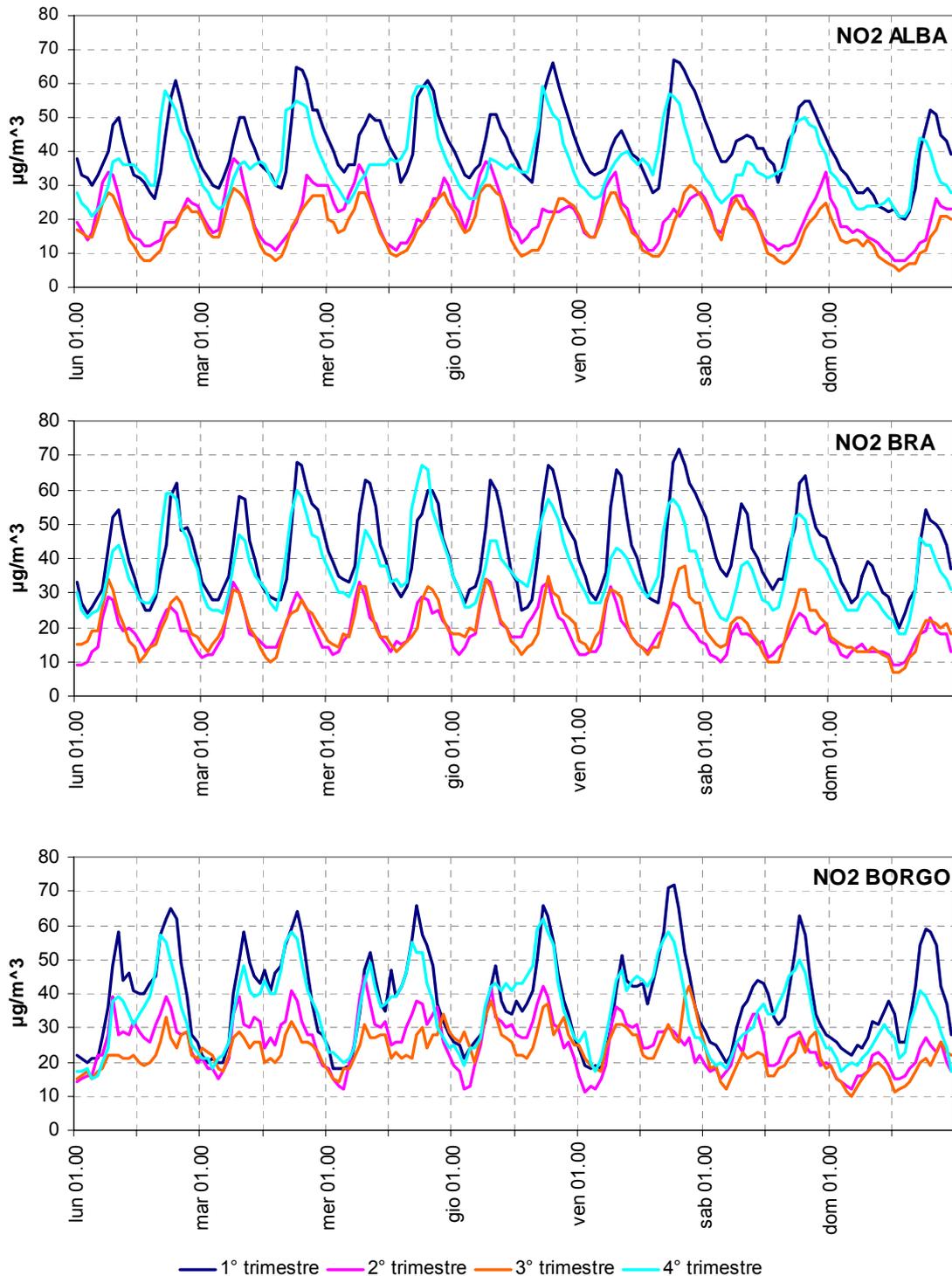


Figura 20) NO₂: massima concentrazione media oraria

Siccome degli ossidi di azoto si dispone delle concentrazioni medie orarie, per ogni stazione sono state calcolate, per l'anno 2013, le "settimane medie" su base oraria, suddividendo i dati in trimestri e mediando i dati rilevati alla stessa ora di ciascun giorno. In tal modo è

possibile individuare eventuali variazioni ricorrenti delle concentrazioni in particolari ore dei diversi giorni della settimana. I risultati sono rappresentati in figura 21: oltre alle differenze tra trimestri freddi e quelli più caldi, 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 (i grafici sono riferiti all'ora solare) e si evidenziano andamenti molto differenti durante le domeniche.



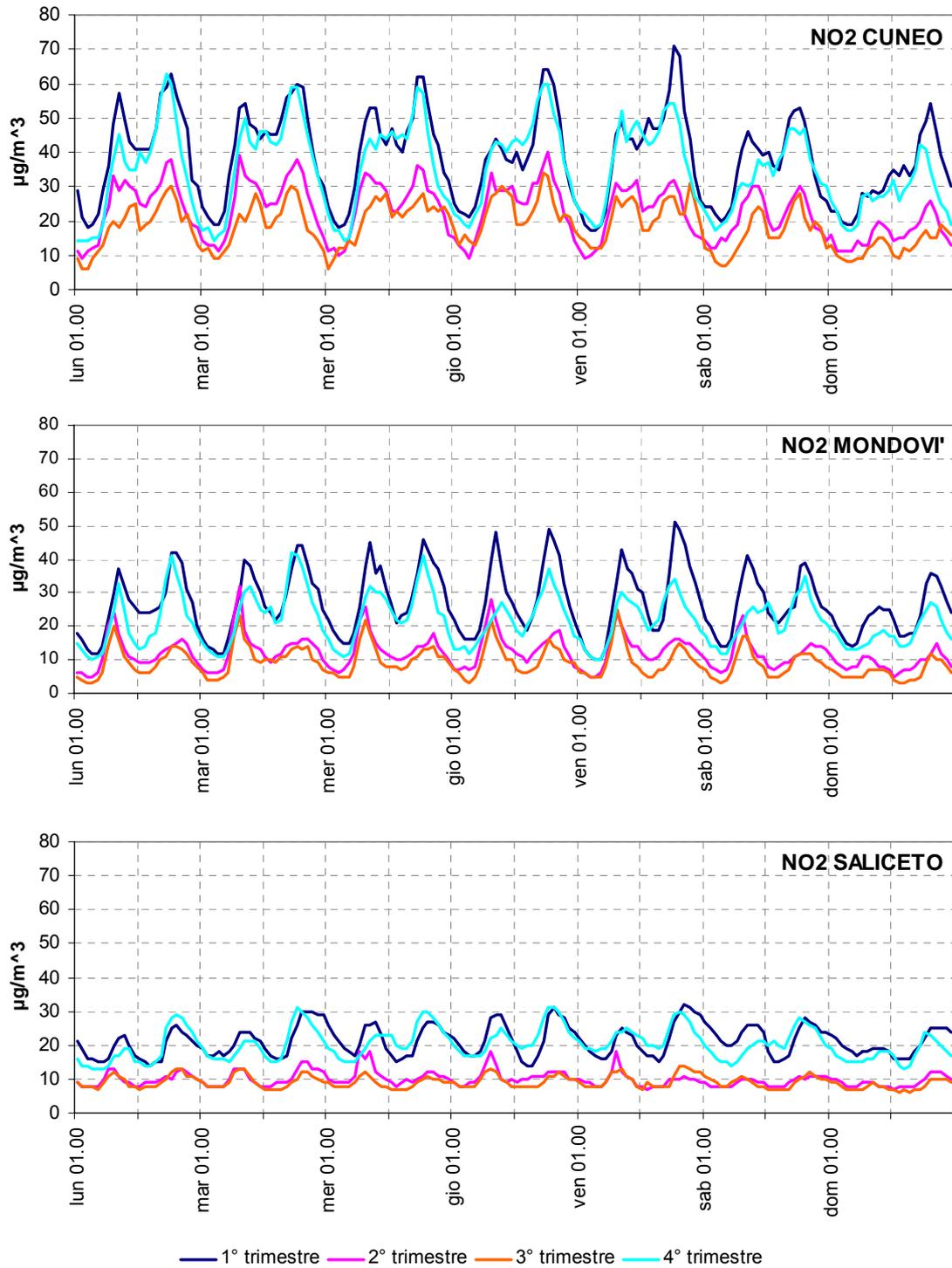


Figura 21) NO₂: media per ora per ogni giorno della settimana di ogni centralina di monitoraggio suddivise per i trimestri del 2013

Nella figura 22 sono rappresentate le medie mobili su 30 giorni delle concentrazioni medie giornaliere di NO₂ misurate dal gennaio 2002 fino al 31 marzo 2014, che consentono di evidenziare meglio le variazioni stagionali del parametro, caratterizzate, in assenza di anomalie emissive, da concentrazioni più elevate nella stagione fredda e minori nella stagione calda.

Per tutte le stazioni durante le diverse stagioni del 2013 sono stati raggiunti livelli di NO₂ più contenuti rispetto ai corrispondenti periodi degli anni precedenti.

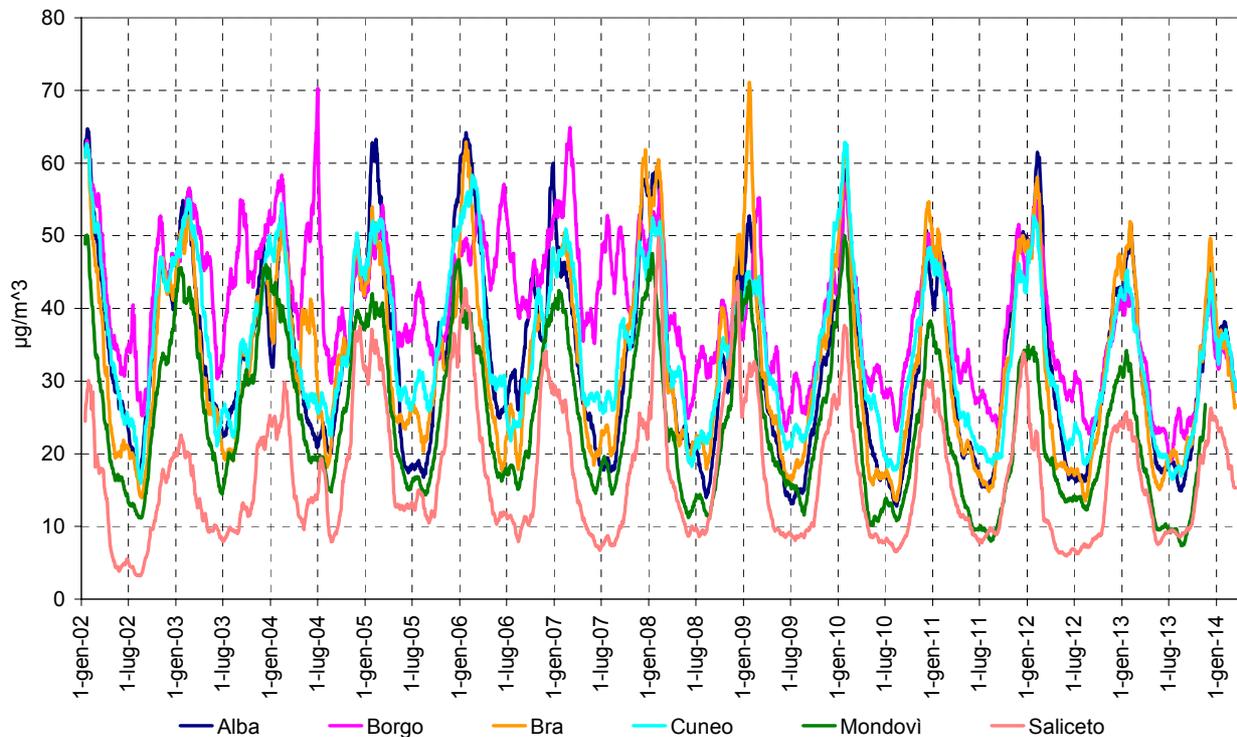


Figura 22) NO₂: medie mobili su 30 giorni delle concentrazioni giornaliere registrate nei diversi siti della provincia.

La situazione regionale

Per l'anno 2013 la situazione regionale del biossido di azoto è illustrata nelle figure 23 e 24 dove sono state considerate le stazioni delle rete regionale che hanno ottenuto più del 90% di dati validi. La prima riporta in ordine decrescente le concentrazioni medie del 2013 con l'indicazione della tipologia di stazione e delle caratteristiche della zona in cui essa è posizionata. Le concentrazioni più elevate, e i superamenti del limite normativo, si sono verificate essenzialmente in stazioni da traffico poste in zona urbana, ad esclusione di due stazioni di fondo dell'abitato torinese.

La mappa di figura 24 illustra la distribuzione spaziale dei valori utilizzando un codice colore corrispondente ad un preciso intervallo di concentrazioni e 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.

Rispetto alle concentrazioni dei due anni precedenti (indicate quando disponibili tra parentesi nella figura 23) nella maggior parte delle stazioni regionali la media è diminuita durante il 2013.

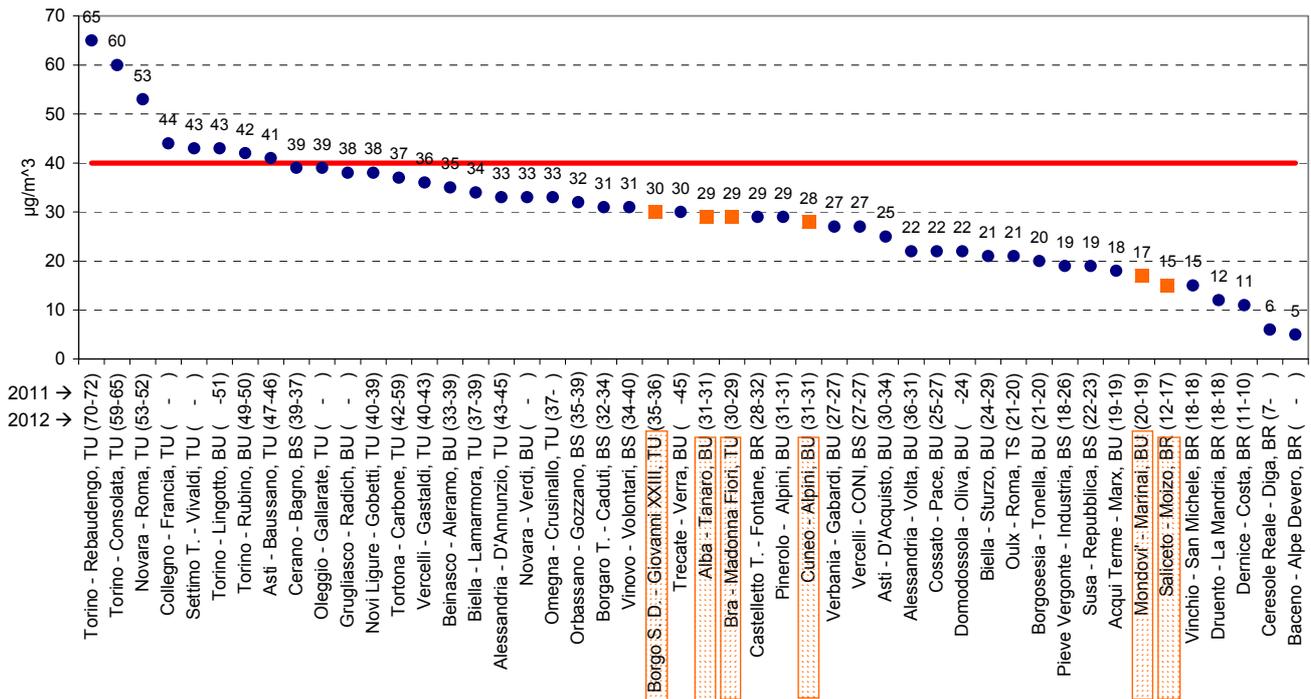


Figura 23) NO₂: concentrazioni medie nelle centraline della regione nel 2013 (in ordine decrescente - - evidenziate in arancione le centraline della provincia di Cuneo - sulle ascisse la tipologia della stazione e le caratteristiche della zona: TU=Traffico Urbana, BU=Background Urbana, TS=Traffico Suburbana, BS=Background Suburbana, BR= Background Rurale).

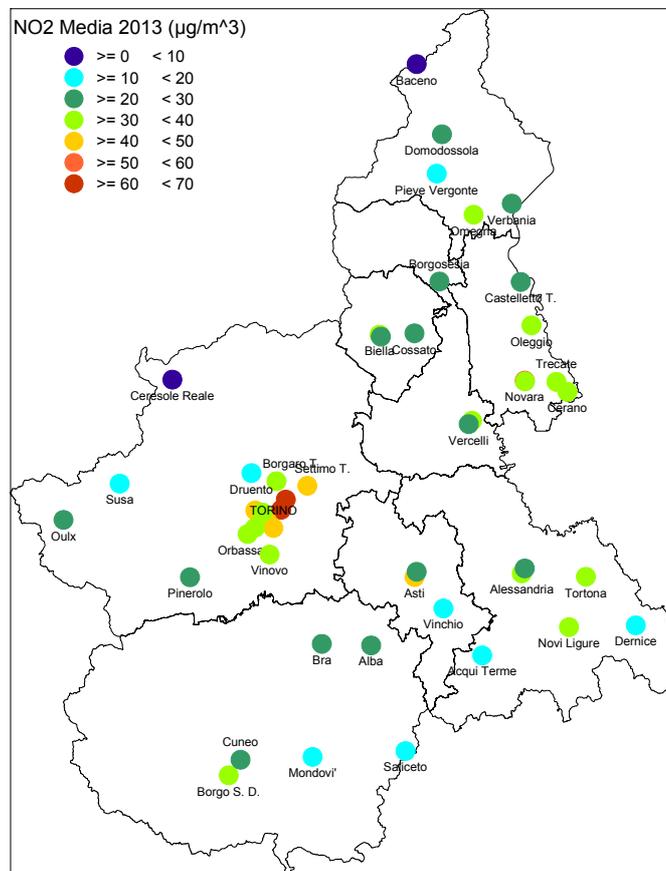


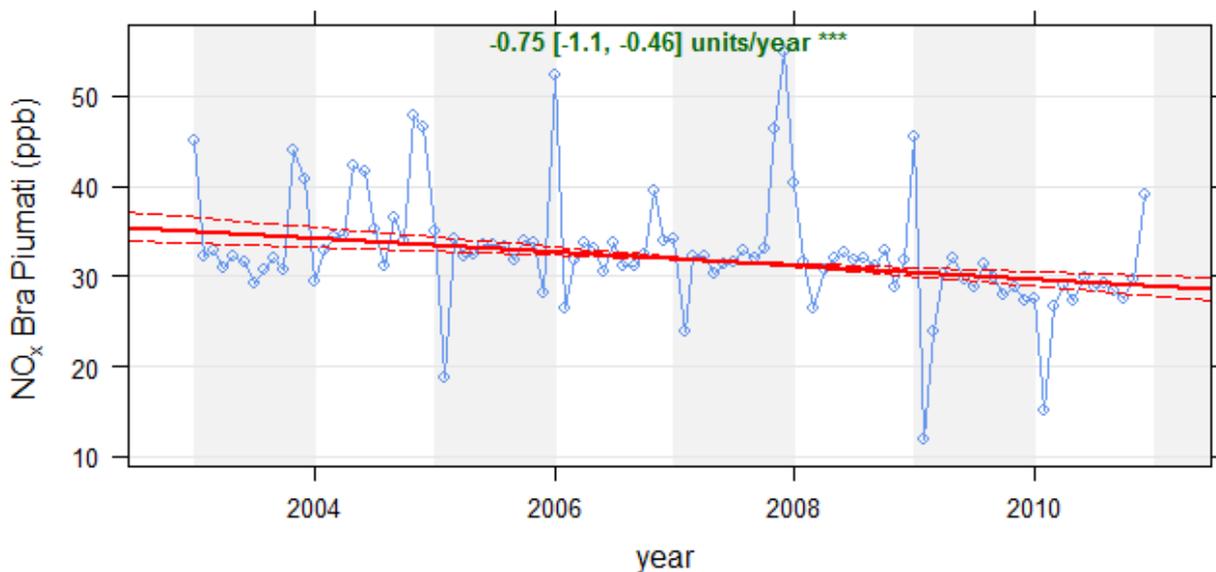
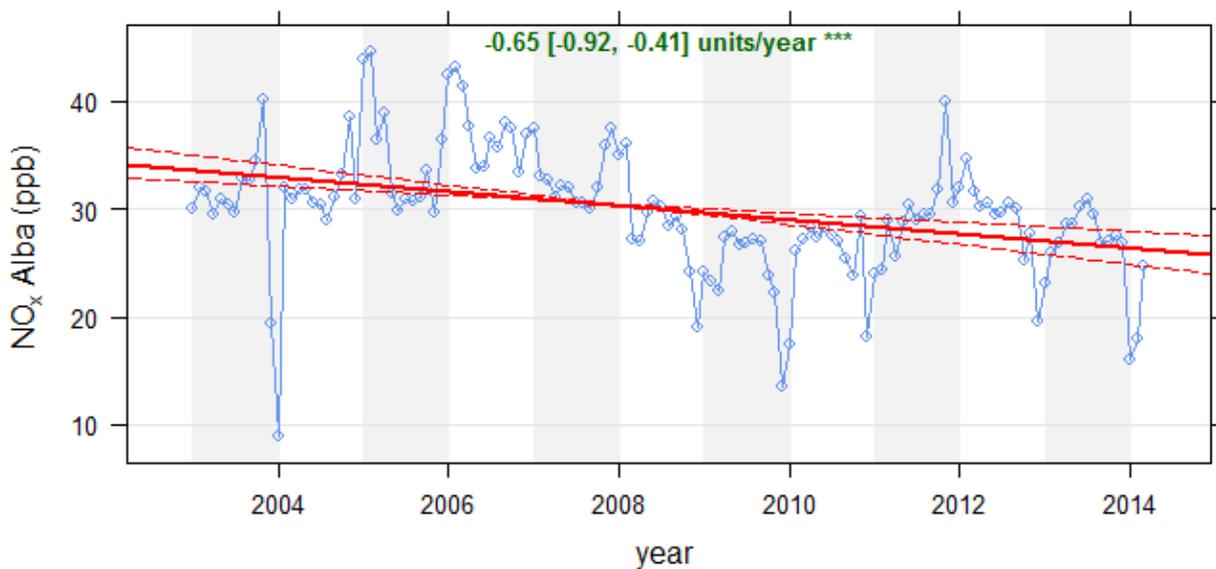
Figura 24) NO₂: concentrazioni medie nelle centraline della regione nel 2013.

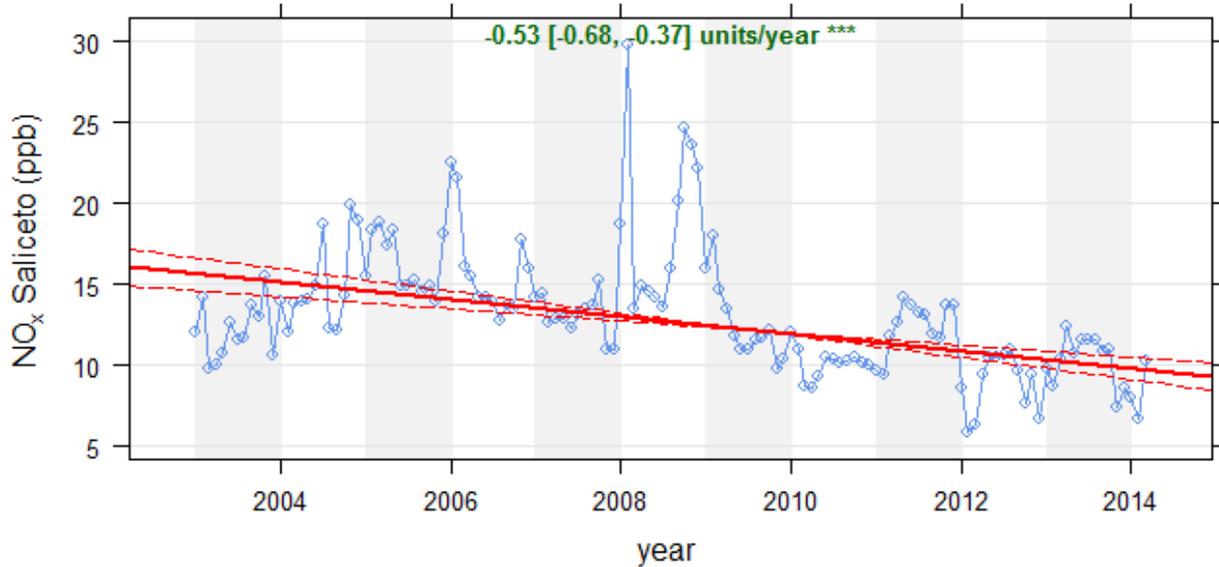
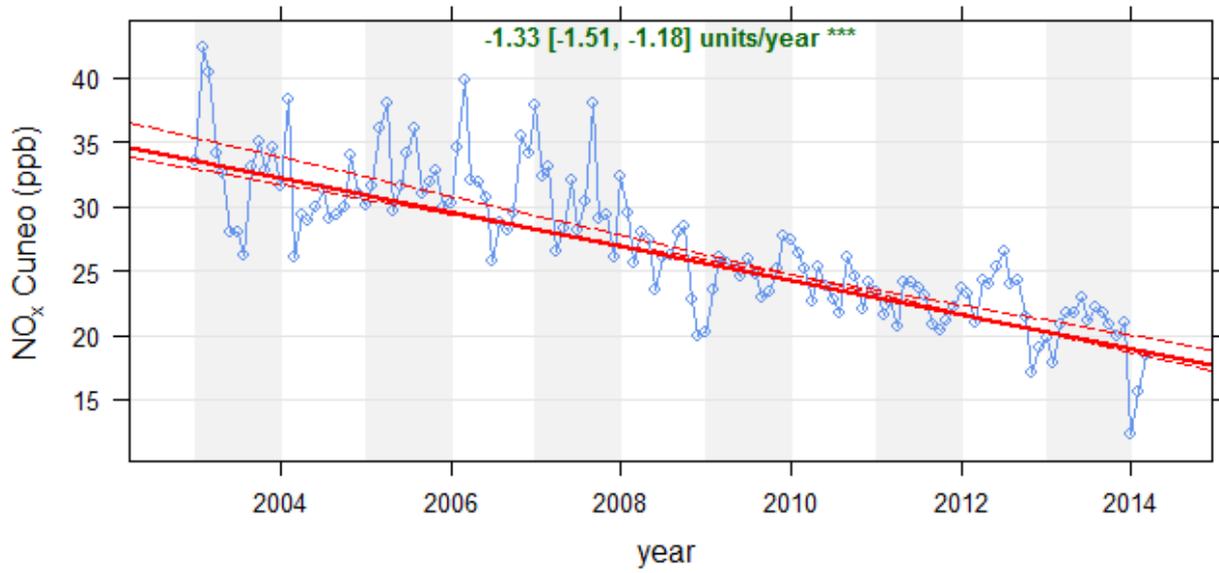
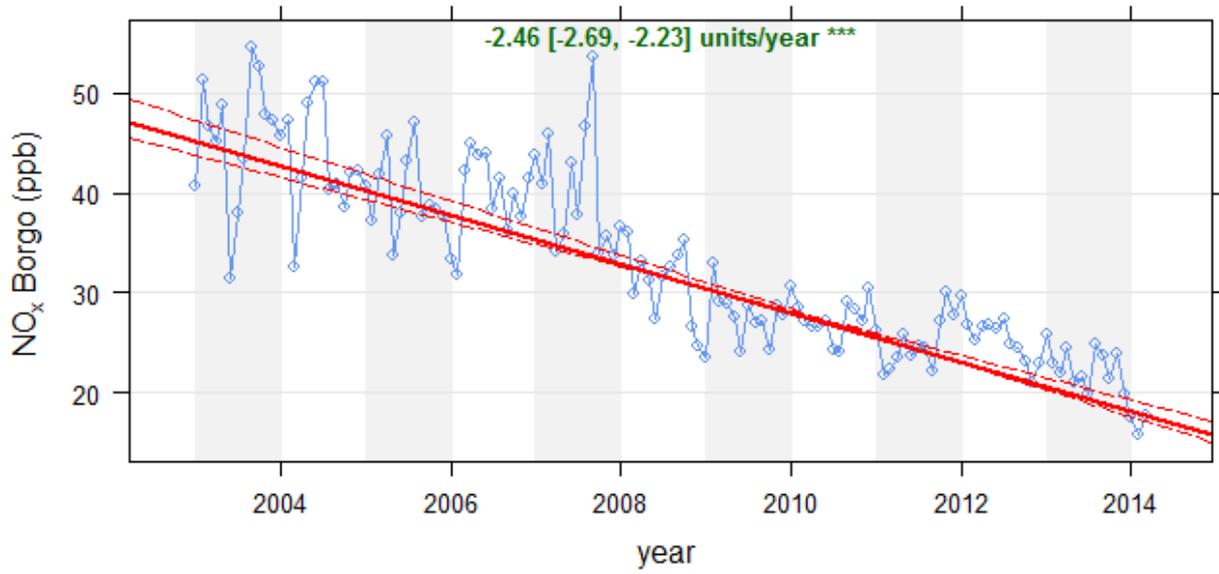
Analisi dell'evoluzione nel tempo delle concentrazioni

Analogamente a quanto fatto per le serie storiche delle polveri sottili anche per gli ossidi di azoto si è voluto valutare la presenza di evoluzioni significative nelle serie storiche dei dati acquisiti dalle stazioni provinciali della rete di monitoraggio. I risultati illustrati si riferiscono alle elaborazioni eseguite sui dati orari degli ossidi totali di azoto, ossia alla somma di biossido e ossido di azoto, applicando i medesimi software e metodi già utilizzati per il PM₁₀.

Le valutazioni sono state eseguite anche sulle serie di dati di stazioni dismesse come quella di Bra Piumati (dati di NO_x disponibili fino al dicembre 2010) e quella di Fossano (dati di NO_x disponibili fino al giugno 2012). Per tutte le stazioni attive sono stati analizzati i dati fino al 31 marzo 2014.

I grafici seguenti rappresentano le medie mensili destagionalizzate degli NO_x. La linea rossa continua indica il trend stimato e le due rosse tratteggiate l'intervallo di confidenza al 95%. Il valore complessivo del trend, in µg/m³ per anno, è indicato in alto e, tra parentesi, il suo intervallo di confidenza.





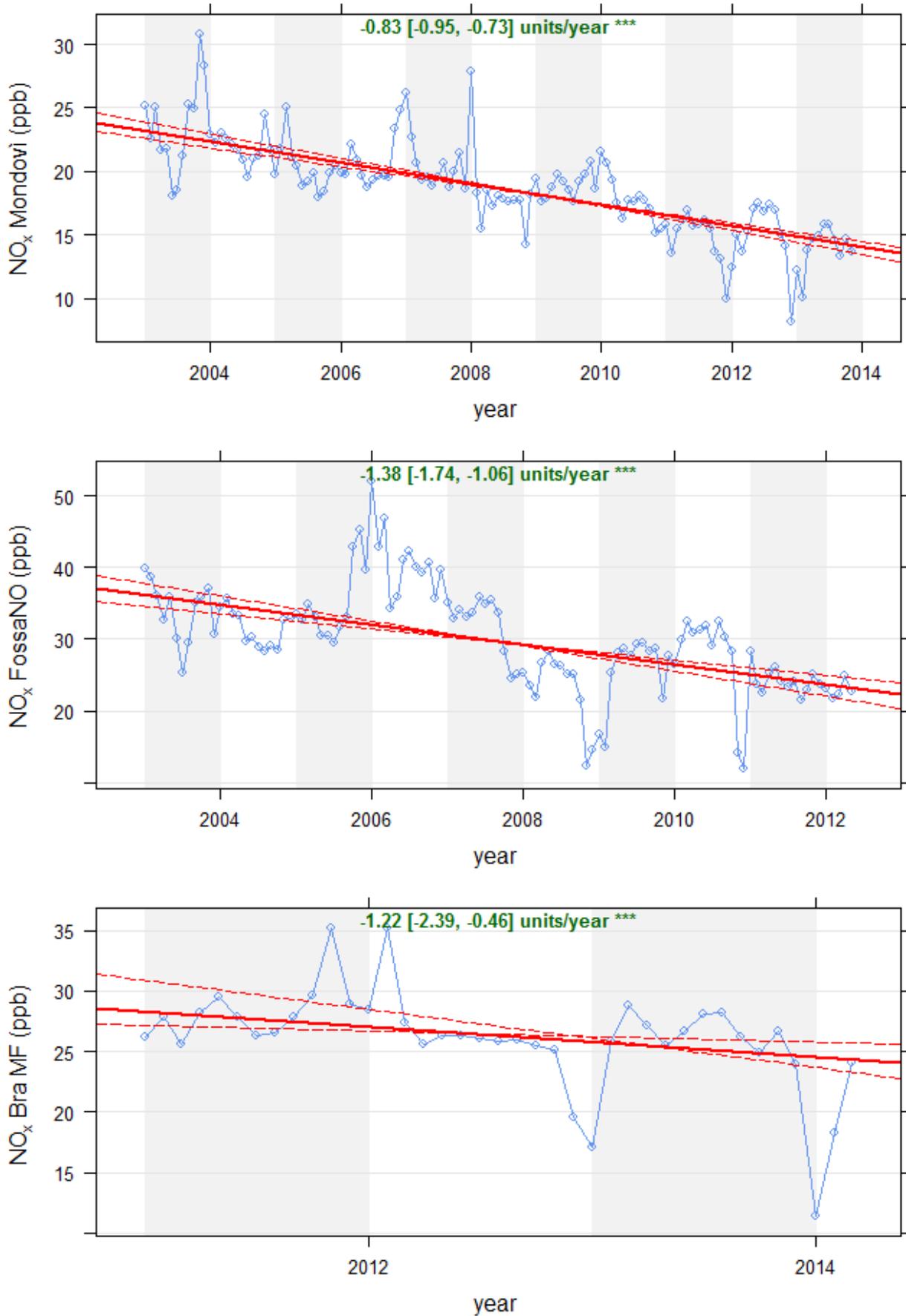


Figura 25) Stima dei trend delle concentrazioni medie giornaliere di NO_x

Anche per l'inquinamento da ossidi di azoto l'analisi evidenzia per tutte le stazioni della provincia di Cuneo una tendenza alla diminuzione statisticamente significativa.

Nel grafico di figura 26 sono riassunti i trend con i relativi intervalli di confidenza di tutte le stazioni, e si può osservare come anche in questo caso la durata limitata della serie storica di Bra Madonna dei Fiori determini un forte allargamento dell'ampiezza dell'intervallo di confidenza e una riduzione nella significatività.

La riduzione più importante delle concentrazioni degli ossidi di azoto è individuata per i dati del sito di Borgo San Dalmazzo, con un trend complessivo di **-2.46 ppb all'anno**. Seguono i dati di Cuneo e Fossano.

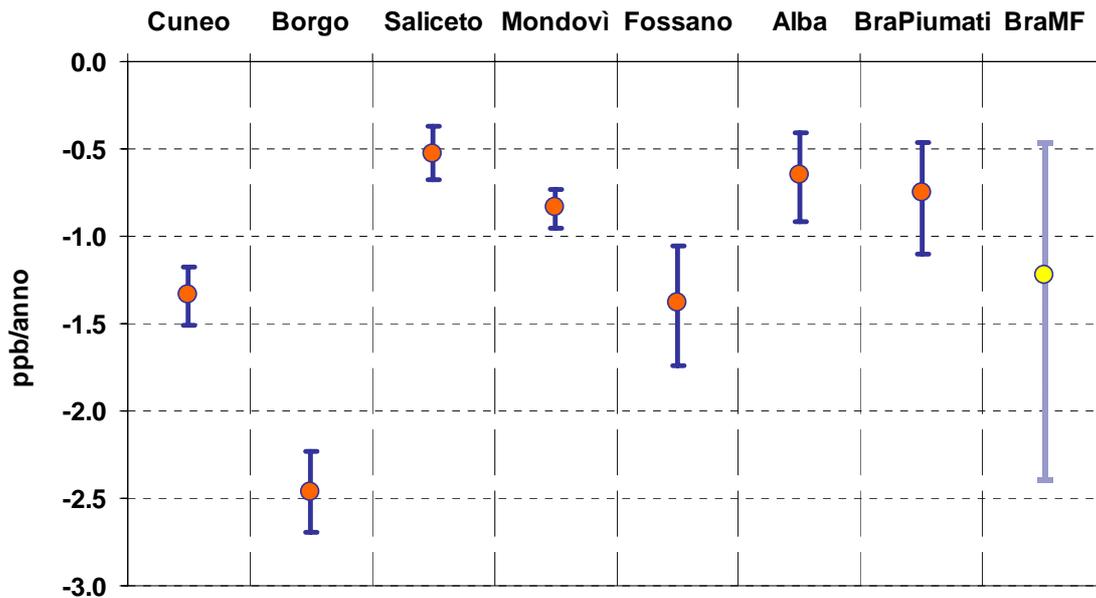


Figura 26) Trend stimati delle concentrazioni di NO_x . Le barre blu indicano gli intervalli di confidenza del 95%.

Ozono – O₃

Nel corso del 2013 i superamenti della soglia di informazione dell'ozono sono stati piuttosto limitati e si sono verificati nei mesi di luglio e agosto. Ne sono stati registrati cinque (tre a luglio e due ad agosto) presso la stazione di Alba, quattro (solo ad agosto) presso quella di Cuneo mentre a Saliceto, dove nel 2012 si era riscontrata la situazione peggiore, non si è verificato alcun superamento. In nessuna postazione è stata superata la soglia di allarme.

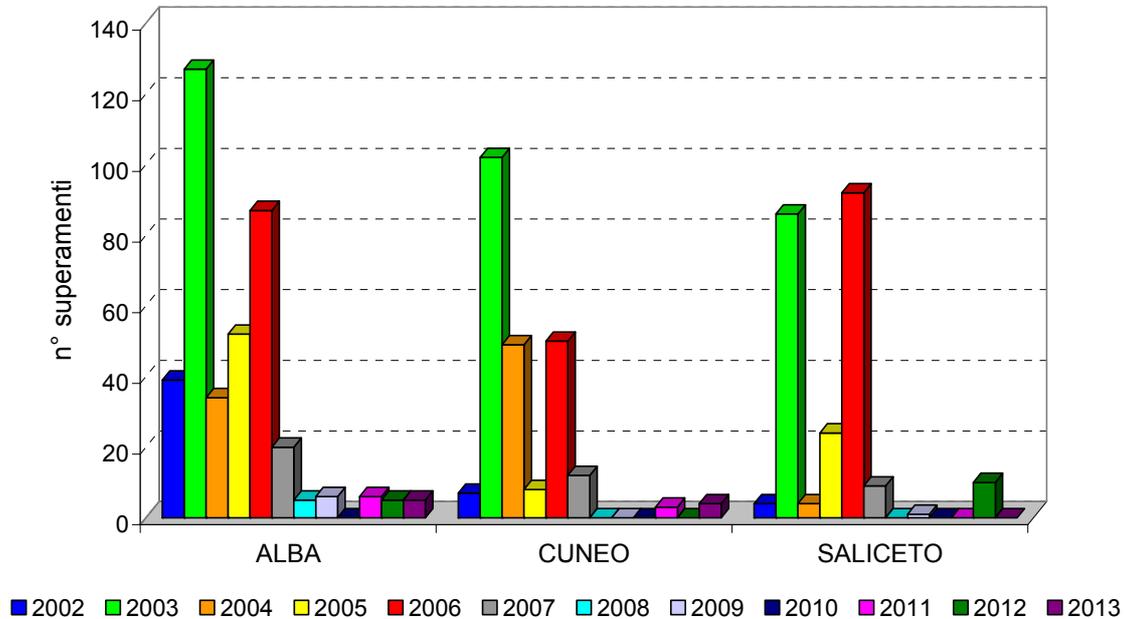


Figura 27) O₃: numero di superamenti della soglia di informazione (180 µg/m³) in provincia di Cuneo.

Per l'ozono uno dei riferimenti normativi è il valore obiettivo pari ad una media massima di 120 µg/m³, calcolata su 8 ore, da non superare più di 25 giorni per anno civile come media di tre anni a partire dal triennio 2010-2012. Dal grafico sottostante emerge come anche per il triennio 2011-2013, per tutte e tre le centraline della provincia, il numero dei giorni di superamento sia stato superiore rispetto a quello previsto.

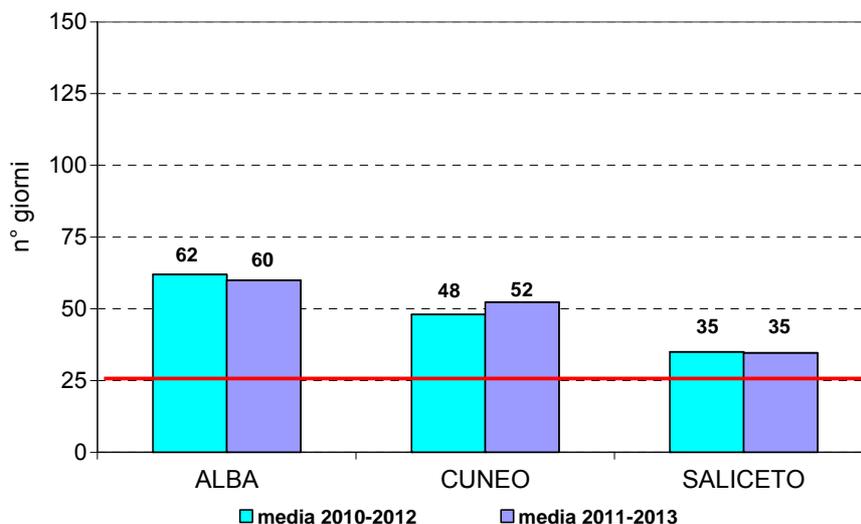


Figura 28) O₃: media numero di giorni con superamento del valore obiettivo per la protezione della salute umana (120 µg/m³ come massima media giornaliera su 8 ore) relativa alla media triennale.

Nel grafico della figura 29 che riporta il numero di giorni con superamento dell'obiettivo a lungo termine in ciascun anno di monitoraggio si vede come il valore del 2013 sia stato tra i più bassi registrati per la centralina di Saliceto, con una diminuzione evidente rispetto all'anno precedente, e anche il minimo assoluto per la centralina di Alba. A Cuneo invece il numero dei giorni è stato uguale a quello del 2012.

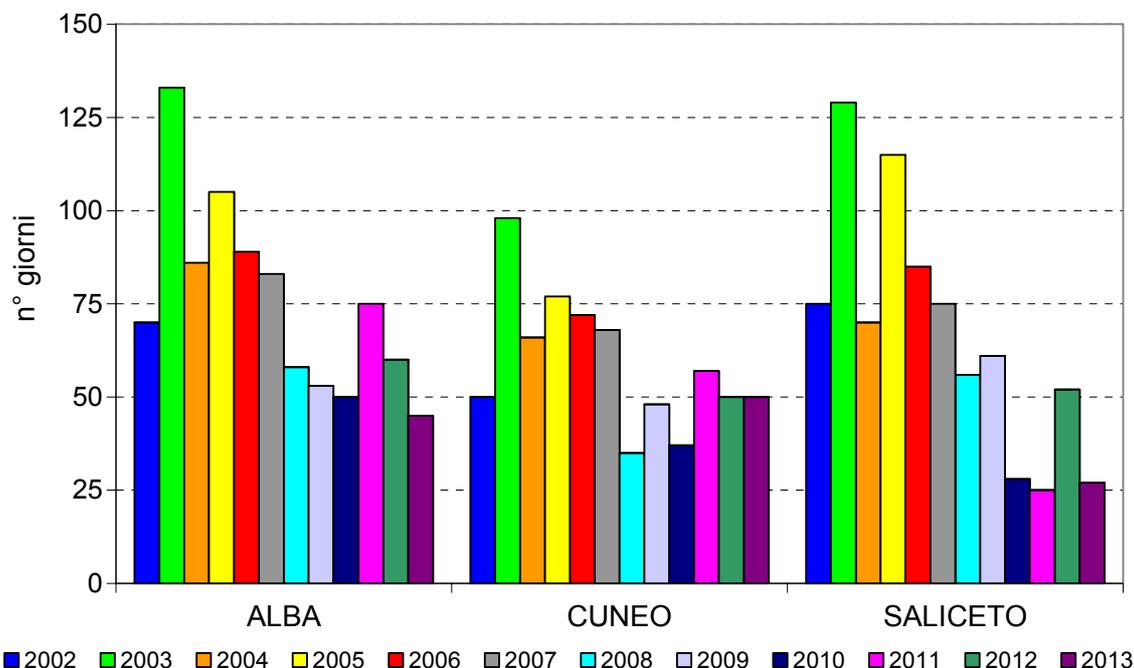


Figura 29) O₃: numero di giorni con superamento dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (120 µg/m³ come massima media giornaliera su 8 ore)

I risultati ottenuti dalla rete provinciale sono confermati da quelli ottenuti dallo studio dell'European Environment Agency (EEA) sull'inquinamento da ozono¹¹ che dimostrano come questo debba essere considerato una problematica ad ampia scala. Lo studio riporta che tra i mesi di aprile e settembre, considerati per la stagionalità di questo inquinante, il periodo in cui si è verificato il maggior numero di superamenti è stato quello compreso tra il 7 luglio ed il 6 agosto.

A livello europeo la percentuale delle stazioni di monitoraggio nelle quali si è verificato il superamento della soglia di informazione, pari al 26%, è stata una delle più basse dal 1997. Non è mai stata superata nel Nord Europa e solo nel Nord Italia ed in poche altre postazioni si sono registrati più di cinque giorni di superamenti. Anche per la soglia di allarme i 27 superamenti che si sono verificati sono stati tra i più bassi mai registrati. Relativamente all'obiettivo a lungo termine inoltre, nel periodo estivo all'incirca nell'83% di tutte le postazioni si è registrato almeno un superamento.

Seppur nel corso del 2013 sia stata registrata una lieve diminuzione rispetto al 2012 sia dei superamenti della soglia di informazione che dell'obiettivo a lungo termine, con valori tra i più bassi dall'inizio del monitoraggio, il rispetto dei limiti rimane ancora disatteso. Nello studio si afferma che con le concentrazioni di precursori che si hanno attualmente in Europa, le differenze che si registrano di anno in anno circa il superamento dei limiti sono sostanzialmente dipendenti dalle condizioni meteo climatiche.

¹¹ "Air pollution by ozone across Europe during summer 2013" EEA Technical report – N° 3/2014

Le concentrazioni massime orarie registrate dalle centraline della rete provinciale in ciascun giorno del 2013 sono rappresentate nella figura sottostante insieme al dato di temperatura massima giornaliera registrato presso la stazione meteo di Fossano (scelta poiché in posizione centrale nella provincia). La concomitanza tra i picchi di temperatura e di concentrazione dimostra come la temperatura sia uno degli elementi fondamentali per innescare i processi di formazione dell'ozono. Nella figura si possono individuare i superamenti della soglia di informazione che si sono verificati nei primi giorni dei mesi di luglio e agosto.

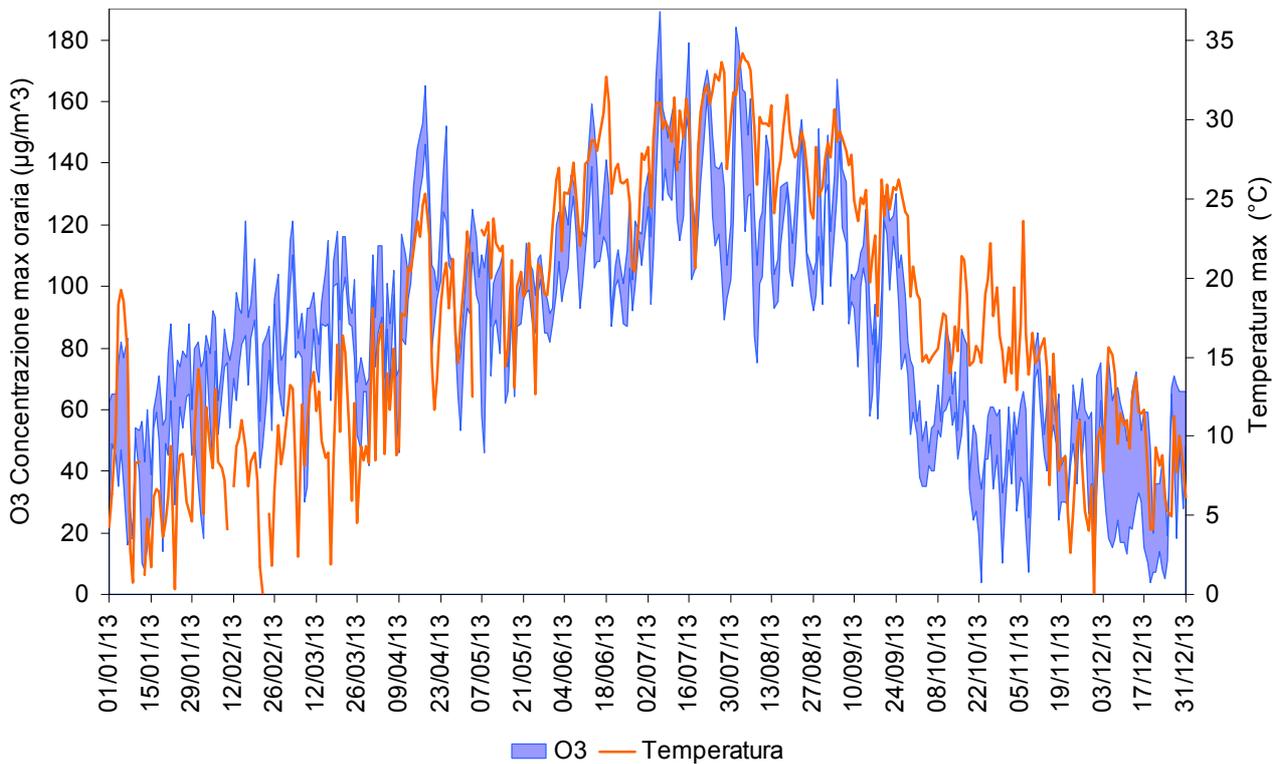


Figura 30) Concentrazioni massime orarie di ozono delle centraline della rete provinciale nel 2013 e temperatura massima giornaliera della stazione meteo di Fossano

Biossido di zolfo – SO₂

Per l'SO₂ i valori delle massime concentrazioni medie orarie e giornaliere registrate nelle due stazioni della provincia dove si è mantenuta la misura di questo inquinante (Cuneo e Borgo San Dalmazzo) sono rappresentati nei due grafici seguenti. Anche per il 2013 i valori sono stati ampiamente inferiori al limite (linea rossa) e molto simili a quelli dei quattro anni precedenti.

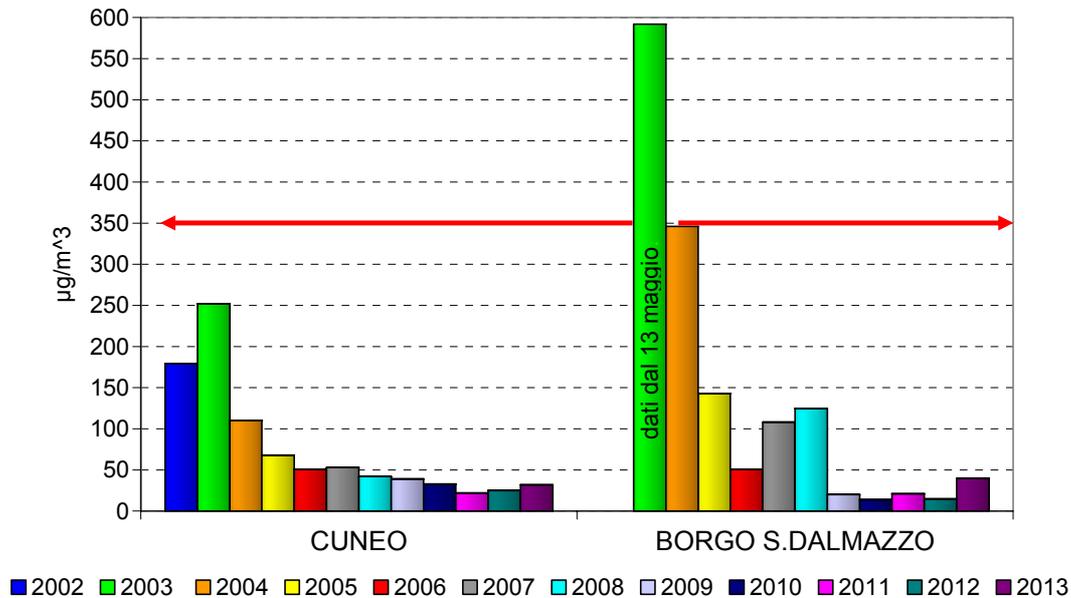


Figura 31) SO₂: valori della massima concentrazione media oraria di ogni anno di monitoraggio.

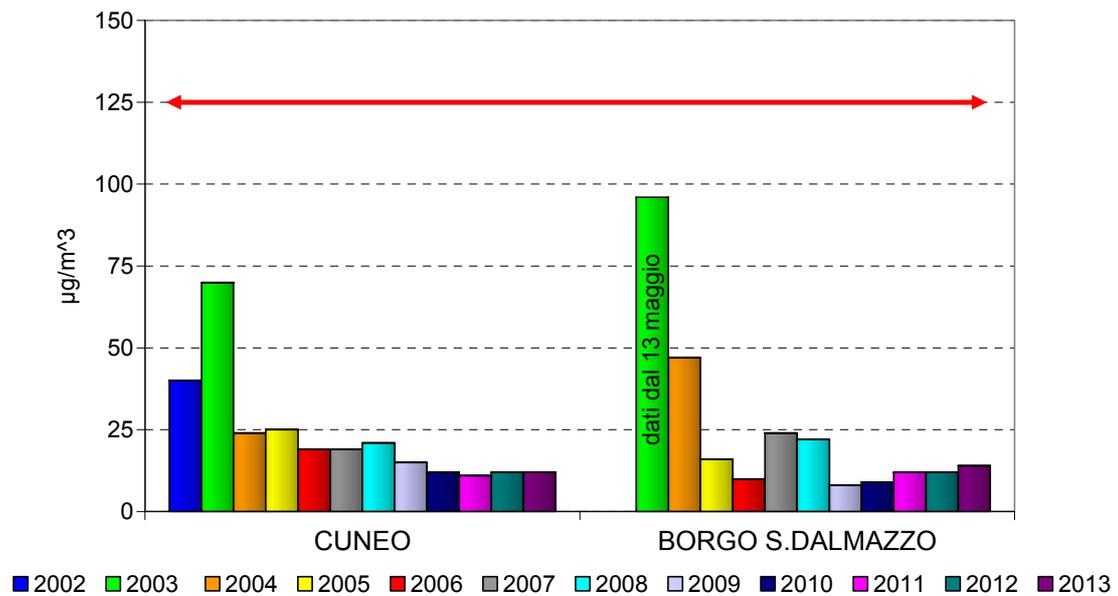


Figura 32) SO₂: valori della massima concentrazione media giornaliera di ogni anno di monitoraggio.

Benzene e Monossido di carbonio

I grafici delle figure sottostanti riportano per il benzene ed il monossido di carbonio i parametri richiesti dalla normativa (rispettivamente media annua e media massima su 8 ore) espressi come media dei valori misurati in tutte le centraline nelle quali vengono monitorati. Per entrambe gli inquinanti i risultati del 2013 sono praticamente uguali a quelli dell'anno precedente ed ampiamente inferiori al limite.

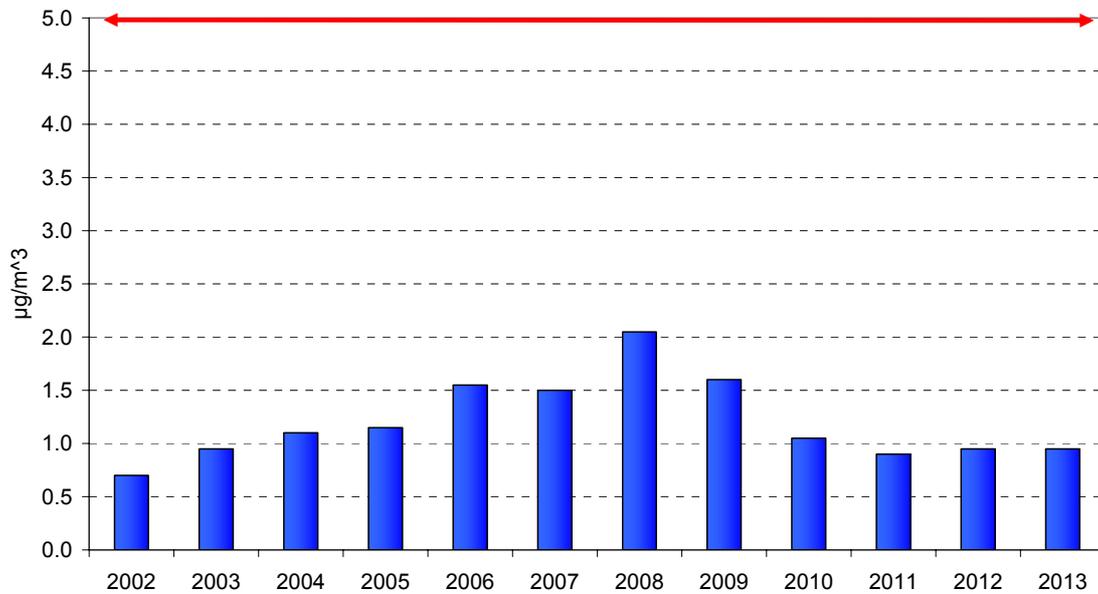


Figura 33) Benzene: media delle concentrazioni medie annuali di Cuneo e Alba.

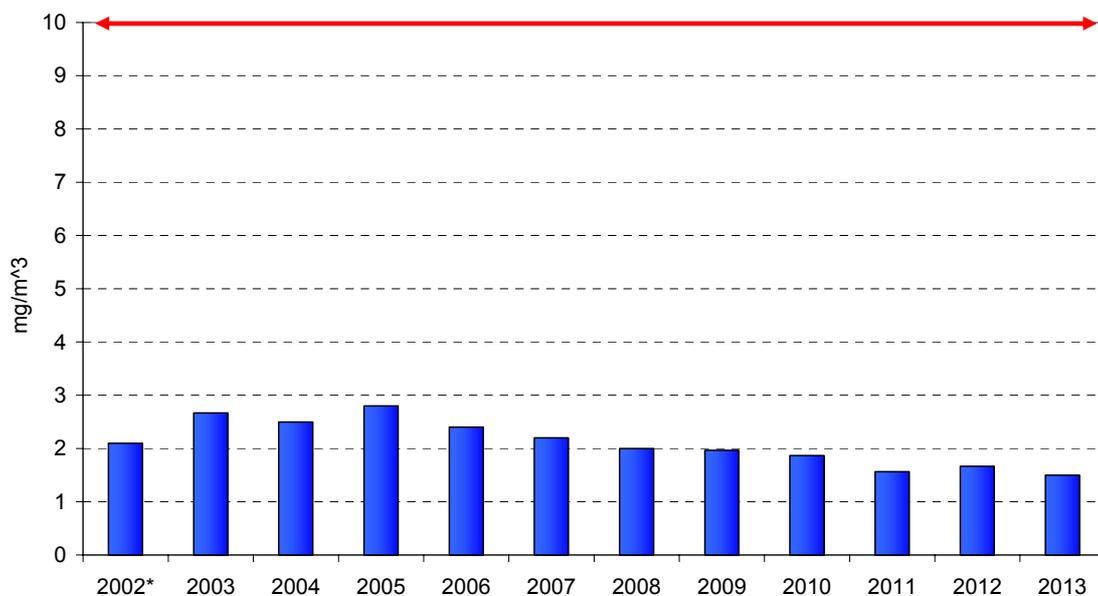


Figura 34) CO: media delle concentrazioni medie massime su 8 ore delle centraline di Alba, Bra, Cuneo (*anno non completo di dati).

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.

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 nichel¹².

Le figure successive, che riportano per i singoli metalli le concentrazioni medie annue, evidenziano un ampio rispetto dei limiti; in particolare per il 2013 i valori sono stati tra i più bassi dall'inizio del monitoraggio. Si evidenzia che molti valori ottenuti e riportati nei grafici, in particolare per l'arsenico ed il cadmio, corrispondono al limite di rilevabilità analitica.

¹² Uno sguardo all'aria – 2008 - Provincia di Torino, Arpa Piemonte

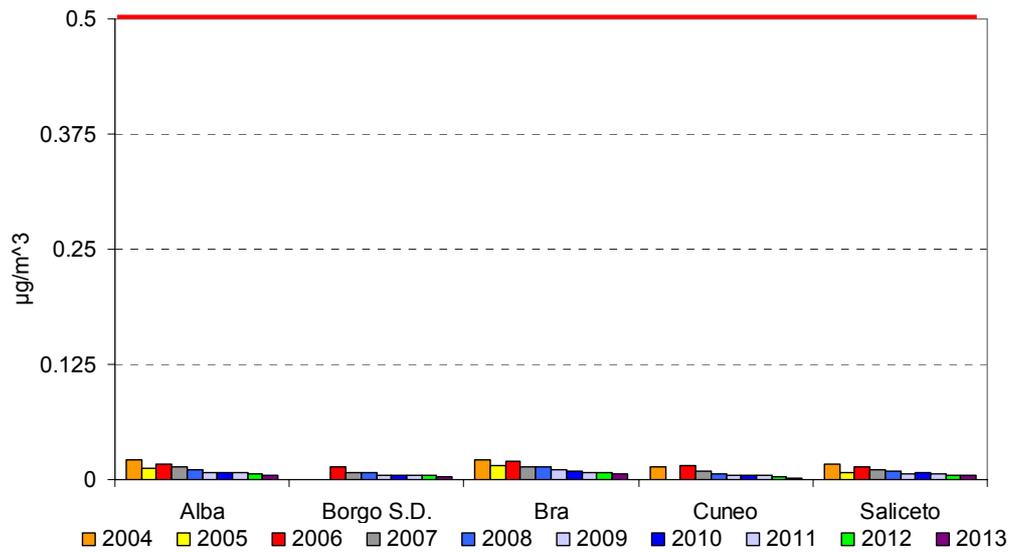


Figura 35) Piombo: confronto medie annuali

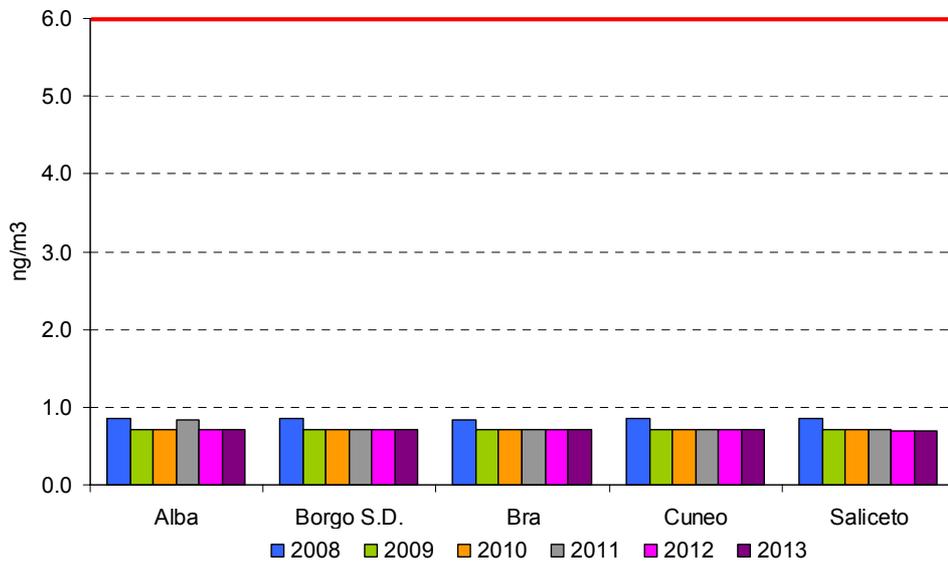


Figura 36) Arsenico: confronto medie annuali.

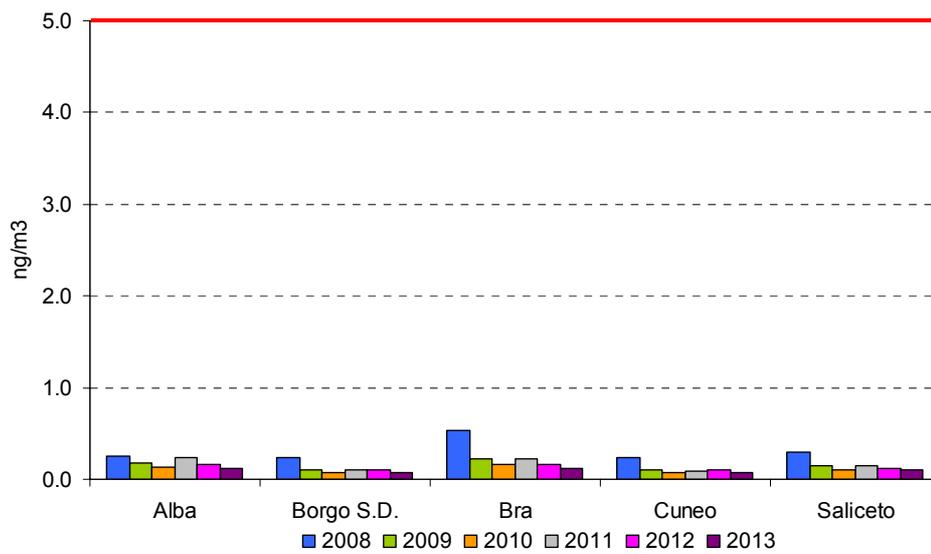


Figura 37) Cadmio: confronto medie annuali.

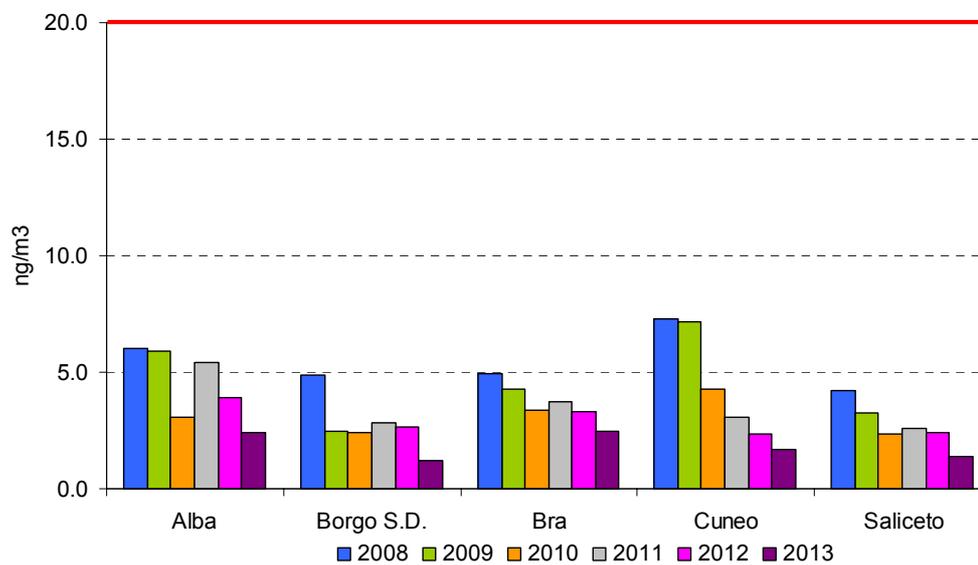


Figura 38) Nichel: confronto medie annuali.

Benzo(a)pirene

La figura 39 riporta le medie annuali per tutte le centraline nelle quali il parametro viene monitorato con disponibilità dei dati almeno pari al 90%. Le concentrazioni registrate nel 2013 sono poco differenti da quelle dell'anno precedente; soltanto per la centralina di Saliceto il valore risulta superiore a quello previsto dalla normativa.

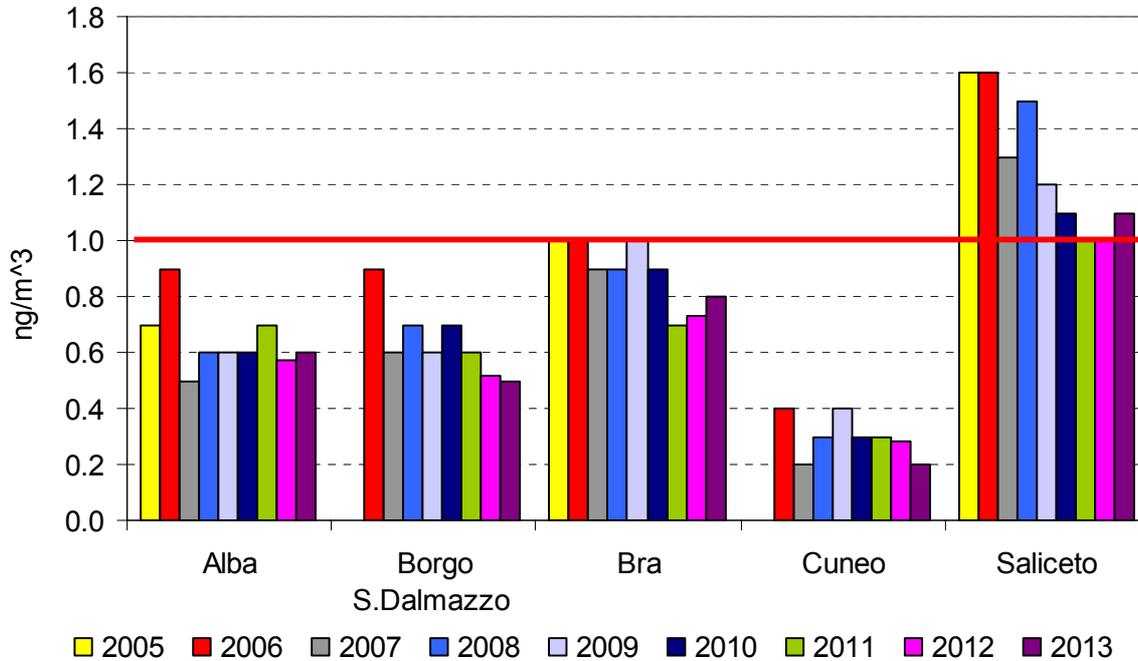


Figura 39) Benzo(a)pirene: medie annuali.

Analogamente ad altri inquinanti, come il materiale particolato e gli ossidi di azoto, le concentrazioni più elevate di benzo(a)pirene si registrano generalmente nel periodo invernale (figura 40) che è il più critico per gli inquinanti a causa della scarsa capacità dispersiva dell'atmosfera e dei frequenti fenomeni di accumulo. Tuttavia il rapporto tra le concentrazioni invernali ed estive di benzo(a)pirene registrate a Saliceto, oltre ad essere maggiore di quello ottenuto per lo stesso parametro nelle altre centraline, è molto più elevato di quello degli altri inquinanti misurati a Saliceto. Pertanto occorre ipotizzare che per tale inquinante nei mesi freddi dell'anno si aggiunga il contributo di una sorgente locale, particolarmente rilevante in tale sito, e che si può ragionevolmente considerare legato all'utilizzo della legna negli impianti di riscaldamento.

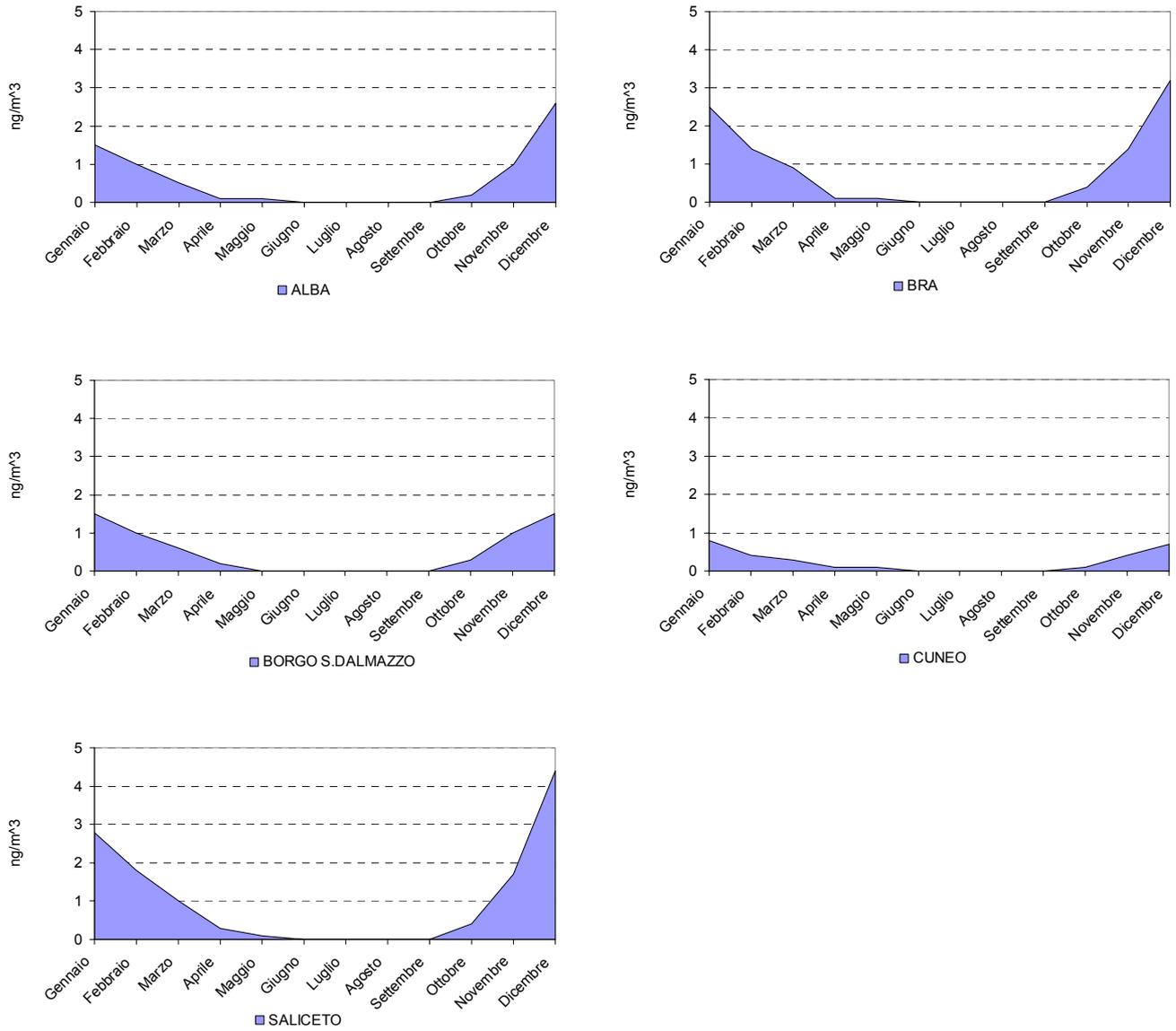


Figura 40) Benzo(a)pirene: concentrazioni medie mensili dell'anno 2013 relative alle centraline di Alba, Bra, Borgo S.Dalmazzo, Cuneo e Saliceto.

Superamenti nell'anno 2013

Nella tabella seguente si riassumono i superamenti dei limiti normativi per la protezione della salute umana registrati nell'anno 2013, in riferimento ai valori previsti dal Decreto Legislativo 13 Agosto 2010 n° 155.

INQUINANTE	VALORE LIMITE E PERIODO DI MEDIAZIONE	SUPERAMENTI CONCESSI	2013: NUMERO DI SUPERAMENTI RILEVATI					
			Alba	Borgo S. Dalmazzo	Bra	Cuneo	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
	40 µg/m ³ media annuale	-	0	0	0		0	0
PM ₁₀	40 µg/m ³ media annuale	-	0	0	0	0		0
	50 µg/m ³ media 24 ore	35 volte / anno civile	61	19	86	18		20
		Data del 35simo superamento	20 ott	-	5 mar	-	-	-
PM _{2.5}	25 µg/m ³ media annuale entro il 1 gennaio 2015				0		0	
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 come media su tre anni(2010-2012)	60			52		35
	180 µg/m ³ media oraria (soglia di informazione)	-	5			4		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		1
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 3) Superamenti dei limiti normativi nell'anno 2013