

Prot. n°. 28604

Cuneo, 8 marzo 2005

Ill.mo Sig. Presidente della PROVINCIA di

CUNEO

Ill.mi Sig.ri Sindaci dei Comuni di

ALBA
BORGO San DALMAZZO
BRA
CUNEO
FOSSANO
LESEGNO
MONDOVI'
ROBILANTE
SAN MICHELE MONDOVI'
SALICETO
CARAMAGNA PIEMONTE
CERVERE
GOVONE
GRINZANE CAVOUR
GUARENE
MORETTA
PIOBESI D'ALBA
SALMOUR
SANTA VITTORIA D'ALBA
SOMMARIVA DEL BOSCO
TORRE SAN GIORGIO
VERZUOLO
CENTALLO
ROCCAIONE
SALUZZO
SAVIGLIANO
CHERASCO
GENOLA

Spett.le Regione Piemonte Assessorato Ambiente

Settore Risanamento Atmosferico e Acustico TORINO

Spett.le Dipartimenti di Prevenzione Aziende ASL N. 15, 16, 17, 18

Oggetto: Rete provinciale di rilevamento della qualità dell'aria. Resoconto di sintesi statistica dei dati rilevati nell'anno 2004.

Per il terzo anno consecutivo le attività del monitoraggio della qualità dell'aria condotte dal Dipartimento provinciale Arpa di Cuneo si propongono all'utenza sotto forma di una relazione illustrativa dei risultati rilevati. In accordo con la Provincia di Cuneo questo studio è inviato alle Amministrazioni competenti ed a tutti i Comuni dalle stesse individuati all'interno della Zona di Piano ai sensi della L.R. 43/2000; tale zonizzazione è stata definita sulla base dei potenziali superamenti dei limiti di qualità dell'aria stabiliti dalla normativa vigente.

Il nuovo assetto organizzativo dell'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Piemonte ha individuato, nell' "Area delle attività regionali per l'indirizzo e il coordinamento in materia di previsione e monitoraggio ambientale", il centro di riferimento delle attività agenziali per il monitoraggio della qualità dell'aria mentre ai Dipartimenti provinciali è stata assegnata la gestione tecnica delle singole reti e la diffusione delle risultanze rilevate a livello locale.

Nell'ottica di una completa divulgazione di quanto acquisito dalla rete fissa di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico, oltre a rendere disponibili tutti i dati secondo le modalità individuate della Regione Piemonte, questo Dipartimento Arpa, in accordo con la Provincia di Cuneo, propone all'utenza un commento dei valori rilevati sul territorio di competenza che possa consentire, anche ai non addetti ai lavori, di comprendere quanto le sostanze inquinanti contaminino l'aria che respiriamo.

A partire dal 2002 la rete provinciale di Cuneo è costituita da sette centraline fisse che, posizionate nei comuni di Alba, Borgo San Dalmazzo, Bra, Cuneo, Fossano, Mondovì e Saliceto, consentono il monitoraggio della qualità dell'aria relativamente ai principali inquinanti per cui sono fissati limiti normativi: ozono (O₃), ossidi di azoto (NO-NO₂-NO_x), monossido di carbonio (CO), biossido di zolfo (SO₂), materiale particolato PM₁₀ e benzene.

Nella relazione tecnica dal titolo "Sintesi dei dati rilevati", redatta a cura della D.ssa Sara Martini, per ciascuno di questi parametri sono riportate, oltre ad alcune informazioni generali circa le sorgenti ed i possibili danni che possono provocare alla salute umana, le elaborazioni grafiche dei dati relativi all'anno 2004. La modalità è la stessa utilizzata nelle precedenti due relazioni conclusive degli anni 2002 e 2003 - pubblicate sul sito internet dell'Agenzia - per cui per ogni inquinante viene illustrato l'andamento annuale ottenuto dai valori medi mensili.

Al fine di consentire un giudizio più ampio circa le reali variazioni della qualità dell'aria su scala locale, si propongono inoltre, sempre in forma grafica per maggiore immediatezza, alcune elaborazioni in cui i risultati relativi al triennio 2002 - 2004 vengono confrontati con i limiti di riferimento normativi.

In questa nota introduttiva si anticipano le conclusioni che possono essere dedotte da quanto rilevato a partire dal 2002, con particolare riferimento al 2004.

E' evidente che sono principalmente le attività umane a determinare l'immissione delle molecole inquinanti (o dei precursori delle stesse) nell'ambiente, ma è altrettanto evidente che le azioni che l'uomo può condurre ai fini di migliorare la situazione esistente, comportano effetti positivi. L'azione concertata delle varie Amministrazioni locali

interessate e dell'Organo di controllo, infatti, comincia a portare i primi risultati e come esempio lo scorso anno le concentrazioni rilevate in Cuneo e Borgo San Dalmazzo di biossido di zolfo (SO₂), originate da processi produttivi, sono sensibilmente diminuite.

Le condizioni meteorologiche giocano un ruolo determinante per l'accumulo delle sostanze inquinanti nei bassi strati dell'atmosfera. L'allarme relativo alla concentrazione di PM₁₀, riscontrabile in particolare nelle nostre zone di pianura, come in tutte quelle del Nord Italia, è infatti determinato dalle situazioni meteorologiche che si vengono a stabilire. A questa relazione tecnica viene allegato uno studio, redatto a cura della D.ssa Luisella Bardi (pag. 26) sulla correlazione dei dati rilevati, nel triennio 2002 – 2004, dalla rete provinciale di monitoraggio della qualità dell'aria con alcuni dati meteorologici registrati dalla rete gestita dall' "Area delle attività regionali per l'indirizzo e il coordinamento in materia di previsione e monitoraggio ambientale".

Questo studio, necessariamente redatto con taglio scientifico, evidenzia le variazioni delle concentrazioni nelle varie stagioni che si susseguono e quanto sforzo si debba fare nel ridurre le differenti fonti emissive, proprio perché poi, tutti i singoli contributi, si accumulano nei bassi strati dell'atmosfera e vanno ad interessare scale più ampie di quelle locali in cui sono emessi.

L'influenza delle condizioni climatiche è particolarmente rilevante nei mesi invernali in quanto il limitato riscaldamento del suolo impedisce la crescita dello strato di aria in cui gli inquinanti si possono disperdere (strato di rimescolamento) e l'inversione termica, che chiude questo strato, diviene sempre più forte e stabile impedendo il ricambio dell'aria.

Nei periodi di alta pressione invernali, inoltre, i movimenti delle masse d'aria determinano un ulteriore assottigliamento dello strato di rimescolamento facendo salire inesorabilmente la concentrazione degli inquinanti in prossimità del suolo.

Nelle nostre zone di pianura, ad esempio, si può pensare che l'altezza dello strato rimescolato si possa ridurre di circa un fattore quattro tra i mesi estivi e quelli invernali determinando quindi, a parità di emissioni nell'ambiente, un aumento delle concentrazioni di quattro volte.

Non è pertanto sufficiente continuare a sperare che, ad intervalli regolari, le precipitazioni atmosferiche risolvano i problemi di inquinamento, ma è indispensabile ridurre le emissioni degli inquinanti nell'atmosfera. In particolare, per produrre risultati rilevabili sulla qualità dell'aria, tali riduzioni devono essere costanti nel tempo ed estese a tutte le sorgenti del territorio.

Ora, in particolare a livello locale, per un amministratore risulta difficile prendere decisioni che possono comportare la rinuncia ad abitudini consolidate ma il decisore può essere opportunamente indirizzato dagli strumenti che il Legislatore comunitario o nazionale mette a disposizione.

In questa situazione generale che cosa possono fare le Amministrazioni competenti per migliorare la qualità dell'aria?

Al fine di consentire alla Provincia di Cuneo le opportune valutazioni per formulare i Piani per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria il nostro Dipartimento ha trasmesso uno studio, redatto a cura dell'Ing. Enrico Brizio, che viene proposto in questa relazione come terzo contributo tecnico. Questo documento tende ad evidenziare quanto

differente sia l'apporto diretto, riferito agli inquinanti "primari", dovuto alle numerose tipologie di veicoli che sono dotate di motorizzazione diverse dal punto di vista emissivo. Come noto oggi i veicoli in circolazione sono ascritti a differenti categorie, definite da una serie di normative comunitarie via via imposte, dalle quali discendono a loro volta le definizioni dei vari tipi di motore: Euro 1, Euro 2, Euro 3 ed Euro 4 oppure ante Euro.

Occorre ricordare che le concentrazioni degli inquinanti rilevabili in atmosfera dipendono, oltre che dai diretti contributi immessivi, anche dai prodotti di molteplici reazioni che avvengono nell'aria tra i componenti di origine antropica o naturale (es. smog fotochimico); quindi notevole importanza assumono gli inquinanti "secondari".

Le immissioni dirette delle marmitte si aggiungono nel "cocktail" mefitico costituito da particelle risollevate e dai contributi delle altre fonti che, anche prodotti in località molto distanti, vagano nell'aria senza confini.

Il traffico, ovviamente non da solo, rappresenta una fonte certa di inquinanti; le sostanze prodotte dalle marmitte inoltre, sono più concentrate a livello del suolo, poiché, a differenza di quelle degli impianti di riscaldamento e delle emissioni industriali, emesse in "quota", non subiscono importanti processi di diluizione prima di giungere alle vie respiratorie.

Pur consapevoli che, soltanto un'azione concertata sulle differenti fonti di inquinamento (traffico veicolare, emissioni da attività produttive e da riscaldamento civile) consentirà di raggiungere un miglioramento effettivo della qualità dell'aria ed arrivare agli obiettivi che la norma impone, sono proprio i provvedimenti relativi al traffico veicolare a coinvolgere la popolazione e a suscitare le maggiori polemiche. I cittadini si sentono spesso penalizzati per le restrizioni al traffico che vengono imposte a livello locale ma dobbiamo diventare consapevoli di quanto le abitudini e le comodità cui siamo tanto affezionati hanno generato problemi che si ripercuotono sulla nostra salute. La tecnologia da un lato e la buona volontà del singolo individuo dall'altro, consentiranno di ottenere miglioramenti concreti e necessari.

L'azione di monitoraggio costante nel tempo, rilevabile con una rete di stazioni fisse, è comunque il principale strumento che consente di seguire l'efficacia delle azioni condotte.

Questa relazione, come quelle che l'hanno preceduta, per favorire la diffusione delle conoscenze nel campo della tutela della qualità dell'aria al maggior numero di utenti, sarà pubblicata sul sito internet dell'Agenzia <http://www.arpa.piemonte.it/> nella sezione aria nella pagina approfondimenti.

Ricordando il contributo di tutti coloro che hanno partecipato a questo lavoro con la raccolta e l'elaborazione dei dati si ringraziano tutti i collaboratori.

Distinti saluti.

Dipartimento Provinciale di Cuneo

Il Dirigente Responsabile

Dott. Silvio Cagliero

Sintesi dei dati rilevati

a cura della dott.ssa Sara Martini

BIOSSIDO DI ZOLFO – SO₂

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

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

Nell'atmosfera l'anidride solforosa (SO₂) è ossidata ad anidride solforica (SO₃).

Il biossido di zolfo era ritenuto fino a pochi anni fa il principale inquinante dell'aria ed è certamente tra i più studiati, anche perché è stato uno dei primi composti a manifestare effetti sull'uomo e sull'ambiente. Tuttavia, oggi, il progressivo miglioramento della qualità dei combustibili in seguito al minor contenuto di zolfo nei prodotti di raffinazione, insieme al sempre più diffuso uso del gas metano, hanno diminuito sensibilmente la presenza di SO₂ nell'aria.

Danni causati

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

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

Analisi dei dati

Confrontando i grafici delle figure 1 e 2 si può osservare che, mentre ad Alba i valori medi mensili registrati nel 2004 sono stati molto simili a quelli dell'anno precedente, un discorso diverso deve essere fatto per Cuneo e Borgo San Dalmazzo.

A Borgo San Dalmazzo, ove il monitoraggio è iniziato nel maggio del 2003 con la rilocalizzazione del sistema analitico prima posto a Saliceto, i valori particolarmente elevati registrati dalla centralina fissa nel primo periodo di rilievi avevano reso necessario un monitoraggio più approfondito della qualità dell'aria della zona con il laboratorio mobile. Dai risultati dello studio svolto, l'attività cementiera presente in zona risultava essere una delle principali sorgenti di SO₂. Successivamente ad un accordo intercorso tra la parte industriale e l'autorità comunale, informate della situazione, si è riscontrato un miglioramento che, iniziato già negli ultimi mesi del 2003, è continuato per tutto l'anno

successivo ed ha fatto sì che i valori di SO₂ registrati nel 2004 siano stati decisamente inferiori a quelli corrispondenti agli stessi mesi dell'anno precedente.

**A.R.P.A. Dipartimento provinciale di CUNEO
ANNO 2004
Parametro: BISSIDO DI ZOLFO - SO₂ - MEDIE MENSILI**

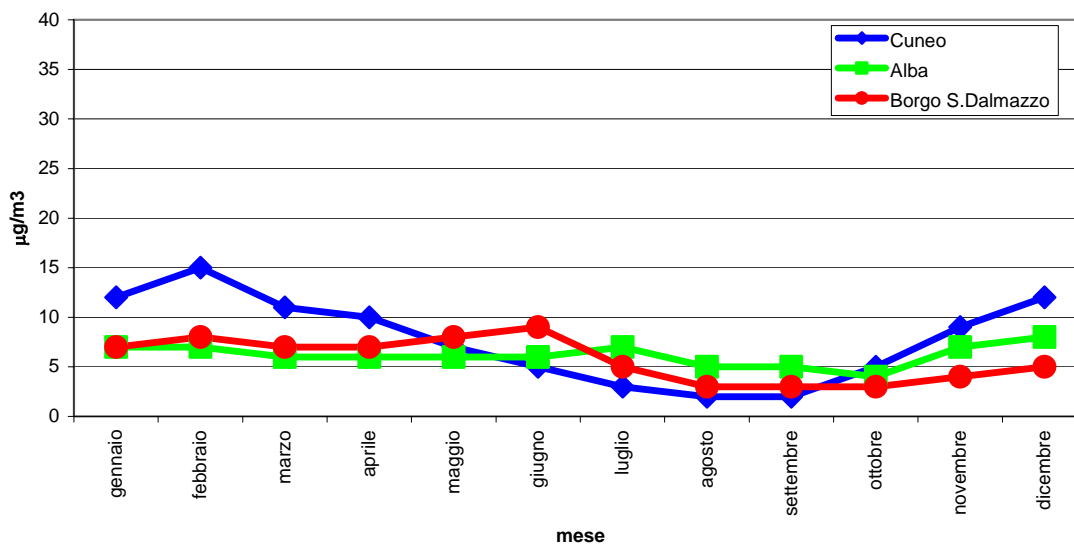


Figura 1: SO₂ – confronto medie mensili anno 2004

**A.R.P.A. Dipartimento provinciale di CUNEO
ANNO 2003
Parametro: BISSIDO DI ZOLFO - SO₂ - MEDIE MENSILI**

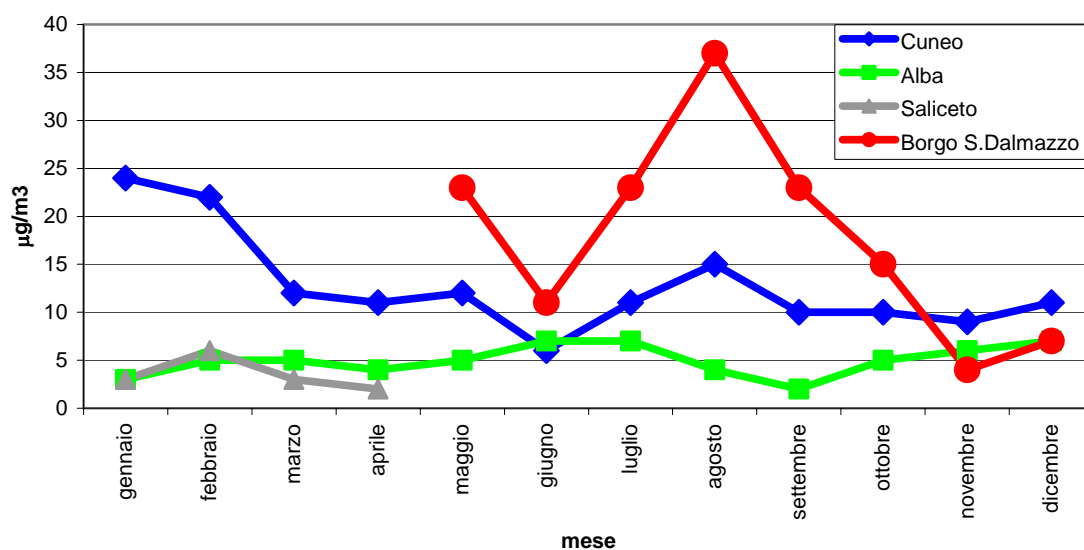


Figura 2: SO₂ – confronto medie mensili anno 2003

Il miglioramento del livello emissivo ha avuto conseguenze positive anche sul sito di Cuneo dove, secondo lo studio effettuato della qualità dell'aria, si registravano ricadute non indifferenti di inquinante.

Altri confronti possono essere condotti utilizzando i limiti previsti per la salute umana riportati nel D.M.60/2002, riferiti alla "massima media oraria" e la "massima media su 24 ore", che, entrati pienamente in vigore dal 1 gennaio 2005, sono pari a $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare per più di 24 volte in un anno e $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare per più di 3 volte in un anno rispettivamente.

Nei grafici delle figure 3 e 4 sono riportati per le centraline di Cuneo e Borgo San Dalmazzo i valori della massima media oraria registrata nei singoli mesi del 2004 e 2003. Nonostante valori di punta particolarmente elevati rilevati a Borgo San Dalmazzo nel primo semestre, in tutto il 2004 non si sono registrati superamenti del limite orario e, per entrambi i siti, si può notare un notevole miglioramento.

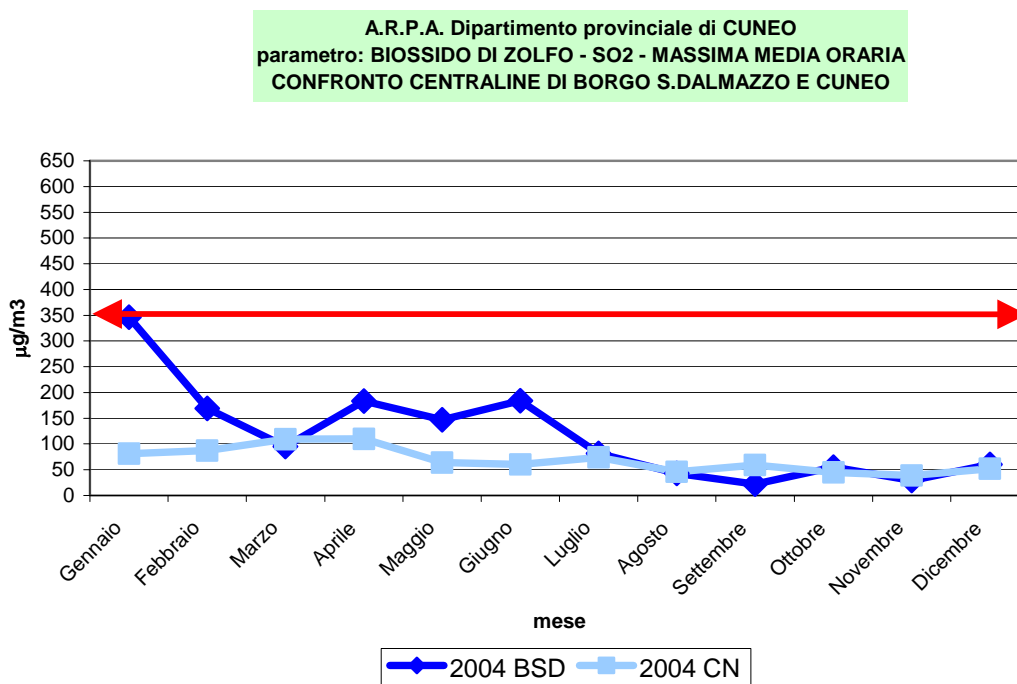


Figura 3: Anno 2004 - SO₂ centraline di Cuneo e Borgo S.Dalmazzo : confronto "massima media oraria"

A.R.P.A. Dipartimento provinciale di CUNEO
 parametro: BLOSSIDO DI ZOLFO - SO₂ - MASSIMA MEDIA ORARIA
 CONFRONTO CENTRALINE DI BORGIO S.DALMAZZO E CUNEO

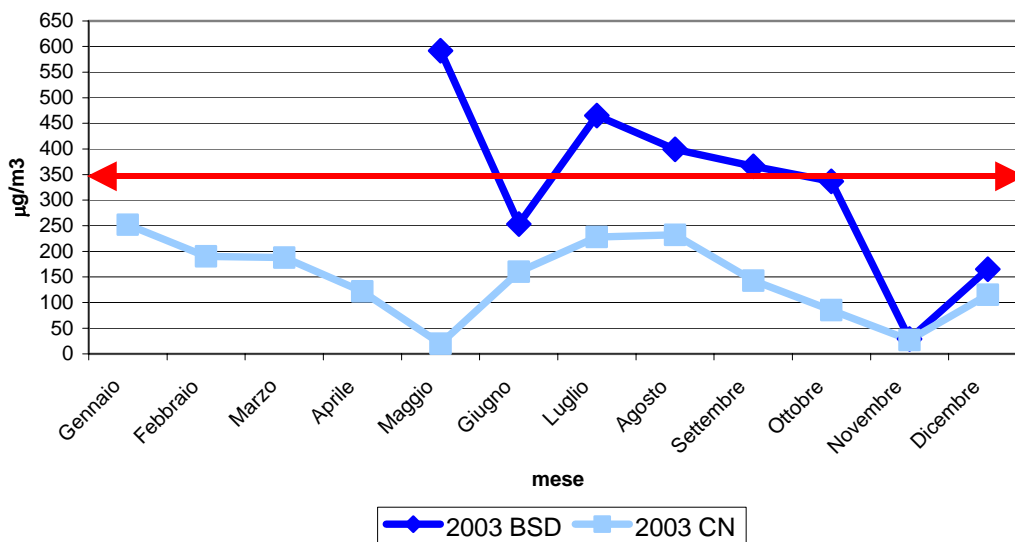


Figura 4: Anno 2003 - SO₂ centraline di Cuneo e Borgo S.Dalmazzo : confronto “massima media oraria”

Nei grafici di figura 5 e 6 inoltre si riportano i valori della “massima media oraria” e della “massima media su 24 ore” registrati in tutte le centraline della rete fissa nel triennio 2002 – 2004. In figura 5, il massimo riportato per il 2004 a Borgo San Dalmazzo, pari a 346 µg/m³, si è rilevato il 13 gennaio; in seguito poi l’andamento generale ha evidenziato un netto miglioramento.

A.R.P.A. Dipartimento provinciale di CUNEO
 parametro: BLOSSIDO DI ZOLFO - SO₂
 MASSIMA MEDIA ORARIA

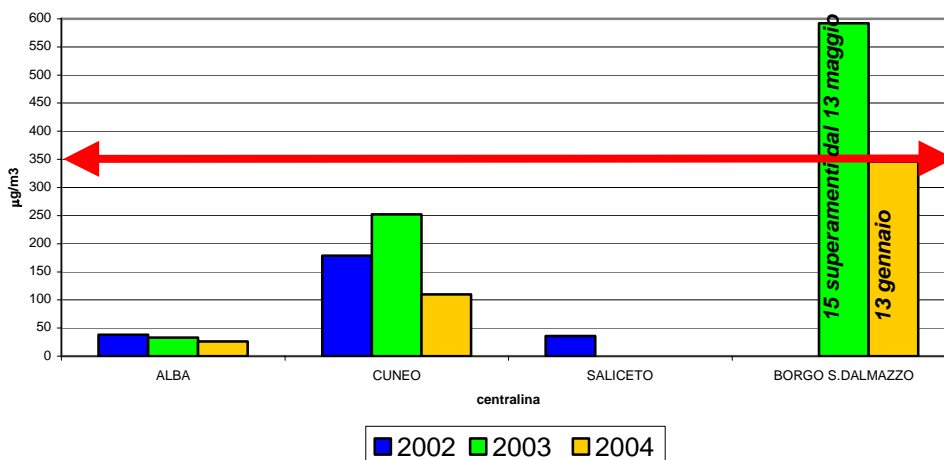


Figura 5: SO₂ – confronto “massima media oraria”

A.R.P.A. Dipartimento provinciale di CUNEO
 parametro: BISSIDO DI ZOLFO - SO₂
 MASSIMA MEDIA SU 24 ORE

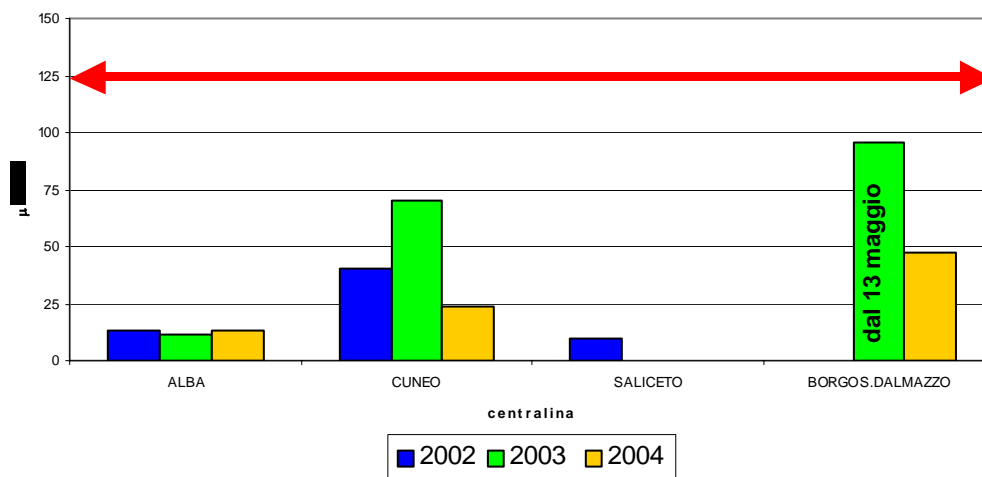


Figura 6: SO₂– confronto “massima media su 24 ore”

MONOSSIDO DI CARBONIO – CO

Il monossido di carbonio (CO) è l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera, l'unico la cui concentrazione venga espressa in milligrammi al metro cubo (mg/m³).

E' un gas inodore ed incolore e viene generato durante la combustione di materiali organici quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente.

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

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

Danni causati

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

Concentrazioni elevatissime di CO possono anche condurre alla morte per asfissia.

Alle concentrazioni abitualmente rilevabili nell'atmosfera urbana gli effetti sulla salute sono reversibili e sicuramente meno acuti.

Analisi dei dati

Non si sono rilevate differenze sostanziali rispetto agli anni precedenti. Come emerge dal grafico di figura 7 gli andamenti relativi al monossido di carbonio sono molto simili in tutti i siti monitorati ed anche nel 2004 valori leggermente più elevati si sono registrati nei mesi autunnali – invernali quando il contributo degli impianti di riscaldamento si aggiunge a quello prevalente del traffico veicolare, principale sorgente di questo inquinante.

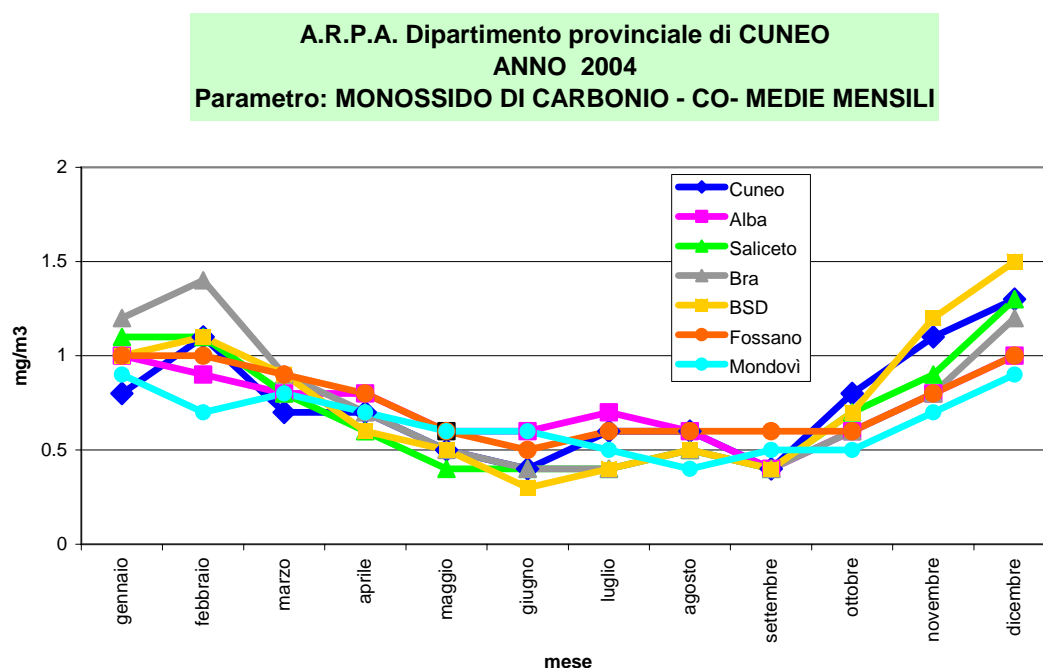


Figura 7: CO – confronto medie mensili anno 2004

Per il monossido di carbonio nel D.M. 60/2002 il solo limite previsto a partire dal 1 gennaio 2005 è la “media massima giornaliera su 8 ore” pari a 10 mg/m^3 ; come già anticipato questo è il parametro inquinante presente in atmosfera in concentrazione più elevata, infatti sia i limiti che le misure sono espresse in milligrammi per metro cubo (3 ordini di grandezza superiori alle altre sostanze inquinanti considerate in questa relazione). Dal grafico di figura 8, in cui si riporta il valore massimo della “media massima giornaliera su 8 ore” registrata per ogni centralina nel triennio 2002 – 2004, si può affermare che il monossido di carbonio non costituisce un particolare problema per la qualità dell’aria nelle

diverse realtà della nostra provincia in quanto i valori misurati sono parecchio inferiori al limite normativo previsto.

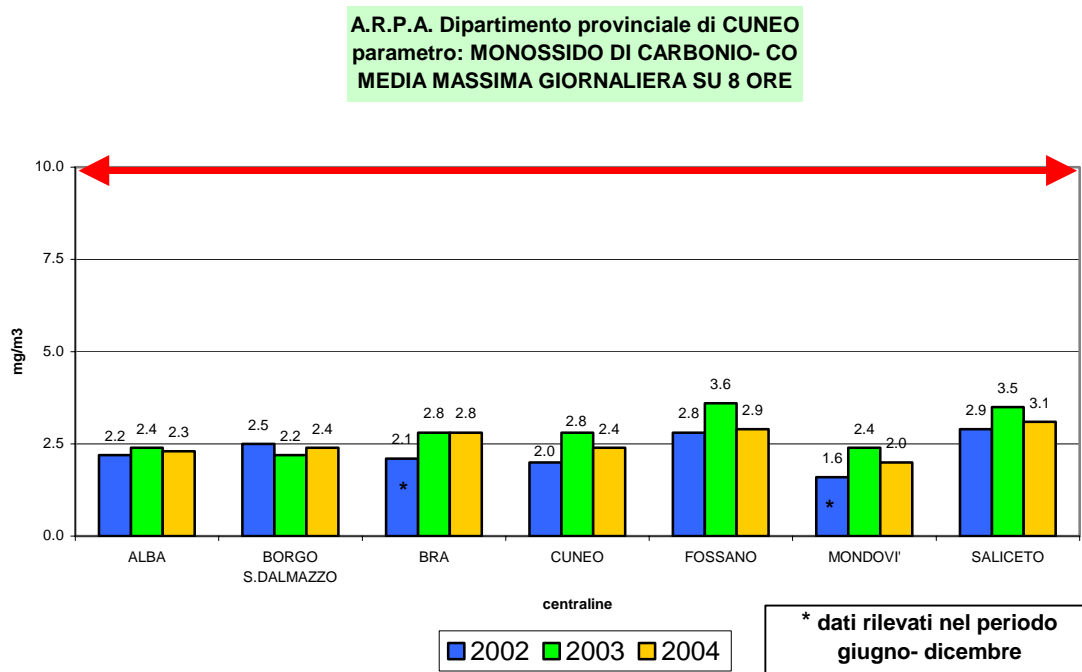


Figura 8: CO – confronto “media massima giornaliera su 8 ore”

OZONO – O₃

L'ozono è un gas altamente reattivo, di odore pungente e dotato di un elevato potere ossidante.

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

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

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

Danni causati

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

L'ozono è responsabile anche di danni alla vegetazione, con relativa scomparsa di alcune specie arboree dalle aree urbane (alcune specie vegetali, particolarmente sensibili alle concentrazioni di ozono in atmosfera, vengono oggi utilizzate come bioindicatori della formazione di smog fotochimico).

Analisi dei dati

La rappresentazione dei valori medi mensili – figura 9 – consente di evidenziare per l'ozono valori simili per le tre centraline di monitoraggio con caratteristico andamento stagionale che, nel 2004, presenta il massimo valore nel mese di luglio.

Relativamente all'ozono nel corso del 2004 le risultanze di un monitoraggio di circa otto mesi consecutivi effettuato con il laboratorio mobile in otto comuni del quadrante Sud-Est della provincia di Cuneo hanno evidenziato che i risultati ottenuti sono confrontabili con quelli rilevati dalla rete fissa (nel grafico di figura 9 i valori medi mensili rilevati con il laboratorio mobile sono riportati con una linea tratteggiata). Ciò conferma che le concentrazioni di ozono non variano in modo sostanziale su un territorio relativamente esteso come quello provinciale.

A.R.P.A. Dipartimento provinciale di CUNEO
ANNO 2004
Parametro: OZONO - O₃ - MEDIE MENSILI

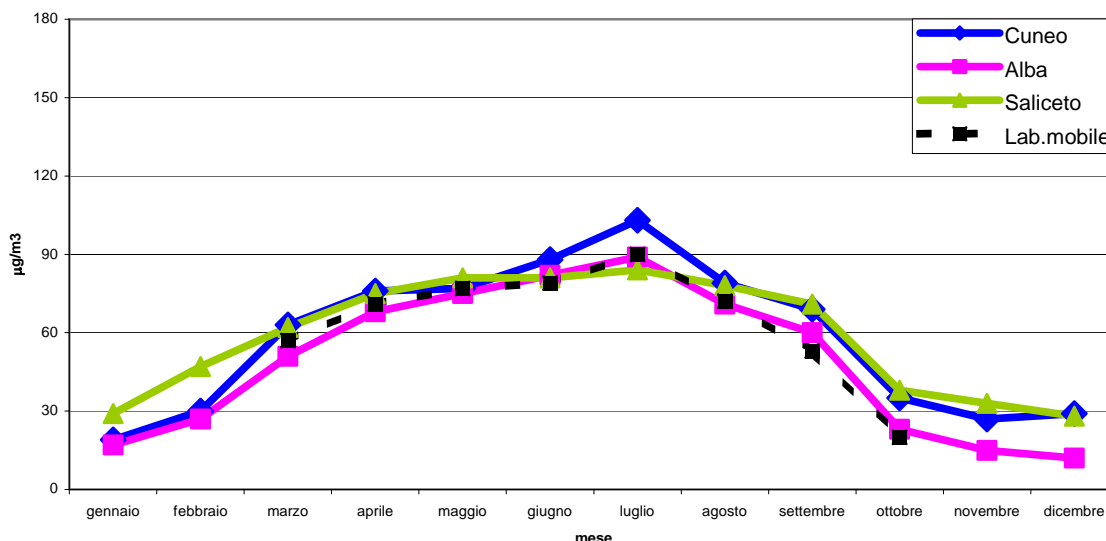


Figura 9: O₃ – confronto medie mensili anno 2004

Il riferimento normativo per l'ozono è il **Decreto Legislativo n. 183 del 21 maggio 2004 "Attuazione della direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria"** in cui vengono definiti i "valori bersaglio" per il 2010 e "obiettivi a lungo termine" sia per la protezione della salute umana sia per la protezione della vegetazione.

1. Il "valore bersaglio per la protezione della salute umana" espresso come media su 8 ore massima giornaliera è pari a 120 µg/m³ da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni.
2. L'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana espresso come media su 8 ore massima giornaliera nell'arco di un anno civile" è pari a 120 µg/m³.

Sono fissati inoltre una "soglia di informazione" ed una "soglia di allarme" come media oraria pari a 180 µg/m³ e 240 µg/m³ rispettivamente.

Dal grafico di figura 10 in cui, relativamente al triennio 2002 – 2004, si riporta per i tre siti fissi il numero di superamenti della soglia di informazione, risulta che, a parte i valori anomali registrati nel 2003 in seguito a particolari condizioni climatiche che hanno caratterizzato i mesi estivi, i risultati del 2004 per le centraline di Alba e Saliceto sono praticamente identici a quelli del 2002. Diversa è la situazione per Cuneo dove invece nel 2004 si sono registrati parecchi superamenti del limite in più.

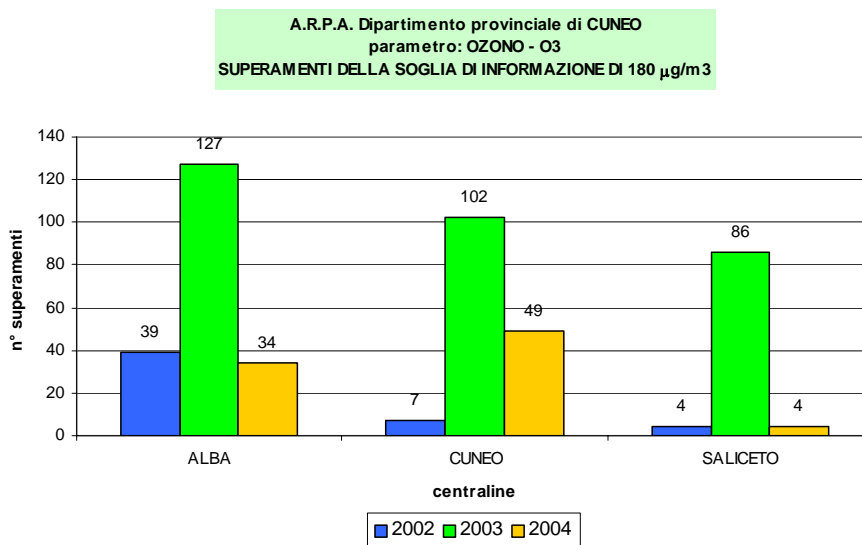


Figura 10: O₃ – superamenti soglia di informazione - anno 2004

Anche per quanto riguarda il limite scelto come “obiettivo a lungo termine” i risultati non sono molto incoraggianti. Dal grafico di figura 11 emerge infatti che anche nel 2004 sono stati numerosi i giorni con almeno un superamento del valore di 120 µg/m³. In tutte le centraline il periodo critico è stato quello compreso tra aprile e settembre; luglio è stato il mese in cui i giorni con superamenti dei limiti sono stati più numerosi.

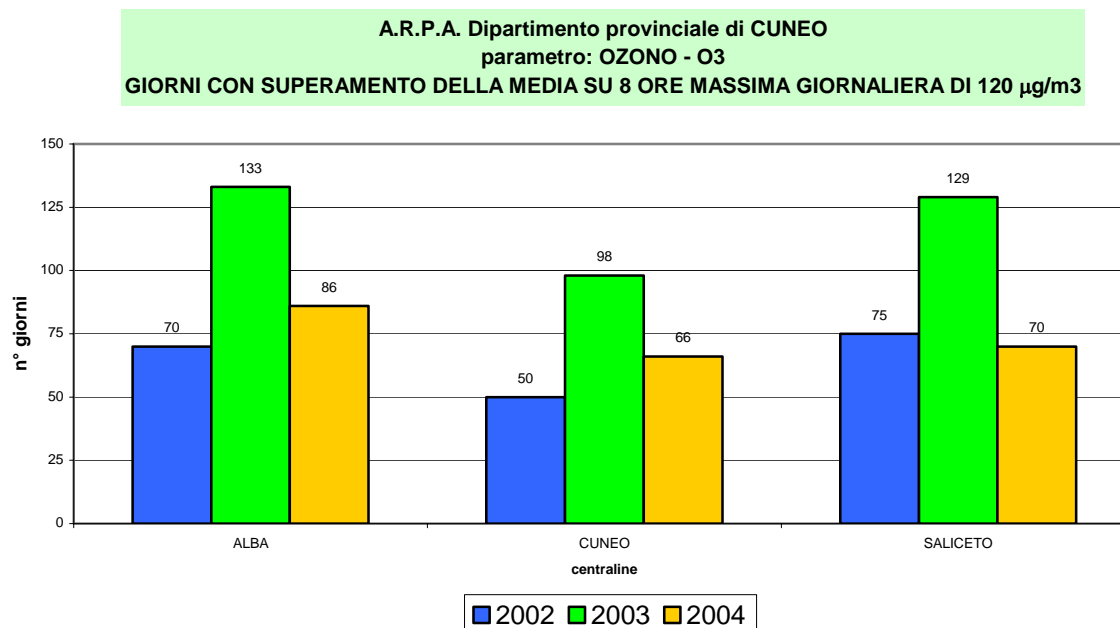


Figura 11: Anno 2004 - O₃ giorni con superamenti del limite sulla “media su 8 ore massima giornaliera”

BENZENE

Il benzene è un idrocarburo aromatico prodotto dall'attività umana e la presenza nell'aria atmosferica è in relazione all'uso del petrolio e dei suoi derivati.

La maggior fonte di esposizione per la popolazione è collegabile all'uso delle benzine per autotrazione; stime effettuate a livello di Unione Europea attribuiscono al traffico veicolare più del 70% del totale delle emissioni di benzene.

Il benzene è presente nelle benzine come tale e si produce inoltre durante la combustione a partire da altri idrocarburi aromatici. L'uso di marmitte catalitiche e di benzine a minore tenore di benzene ha permesso negli ultimi anni di diminuire significativamente le concentrazioni di tale inquinante in atmosfera. La normativa italiana in vigore fissa, a partire dal 1 luglio 1998, il tenore massimo di benzene nelle benzine all'uno per cento.

Danni causati

Il benzene è una sostanza classificata:

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

Studi di mutagenesi evidenziano inoltre che il benzene agisce sul bagaglio genetico delle cellule.

I carburanti per autotrazione contengono altri idrocarburi aromatici come il TOLUENE e i vari isomeri dello XILENE (isomeri orto, meta e para), molecole anche esse oggetto dell'indagine analitica.

Analisi dei dati

Come riportato nel grafico di figura 12 nel 2004, come del resto negli anni scorsi, gli andamenti del benzene relativi ai due siti monitorati sono ben sovrapponibili; lo scostamento tra i valori è maggiore nei mesi invernali a causa della collocazione geografica di Alba che risente maggiormente dell'accumulo di inquinanti nei bassi strati dell'atmosfera dovuto anche a fenomeni di inversione termica.

**A.R.P.A. Dipartimento provinciale di CUNEO
ANNO 2004
Parametro: BENZENE - MEDIE MENSILI**

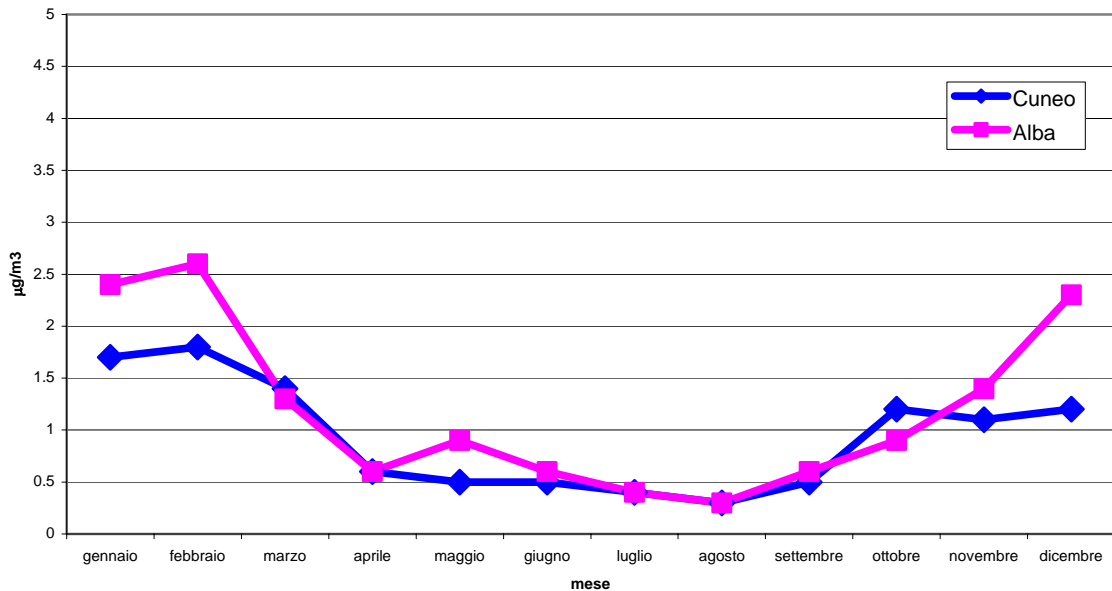


Figura 12: Benzene – confronto medie mensili anno 2004

Per il benzene il D.M. 60/2002 prevede un solo limite, pienamente in vigore dal 1 gennaio 2005, con valore medio annuo da non superare pari a 5 microgrammi per metro cubo di aria.

Dal grafico di figura 13 si può affermare che, nonostante un leggero aumento, i valori relativi al triennio 2002 – 2004 non presentano grandi differenze e la media annua per questo parametro, strettamente legato alle emissioni da traffico veicolare, rimane decisamente inferiore al limite normativo. A parte per la centralina di Cuneo in cui nel 2003 si è registrato ad ottobre, in tutti gli altri casi il valore massimo orario – riportato all'interno dell'istogramma – è stato misurato nei mesi invernali.

A.R.P.A. Dipartimento provinciale di CUNEO

 parametro: BENZENE - MEDIA ANNUA

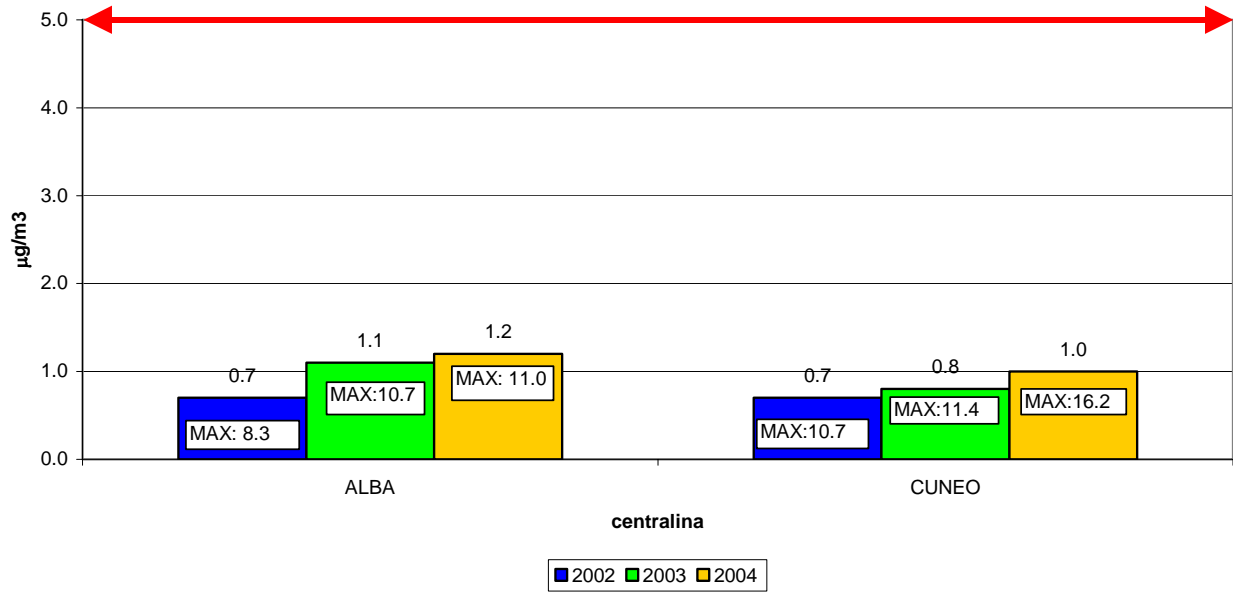


Figura 13: Benzene – confronti media annua

BIOSSIDO DI AZOTO - NO₂

OSSIDO E BIOSSIDO DI AZOTO NO e NO₂ - NO_x

Gli ossidi di azoto (NO, N₂O₃, NO₂ ed altri) vengono generati in tutti i processi di combustione, qualsiasi sia il tipo di combustibile utilizzato.

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

In ambito urbano un contributo fondamentale all'inquinamento da biossido di azoto e derivati fotochimici è apportato dai fumi di scarico degli autoveicoli. L'entità delle emissioni può, in questo caso, variare anche in funzione delle caratteristiche, dello stato del motore e delle modalità di utilizzo dello stesso (valore della velocità, accelerazione ecc.).

In generale l'emissione di ossidi di azoto è maggiore quando il motore funziona ad elevato numero di giri (arterie urbane a scorrimento veloce, autostrade ecc.).

Danni causati

Il biossido di azoto è un gas tossico, irritante per le mucose ed è responsabile di specifiche patologie a carico dell'apparato respiratorio con diminuzione delle difese polmonari (bronchiti, allergie, irritazioni).

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

Analisi dei dati

Relativamente al biossido di azoto per i valori medi mensili rilevati nel 2004 nelle centraline di Alba, Cuneo, Fossano, Mondovì e Saliceto non si evidenziano particolari differenze, sia per andamento che per concentrazione, rispetto agli anni precedenti. Come riportato nel grafico di figura 14, Saliceto è il sito in cui si registrano i valori meno elevati, cui seguono Mondovì, Fossano, Alba e Cuneo realtà influenzate da una crescente pressione antropica. Sempre dalla stessa figura emerge come gli andamenti relativi alle centraline di Borgo San Dalmazzo e Bra, benché differenti rispetto a quelli degli altri siti provinciali, siano molto simili tra loro. Le centraline di Borgo San Dalmazzo e Bra sono entrambe rappresentative di realtà caratterizzate da importanti attività industriali; proprio a queste si possono attribuire con buona probabilità i particolari andamenti che presentano valori crescenti nel periodo maggio – luglio, particolarmente evidenti per Borgo, ed un minimo ad agosto, mese in cui l'attività industriale è generalmente ridotta per la chiusura degli impianti.

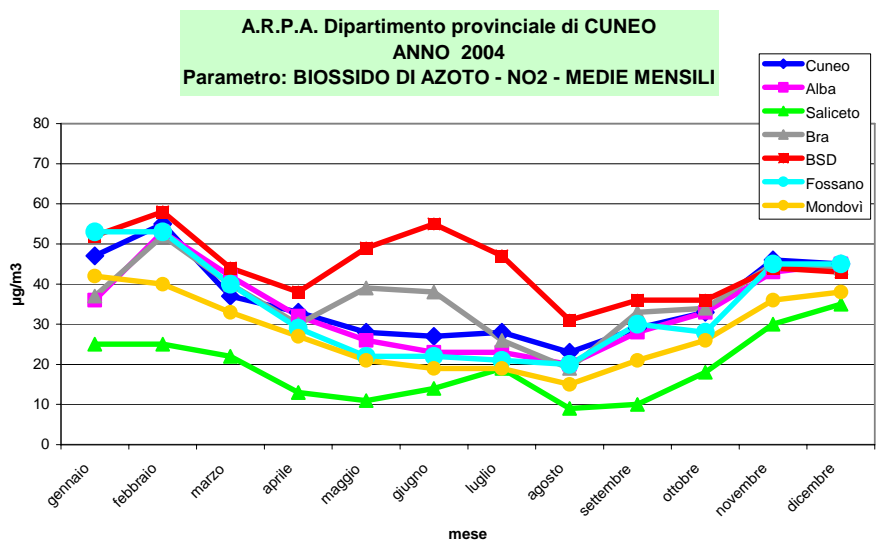


Figura 14: NO₂ – confronto medie mensili anno 2004

Per il biossido di azoto il D.M. 60/2002 prevede limiti il cui termine ultimo per il rispetto sarà il 1 gennaio 2010, con un valore limite medio annuo di 40 microgrammi per metro cubo di aria ed un valore limite medio orario di 200 microgrammi per metro cubo di aria da non superare per più di 18 volte in un anno.

Come illustrato nel grafico di figura 15, i valori massimi di media oraria del 2004 si sono registrati proprio nelle centraline di Borgo San Dalmazzo e Bra dove tuttavia non è stato superato il limite normativo fissato.

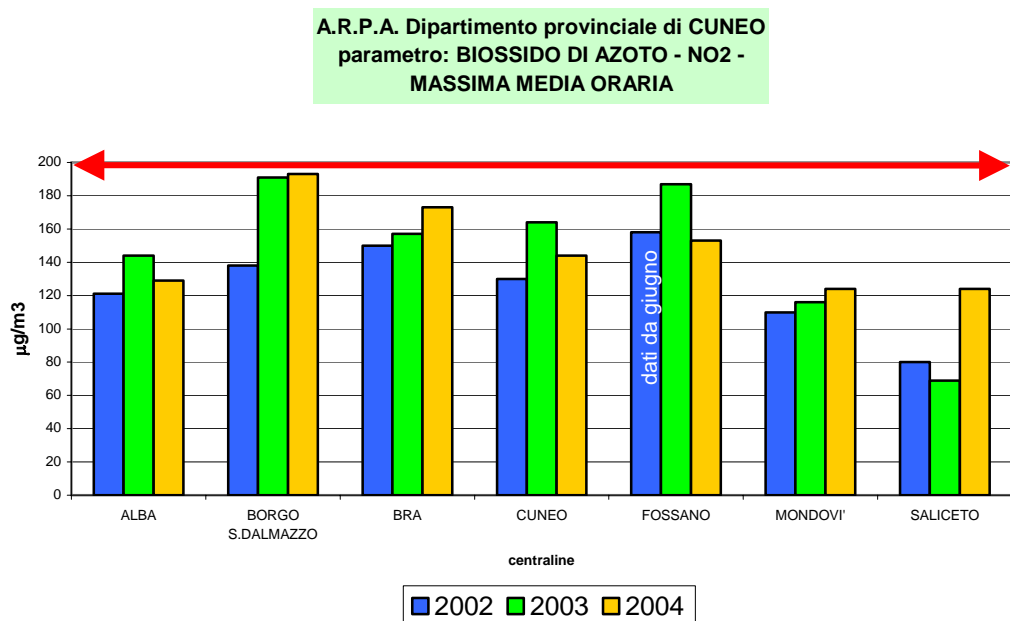


Figura 15: NO₂ – confronto “Massima media su 24 ore”

Relativamente al “valore medio annuo” – figura 16 – si può osservare che i valori del triennio 2002 – 2004 non sono molto differenti. Come già per gli scorsi anni, anche nel 2004, soltanto alla centralina di Borgo si è registrato il superamento del limite previsto dalla normativa. Lo scostamento non particolarmente elevato da tale valore è inferiore rispetto a quello del 2003 e la disponibilità della parte industriale ad un miglioramento dei processi produttivi fa sperare in una diminuzione dei valori di ossidi di azoto per i prossimi anni.

Il valore annuo per la centralina di Fossano per l’anno 2002 non è riportato in quanto, come già indicato nell’istogramma corrispondente del grafico precedente, l’acquisizione dei dati è iniziata soltanto a partire dal mese di giugno.

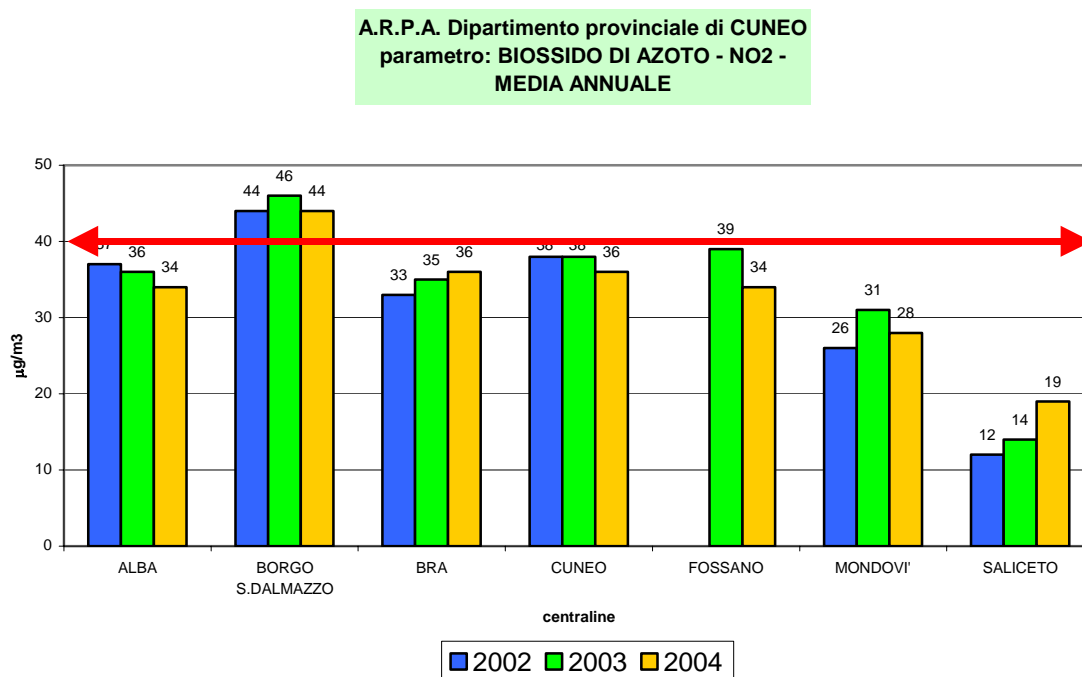


Figura 16: NO₂ – confronto media annuale

MATERIALE PARTICOLATO - PM₁₀

Il particolato sospeso è costituito dall'insieme di tutto il materiale non gassoso in sospensione nell'aria. La natura delle particelle aerodisperse è molto varia: ne fanno parte le polveri sospese, il materiale organico disperso dai vegetali (pollini e frammenti di piante), il materiale inorganico prodotto dall'azione di agenti naturali (vento e pioggia), dall'erosione del suolo o dei manufatti (frazione più grossolana) ecc. Nelle aree urbane il materiale particolato può avere origine da lavorazioni industriali (cantieri edili, fonderie, cementifici), dall'usura dell'asfalto, dei pneumatici dei freni e delle frizioni e dalle emissioni di scarico degli autoveicoli, in particolare quelli a motore diesel.

Il traffico autoveicolare urbano contribuisce in misura considerevole all'inquinamento da particolato sospeso non solo con l'emissione diretta in atmosfera di fuliggine, cenere e particelle incombuste di varia natura, ma risolvendo poi le particelle di varia natura depositate a terra.

Tale particolato, inoltre, costituisce il principale veicolo di diffusione di altre sostanze nocive.

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

In prima approssimazione:

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

Con il termine PM₁₀ si intende il materiale particolato avente un diametro aerodinamico medio inferiore a 10 micrometri. Negli ultimi anni l'attenzione sanitaria ed ambientale e conseguentemente l'attenzione normativa si sta rivolgendo verso particelle con diametro aerodinamico medio inferiore a 2,5 micrometri, il PM_{2,5}.

Danni causati

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

Analisi dei dati

La stretta dipendenza di questo parametro dalle condizioni meteo climatiche, fa sì che la concentrazione presenti valori più elevati durante i mesi invernali quando i fenomeni di inversione termica favoriscono l'accumulo degli inquinanti. Come già negli scorsi anni, anche nel 2004 – vedi figura 17 – la centralina in cui si sono registrati i valori più elevati è stata quella di Bra.

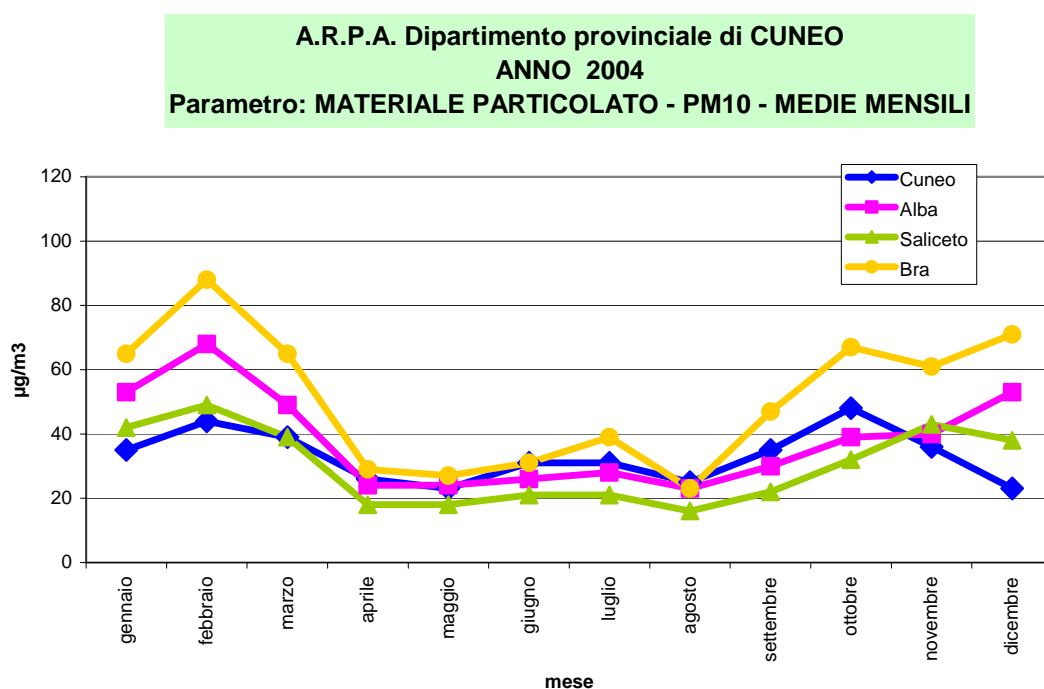


Figura 17: PM₁₀ – confronto medie mensili anno 2004

Per il materiale particolato (PM₁₀) il D.M. 60/2002 prevede a partire dal 1 gennaio 2005 un valore limite medio annuo di 40 microgrammi per metro cubo di aria ed un valore limite medio giornaliero di 50 µg/m³ da non superare per più di 35 volte in un anno.

Dal grafico di figura 18 si può notare che anche nel 2004 per le centraline di Cuneo e Saliceto la media annuale è stata inferiore al limite normativo. Ad Alba il valore non è molto diverso da $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mentre la situazione peggiore si è registrata a Bra. Per questo sito, anche quando nel 2002 l'acquisizione dei dati era iniziata a partire dal mese di marzo, il valore medio per il periodo residuo dell'anno, che non comprendeva quindi due dei mesi più critici per il PM_{10} , era stato pari a $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con 68 superamenti del limite giornaliero.

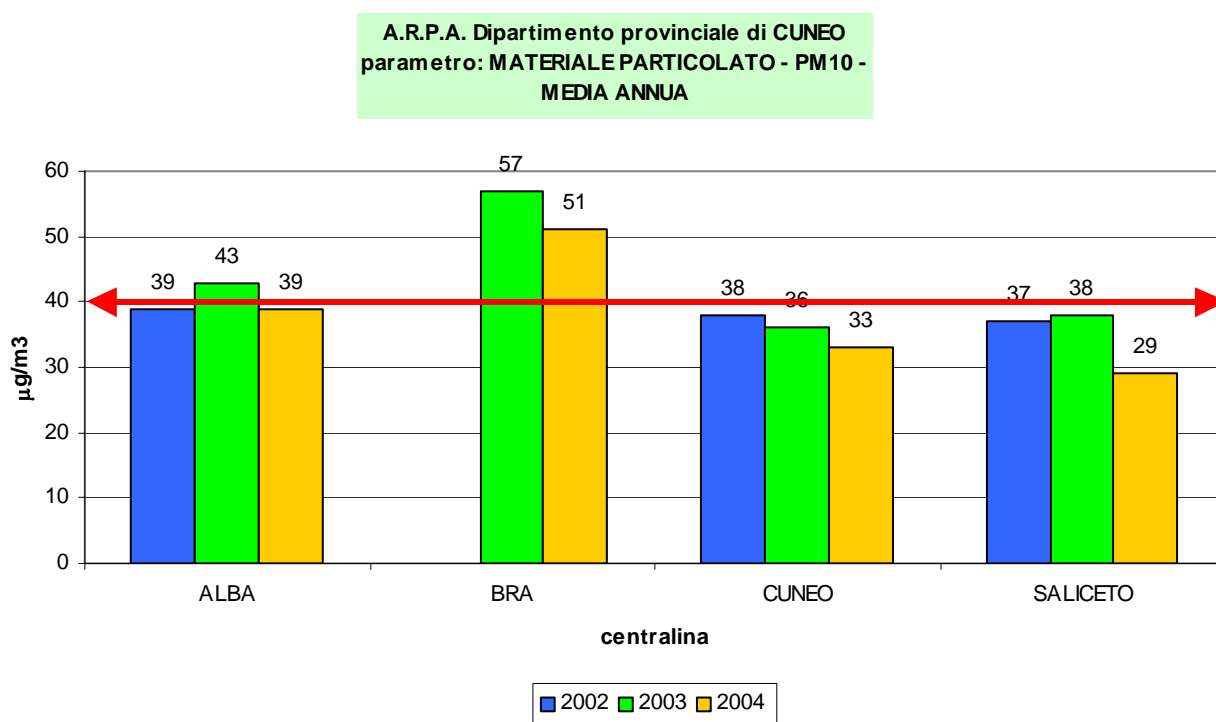


Figura 18: PM_{10} – confronto media annua

Relativamente al “valore limite giornaliero” - figura 19 – per tutte le centraline, anche nel 2004, i superamenti sono stati molto più numerosi di quelli consentiti. Nonostante un miglioramento rispetto al 2003, nei prossimi anni sarà comunque molto difficile riuscire ad avere al massimo 35 superamenti.

A.R.P.A. Dipartimento provinciale di CUNEO
parametro: MATERIALE PARTICOLATO - PM10 -
SUPERAMENTI VALORE MEDIO GIORNALIERO DI 50 ug/m3

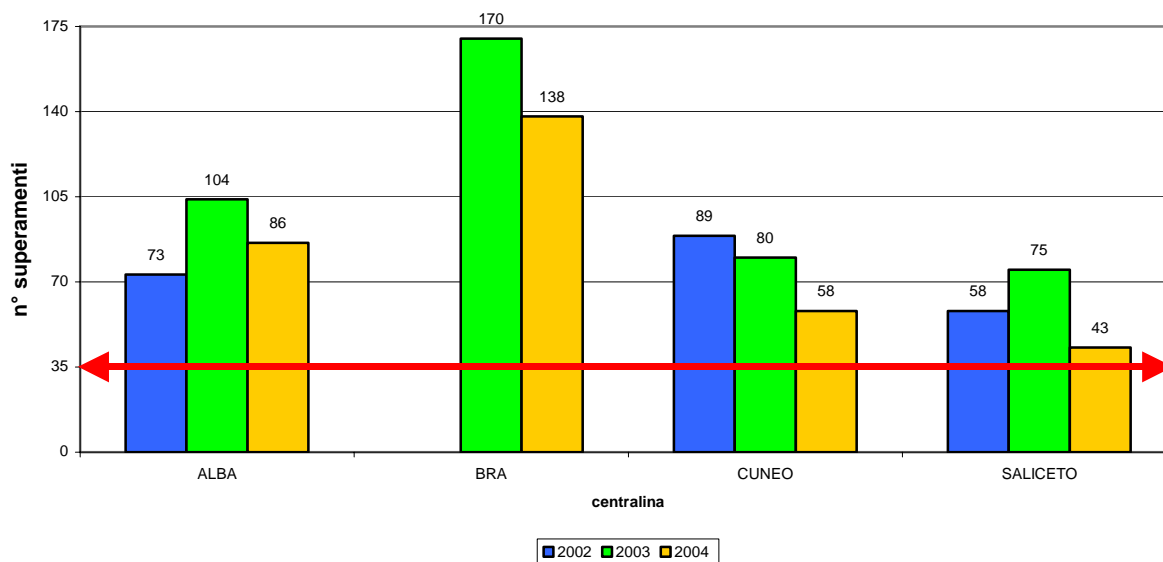


Figura 19: PM₁₀ – superamenti valore medio giornaliero

CONCLUSIONI

Dall'analisi complessiva dei risultati emerge che, mentre alcuni inquinanti quali il monossido di carbonio, il benzene ed il biossido di zolfo (quest'ultimo ad eccezione di particolari situazioni locali), non rappresentano più un reale problema per la qualità dell'aria, un discorso diverso deve essere fatto per altri inquinanti quali gli ossidi di azoto, l'ozono ed il materiale particolato PM₁₀.

L'ozono è un inquinante per il quale valori particolarmente elevati si registrano nel periodo estivo quando l'elevata temperatura e radiazione solare favoriscono la sua produzione per reazione di inquinanti primari, tra i quali gli ossidi di azoto. La concentrazione di questo inquinante secondario, così legato a determinati parametri stagionali, potrà essere diminuita soltanto agendo sui suoi precursori.

Risultati reali sicuramente richiederanno provvedimenti estesi a più settori e attualmente, particolarmente difficile da ottenere sembra essere la riduzione della concentrazione del materiale particolato PM₁₀. Le numerose e diversificate sorgenti dalle quali questo inquinante deriva, unite alla sua stretta dipendenza dalle condizioni meteo climatiche, fanno sì che il PM₁₀ non rappresenti soltanto problemi a livello locale ma a scala molto più ampia.

Analisi dei dati di qualità dell'aria e dell'influenza dei processi meteorologici rilevati nel triennio 2002 ÷ 2004

a cura della dott.ssa Luisella Bardi

Nella presente relazione sono riportate alcune considerazioni che emergono dall'analisi dei dati medi giornalieri di qualità dell'aria, registrati nel triennio 2002÷2004, dalle centraline fisse di monitoraggio della qualità dell'aria del dipartimento Provinciale di Cuneo dell'ARPA Piemonte.

L'analisi è stata condotta allo scopo di indagare le correlazioni esistenti tra i dati registrati nei diversi siti, e per esaminare l'influenza che le condizioni meteorologiche possono determinare sulla qualità dell'aria.

Gli inquinanti presi in considerazione sono tra quelli generalmente più critici per la qualità dell'aria, ovvero ossidi di azoto e polveri sottili.

1. Correlazioni tra le stazioni

Per confrontare le concentrazioni medie giornaliere degli inquinanti registrati nelle diverse centraline sono stati tracciati i grafici delle concentrazioni in funzione del tempo e sono stati calcolati, per ogni coppia di stazioni, i coefficienti di correlazione lineare, che permettono di quantificare la corrispondenza reciproca.

1.1 Ossidi di azoto

I coefficienti di correlazione riportati in tabella 1 indicano l'esistenza di correlazioni buone tra i valori degli ossidi di azoto rilevati dalle diverse centraline della provincia. Un caso particolare è costituito dalla situazione rilevata a Borgo San Dalmazzo, i cui coefficienti di correlazione con tutte le altre stazioni risultano essere i più bassi. Tale situazione è dovuta alla particolare collocazione orografica del sito: all'imbocco di due valli che determinano un evidente regime anemologico di brezza.

NOx	Alba	Bra	Fossano	Cuneo	Borgo	Mondovì	Saliceto
Alba	1	0.91	0.87	0.75	0.55	0.86	0.80
Bra	0.91	1	0.89	0.71	0.54	0.84	0.78
Fossano	0.87	0.89	1	0.79	0.56	0.88	0.81
Cuneo	0.75	0.71	0.79	1	0.78	0.79	0.69
Borgo	0.55	0.54	0.56	0.78	1	0.55	0.52
Mondovì	0.86	0.84	0.88	0.79	0.55	1	0.81
Saliceto	0.80	0.78	0.81	0.69	0.52	0.81	1

NO ₂	Alba	Bra	Fossano	Cuneo	Borgo	Mondovì	Saliceto
Alba	1	0.84	0.82	0.79	0.55	0.85	0.69
Bra	0.84	1	0.76	0.73	0.60	0.83	0.71
Fossano	0.82	0.76	1	0.75	0.55	0.83	0.67
Cuneo	0.79	0.73	0.75	1	0.77	0.81	0.63
Borgo	0.55	0.60	0.55	0.77	1	0.59	0.47
Mondovì	0.85	0.83	0.83	0.81	0.59	1	0.76
Saliceto	0.69	0.71	0.67	0.63	0.47	0.76	1

NO	Alba	Bra	Fossano	Cuneo	Borgo	Mondovì	Saliceto
Alba	1	0.90	0.87	0.69	0.52	0.83	0.74
Bra	0.90	1	0.88	0.65	0.50	0.78	0.72
Fossano	0.87	0.88	1	0.77	0.57	0.85	0.74
Cuneo	0.69	0.65	0.77	1	0.75	0.72	0.54
Borgo	0.52	0.50	0.57	0.75	1	0.51	0.46
Mondovì	0.83	0.78	0.85	0.72	0.51	1	0.74
Saliceto	0.74	0.72	0.74	0.54	0.46	0.74	1

Tabelle 1. Coefficienti di correlazione tra le concentrazioni medie giornaliere di ossidi totali di azoto, biossido di azoto e monossido di azoto rilevate nelle centraline della provincia nel triennio 2002-2004.

Nella figura 1 sono riportate, per i tre anni in analisi, le concentrazioni medie giornaliere del biossido di azoto (NO₂) rilevate nelle centraline di Alba, Cuneo, Fossano, Mondovì e Bra (non si inseriscono i dati di Borgo perché anomali, e i dati di Saliceto perché, pur avendo andamento molto simile alle altre centraline, hanno dei valori inferiori che comprometterebbero la leggibilità del grafico).

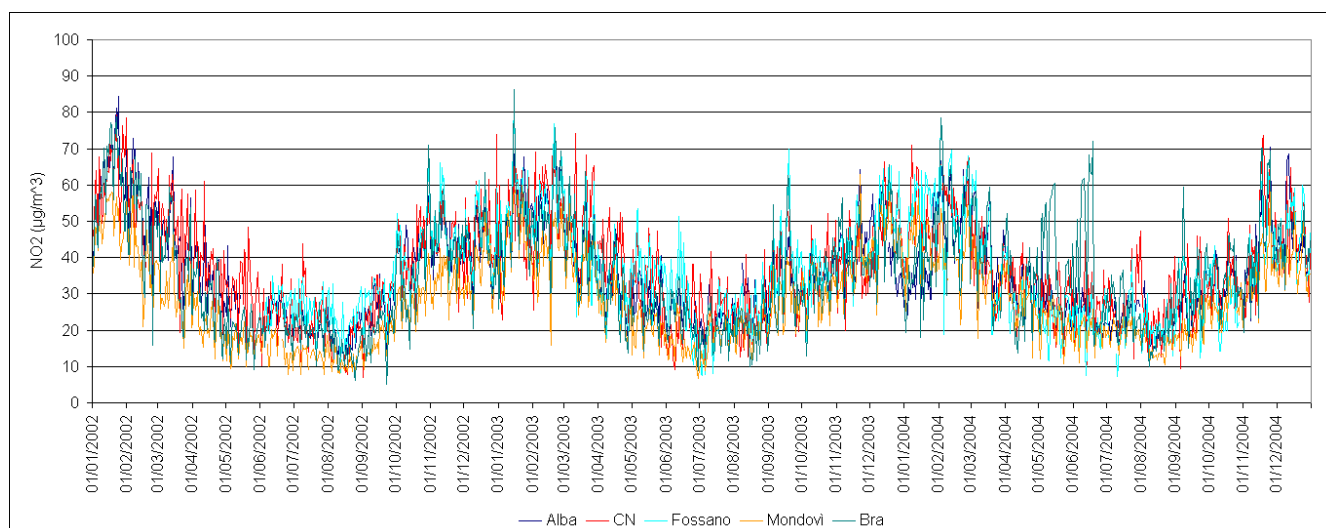


Fig. 1. Concentrazioni medie giornaliere di biossido di azoto rilevate nelle centraline di Alba, Cuneo, Fossano, Mondovì e Bra nel triennio 2002-2004.

Da questo grafico si riscontra immediatamente come le concentrazioni dell'inquinante nei diversi siti abbiano andamenti nel tempo molto simili; episodi anomali si possono evidenziare per le concentrazioni rilevate a Bra, nel periodo maggio-giugno 2004, dove, probabilmente variazioni nelle emissioni, hanno determinato la crescita delle concentrazioni di NO₂ fino a raggiungere valori riscontrati, in genere, solo nei mesi invernali.

E' particolarmente evidente per questo tipo di inquinante la periodicità stagionale delle concentrazioni con valori massimi nei periodi invernali.

1.2 PM₁₀

Per le polveri di diametro inferiore a 10 µm (PM₁₀) sono state analizzate le concentrazioni rilevate, nel triennio 2002÷2004, dalle quattro centraline della rete che sono dotate della strumentazione necessaria per monitorare le concentrazioni di questo parametro.

Dai coefficienti di correlazione riportati nella tab. 2, calcolati tra i valori medi giornalieri, si possono osservare alcune buone correlazioni.

PM ₁₀	Alba	Bra	Cuneo	Saliceto
Alba	1	0.89	0.68	0.76
Bra	0.89	1	0.66	0.72
Cuneo	0.68	0.66	1	0.50
Saliceto	0.76	0.72	0.50	1

Tabella 2. Coefficienti di correlazione tra le concentrazioni medie giornaliere di PM₁₀ rilevate nelle centraline della provincia nel triennio 2002÷2004.

In particolare anche per i PM₁₀ si riscontra, nell'andamento pluriennale delle medie giornaliere, una periodicità stagionale con valori massimi nei mesi invernali (figura 2).

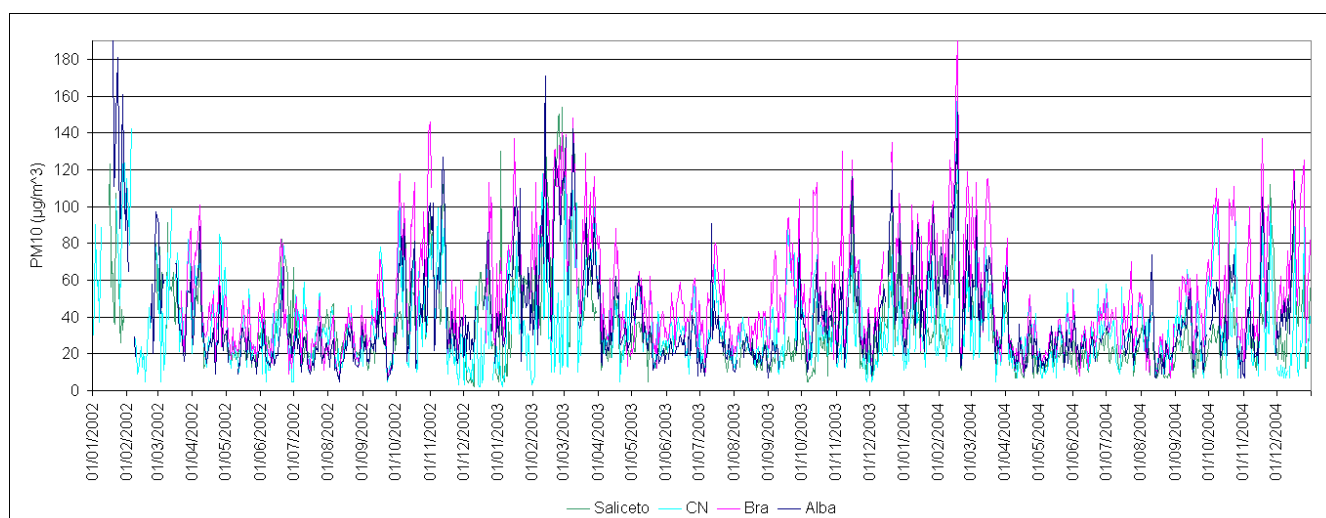


Fig. 2. Concentrazioni medie giornaliere di PM₁₀ rilevate nelle centraline di Saliceto, Cuneo, Bra e Alba nel triennio 2002-2004.

Analizzando in modo più approfondito le concentrazioni rilevate ad Alba e Bra nei tre anni in analisi (figura 3), si può osservare come, nonostante la tipologia dei siti delle due stazioni sia molto differente (in una zona suburbana la prima ed in un'area industriale la seconda), ci sia un ottimo accordo tra le concentrazioni.

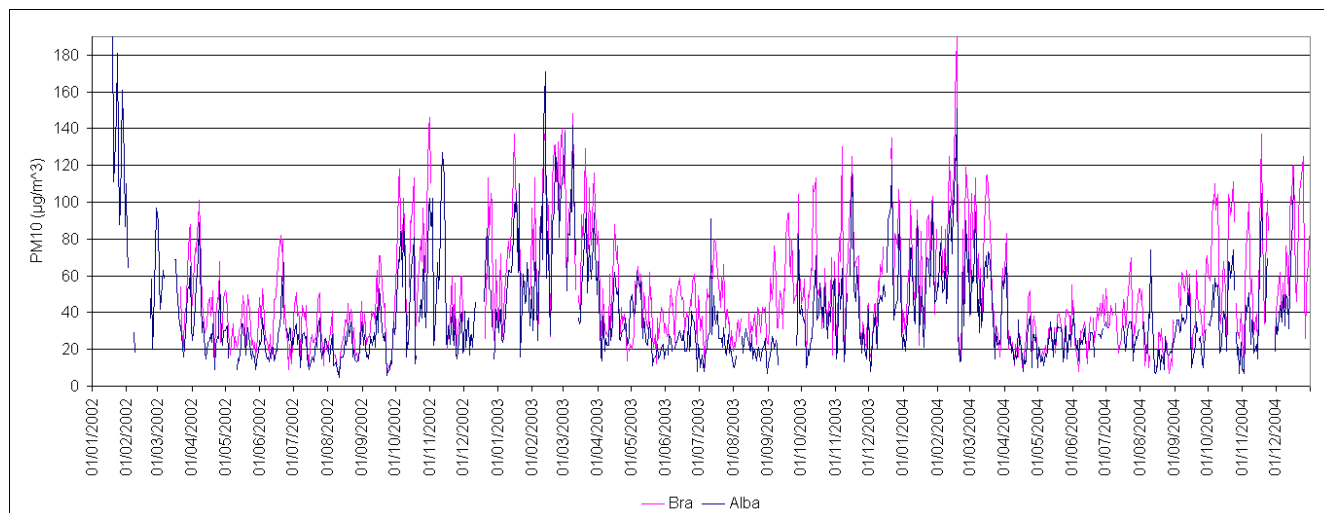


Fig. 3. Concentrazioni medie giornaliere di PM10 rilevate nelle centraline di Bra e Alba nel triennio 2002-2004.

Ciò pare indicare che le concentrazioni degli inquinanti e le loro variazioni nel tempo siano dominate principalmente dalle condizioni meteorologiche, più che dalle entità delle emissioni.

Il sito di Bra è infatti caratterizzato dalla vicinanza di industrie con elevate emissioni di polveri, ciononostante, ai picchi di concentrazione dei PM10 che si registrano nella centralina di Bra, corrispondono generalmente picchi anche ad Alba, anche se di minore entità. Le cause di tali variazioni delle concentrazioni non si devono quindi ricercare in cambiamenti delle emissioni, ma nelle condizioni meteorologiche locali che, data la prossimità geografica dei due siti, possono influenzarne in modo analogo la qualità dell'aria. Questo è quanto vedremo nel prossimo capitolo.

2. Influenza delle condizioni meteorologiche sulla qualità dell'aria.

I processi meteorologici influenzano in modo vario e complesso l'inquinamento atmosferico. L'atmosfera rappresenta l'ambiente nel quale gli inquinanti, immessi da varie sorgenti, vengono dispersi e subiscono trasformazioni del loro stato fisico e chimico.

In particolare, lo strato interessato dalla dispersione degli inquinanti è la porzione più prossima al suolo che risente dell'attrito della superficie terrestre, del calore e dell'umidità. Questo strato prende il nome di strato limite o Atmospheric Boundary Layer (ABL).

Nei fenomeni di inquinamento risulta rilevante l'influenza sia dei processi meteorologici a grande scala (regionale e sinottica) sia dei processi che avvengono a scala locale.

Per quanto riguarda i processi a grande scala risultano particolarmente rilevanti le situazioni anticicloniche persistenti che determinano la stagnazione di tutte le emissioni provenienti dalla superficie. Si crea, in queste situazioni, quella che viene chiamata “massa d’aria chimica” che, giorno dopo giorno, aumenta il proprio carico di inquinanti finché non intervengono fattori di rimozione.

Le grandezze meteorologiche locali che presumibilmente influenzano maggiormente i processi di trasporto, diffusione, trasformazione chimica e deposizione degli inquinanti in generale e del PM₁₀ in particolare, sono le idrometeore, il vento, la pressione atmosferica, e l’altezza dello strato di rimescolamento, che a sua volta è influenzata da vento, temperatura, radiazione solare, sistemi barici. Lo strato di rimescolamento è la porzione dell’ABL adiacente alla superficie, 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’ora¹.

Analizziamo nel seguito le relazioni tra i principali parametri meteorologici e l’inquinamento dell’aria, soffermandoci in particolare su quello relativo alle polveri di diametro inferiore a 10 µm.

Non potendo esaminare contemporaneamente i dati di tutte le centraline di monitoraggio scegliamo di concentrare l’attenzione sui dati registrati nel sito di Bra che, in particolare per le polveri, rappresentano la situazione più critica.

2.1 Precipitazioni

Tra i fenomeni di rimozione degli inquinanti dall’atmosfera un ruolo importante è svolto dalla deposizione umida che comprende tutti i processi per mezzo dei quali i contaminanti atmosferici sono trasportati al suolo in una delle varie forme di precipitazioni (pioggia, neve, nebbia). Principalmente si distinguono due processi di deposizione umida: il rainout, con il quale la particella inquinante agisce da nucleo di condensazione per il vapore acqueo presente nell’aria ed il washout, ovvero il dilavamento degli inquinanti per l’impatto della precipitazione con le sostanze presenti nell’atmosfera.

L’assenza di precipitazioni e di nubi riduce pertanto la capacità dell’atmosfera di rimuovere gli inquinanti, in particolare le particelle fini.

Nella figura 4 è stato riportato l’andamento delle concentrazioni medie giornaliere di PM₁₀, registrate presso la centralina di Bra, insieme alle precipitazioni rilevate dalla stazione meteorologica sita presso il Museo Craveri di Bra (mm di pioggia cumulati in 24 ore).

¹ European Commission. COST Action 710 – Final report. Harmonisation of the pre-processing of meteorological data for atmospheric dispersion models. Office for Official Publications of the European Communities. Luxembourg, 1998.

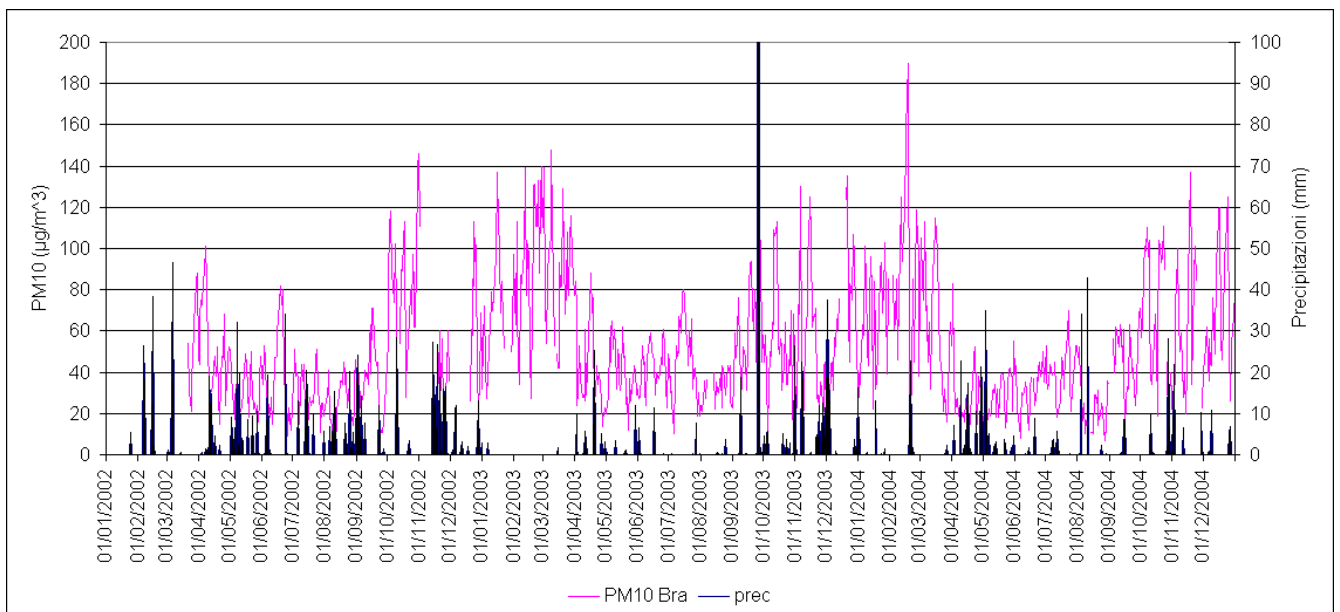


Fig. 4. Concentrazioni medie giornaliere di PM10 rilevate nella centralina di Bra e mm di pioggia cumulate in 24 ore nella stazione meteorologica di Bra - Museo Craveri (codice stazione 317).

Osservando il grafico si nota una buona corrispondenza fra precipitazioni e rimozione di polveri. In particolare, nell'ingrandimento di un periodo, riportato in fig. 5, è meglio visibile la rapida diminuzione delle concentrazioni con le precipitazioni.

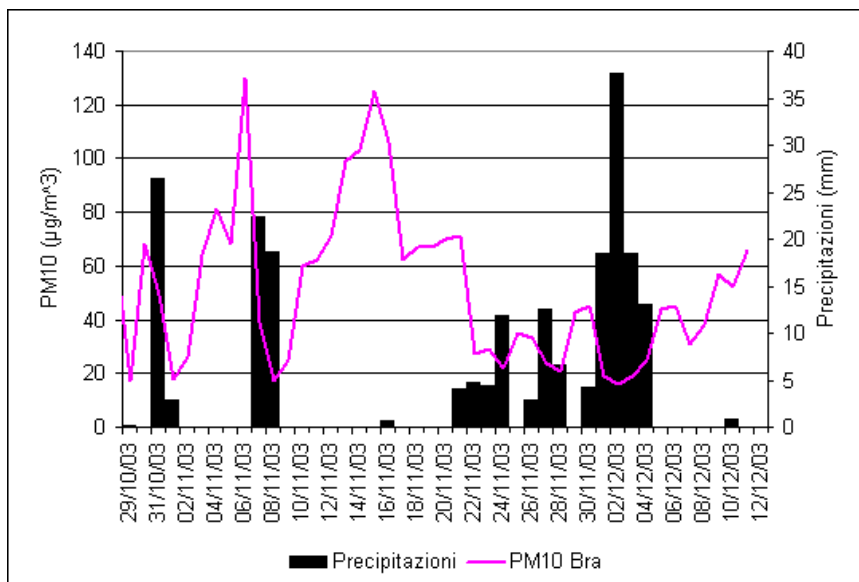


Fig. 5. Concentrazioni medie giornaliere di PM10 rilevate nella centralina di Bra e mm di pioggia cumulate in 24 ore nella stazione meteorologica di Bra - Museo Craveri (codice stazione 317). Periodo 29/10/03 ÷ 12/12/03.

Analizzando i dati giornalieri del triennio 2002÷2004 si è calcolato che nel 89 % dei casi in cui in un giorno sono scesi più di 2 mm di pioggia, nel giorno stesso o nel giorno seguente la concentrazione di polveri ha subito una diminuzione.

La stessa analisi è stata condotta per gli ossidi totali di azoto (NO_x: NO e NO₂) riscontrando una percentuale di diminuzioni pari all'81 %.

2.2 Intensità del vento

Un altro agente atmosferico che influenza la dispersione degli inquinanti è la velocità del vento. Per il triennio in analisi, sono state calcolate le medie giornaliere della velocità del vento misurata dall'anemometro collocato presso la centralina della qualità dell'aria di Bra (isola sonora).

Nella figura 6 è raffigurato l'andamento temporale delle concentrazioni giornaliere di PM₁₀ e della media giornaliera della velocità del vento per il sito di Bra.

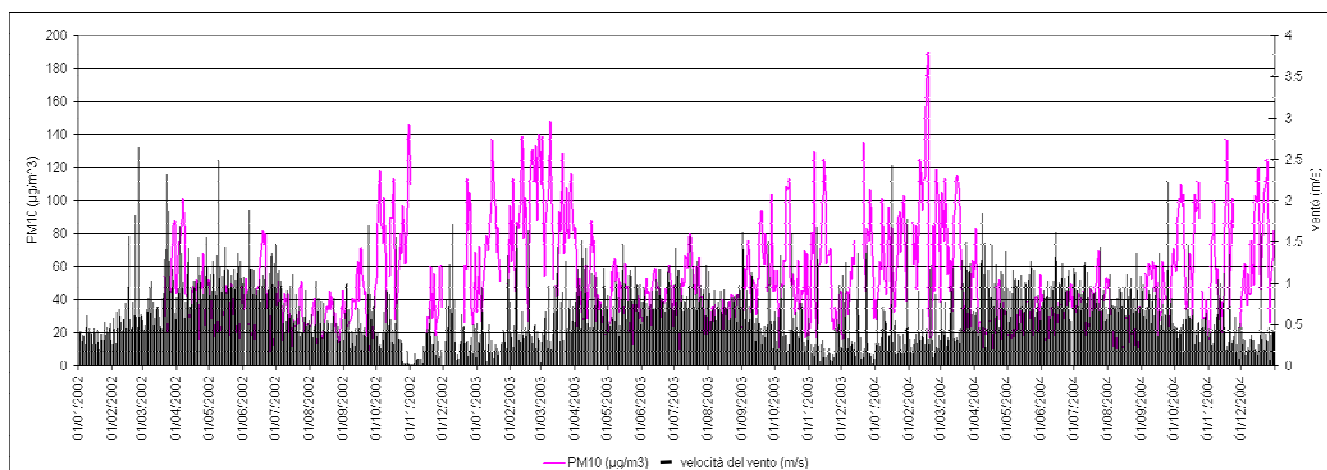


Fig.6. Medie giornaliere della concentrazione di PM₁₀ e della velocità del vento registrate a Bra nel triennio 2002-2004 (codice stazione meteorologica: 275 – Isola sonora).

Come si può dedurre da questo e dal grafico seguente (fig. 7), nei periodi di elevate concentrazioni di PM₁₀ la velocità del vento è stata limitata. Ad esempio, si osserva che sono state registrate concentrazioni medie giornaliere superiori a 80 µg/m³ principalmente in giorni con intensità media del vento inferiore a 1m/s.

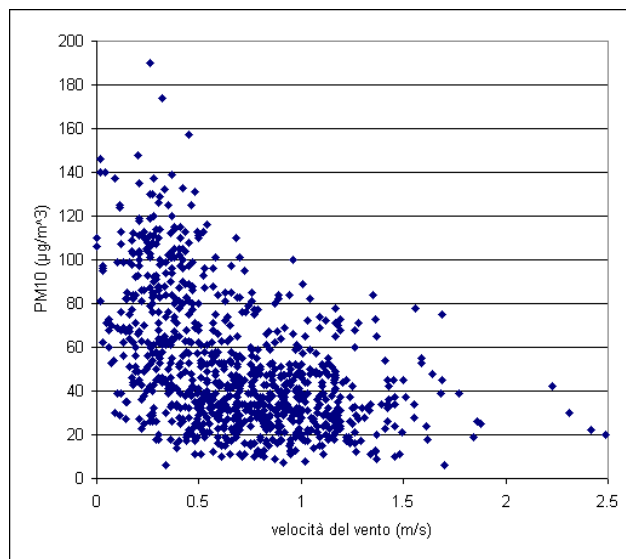


Fig. 7. Grafico a dispersione delle concentrazioni medie giornaliere di PM10 e della velocità del vento registrate a Bra (codice stazione meteorologica: 275 – Isola sonora) nel triennio 2002-2004.

Si è calcolato che nel 85% dei casi in cui la velocità media giornaliera del vento ha avuto valori pari o superiori a 1 m/s le polveri, nel giorno stesso o nel giorno seguente, hanno subito diminuzioni.

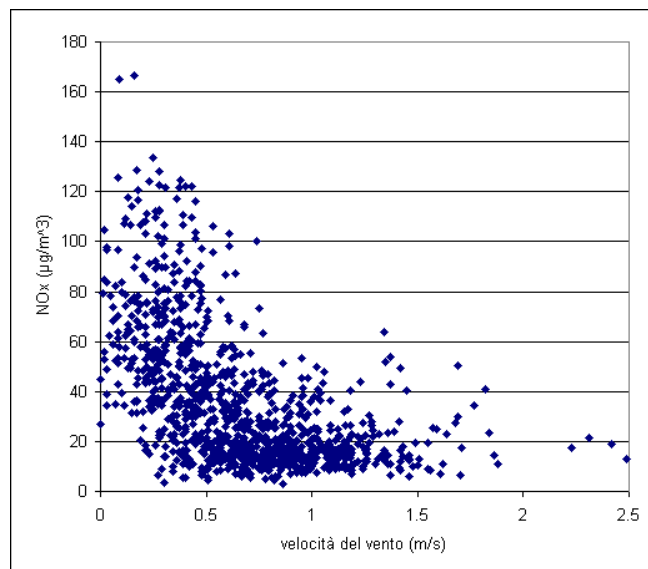


Fig. 8. Grafico a dispersione delle concentrazioni medie giornaliere di ossidi totali di azoto e della velocità del vento registrate a Bra (codice stazione meteorologica: 275 – Isola sonora) nel triennio 2002-2004.

Dalla figura 8 si può dedurre come anche per gli inquinanti gassosi, quali gli ossidi di azoto, le basse velocità del vento tendano a favorire l'aumento delle concentrazioni.

2.3 Pressione atmosferica

In questo paragrafo prenderemo in considerazione l'influenza della pressione atmosferica sulla dispersione degli inquinanti.

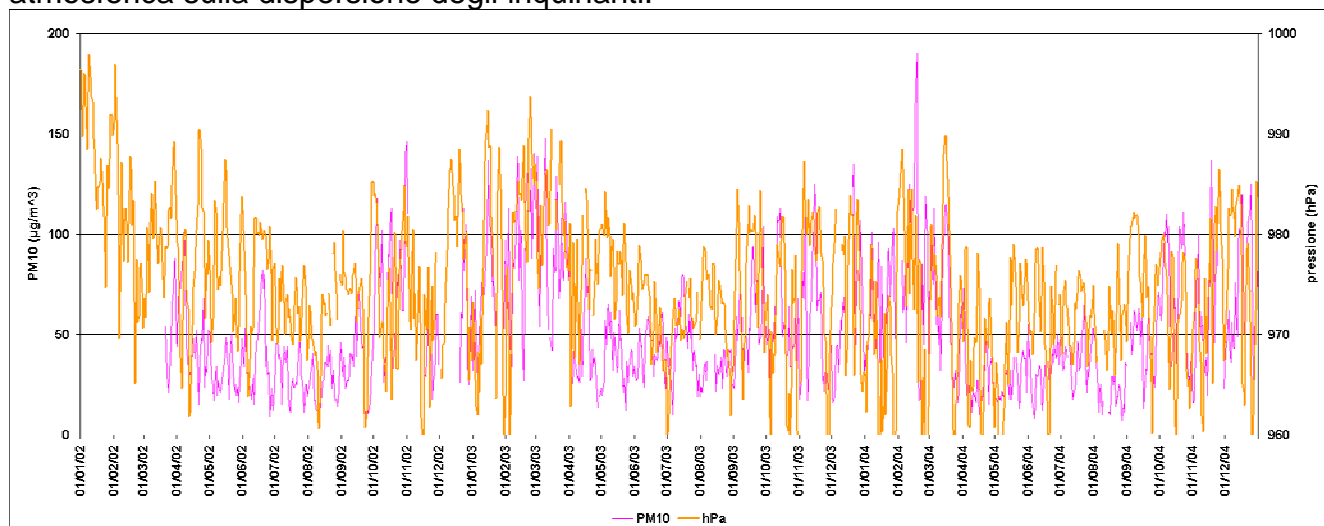


Fig. 9. Medie giornaliere della pressione atmosferica e della concentrazione di PM₁₀ registrate a Bra (codice stazione meteorologica: 317- Museo Craveri) nel triennio 2002-2004.

Esaminando gli andamenti nel tempo della concentrazione di PM₁₀ e della pressione atmosferica si osserva che spesso alle variazioni della pressione corrispondono variazioni delle concentrazioni. Questo si può constatare con maggior dettaglio nel grafico di figura 10, dove sono stati riportati i dati di un periodo critico dello scorso anno per i valori delle polveri.

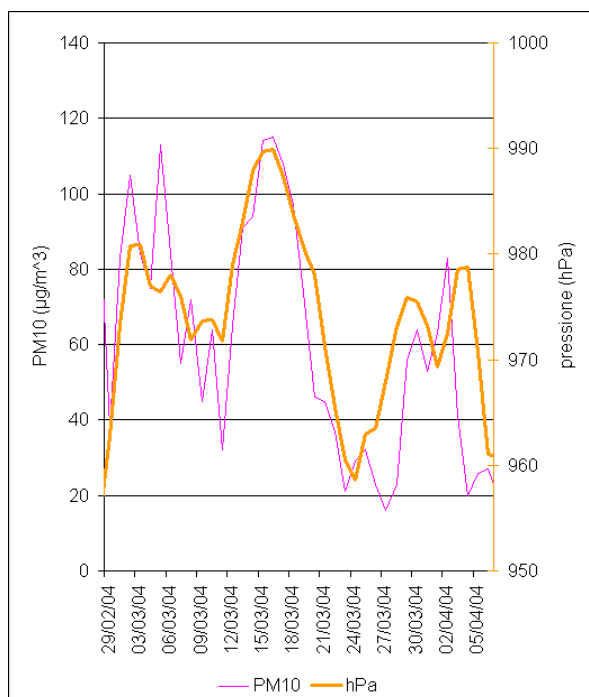


Fig. 10. Medie giornaliere della pressione atmosferica e della concentrazione di PM₁₀ registrate a Bra (codice stazione meteorologica: 317- Museo Craveri) nel periodo 29/02/04 ÷ 6/04/04.

Nella figura 11 sono state inserite, oltre alle concentrazioni registrate a Bra, anche le concentrazioni medie giornaliere di PM₁₀ delle altre centraline della provincia. Come si può osservare nel grafico, in corrispondenza dei picchi di pressione, sono state registrate concentrazioni critiche per le polveri in tutti i siti monitorati, anche con superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m³ (indicato con la linea rossa tratteggiata).

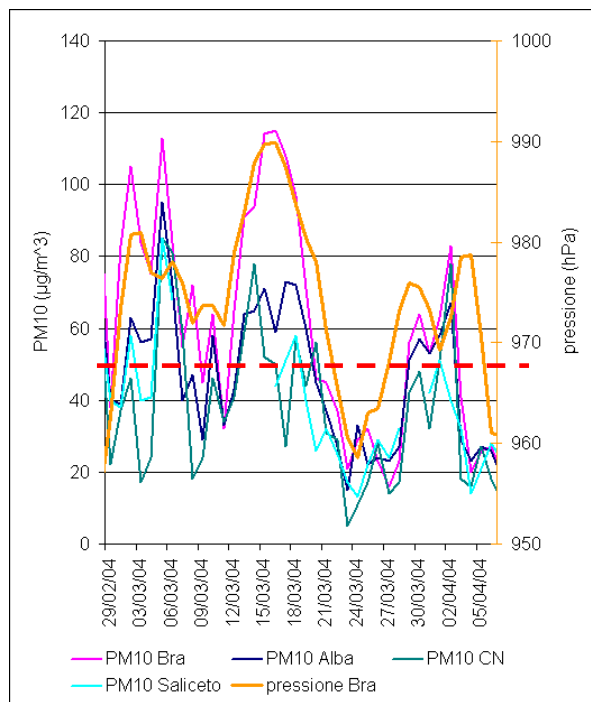


Fig. 11. Medie giornaliere della pressione atmosferica registrata a Bra e delle concentrazioni di PM₁₀ di Bra, Alba, Cuneo e Saliceto nel periodo 29/02/04 ÷ 6/04/04.

Corrispondenze, anche se meno evidenti, sono osservabili anche per gli NO_x (figura 12).

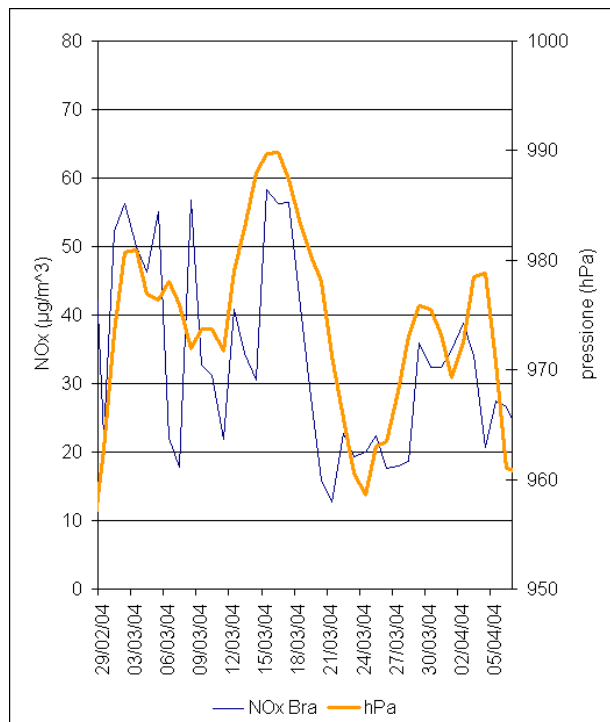


Fig. 12. Medie giornaliere della pressione atmosferica e delle concentrazioni di NO_x registrate a Bra nel periodo 29/02/04 ÷ 6/04/04.

Per ottenere maggiori informazioni sull'influenza esercitata dalla pressione atmosferica sulle concentrazioni degli inquinanti, sono stati elaborati i dati di concentrazione e pressione eseguendo la media mobile su 20 giorni ed attribuendo il valore ottenuto al giorno centrale del periodo. Si è scelto di utilizzare la media mobile poiché, riducendo le fluttuazioni di breve periodo, consente di ottenere informazioni sulla tendenza dei dati.

Nella figura seguente sono rappresentati i valori delle medie mobili calcolate sui sei mesi compresi tra ottobre 2002 e marzo 2003. Le linee rosse verticali sono state inserite per delimitare i principali picchi di variazione della pressione e si può notare come, indipendentemente dai valori assoluti, in generale ad una fase di crescita della pressione corrisponda una fase di crescita delle concentrazioni e, analogamente, a diminuzioni della pressione corrispondano diminuzioni delle concentrazioni.

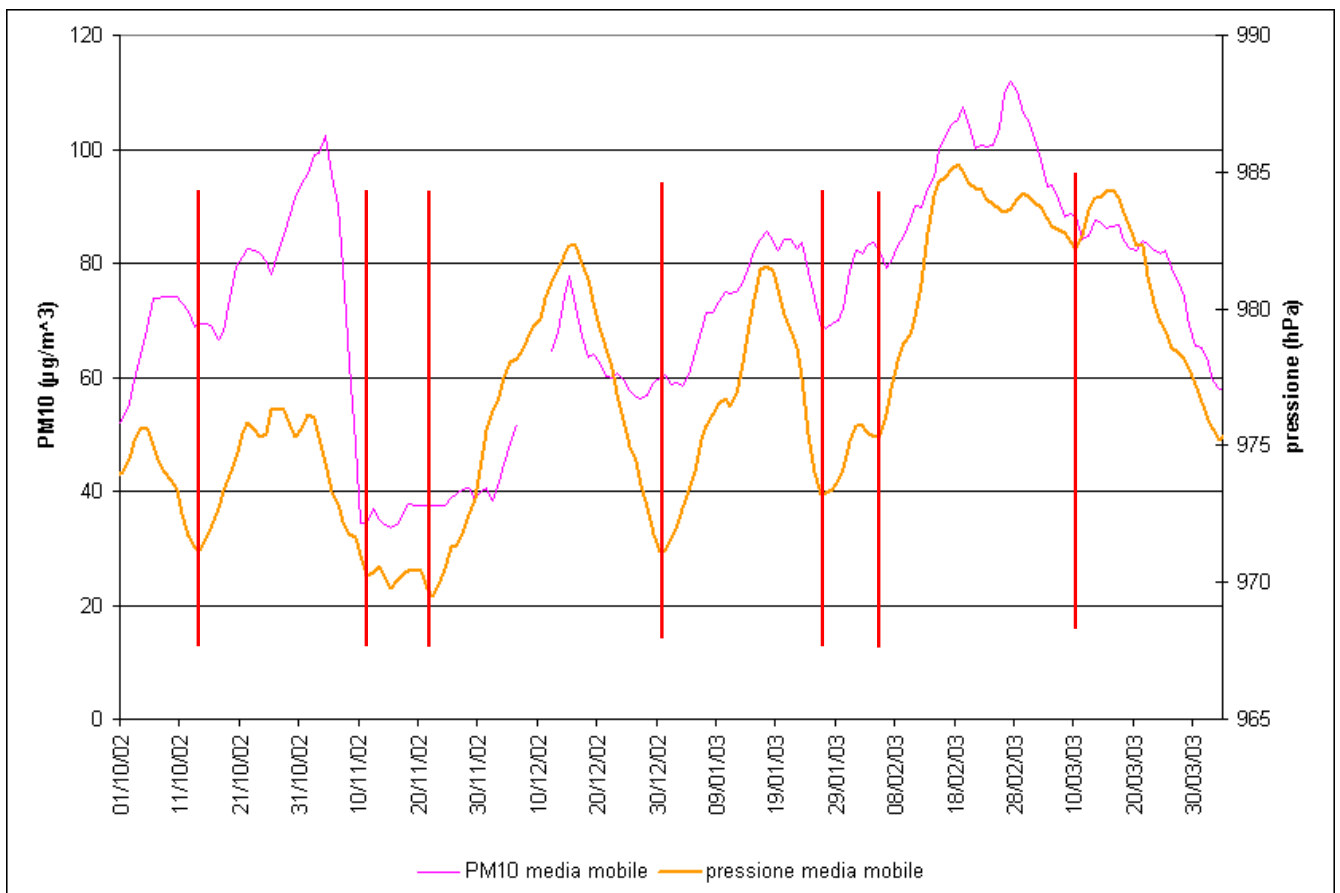


Fig. 13. Medie mobili su 20 giorni della concentrazione di PM10 e della pressione atmosferica di Bra nel periodo 01/10/02 ÷ 03/04/03.

Lo stesso grafico è stato tracciato, per il medesimo periodo, per gli ossidi di azoto (figura 14). Si osserva che, anche con questo tipo di elaborazione, la corrispondenza tra gli andamenti delle concentrazioni di ossidi di azoto e le variazioni di pressione è meno marcata di quella che si osserva per PM₁₀.

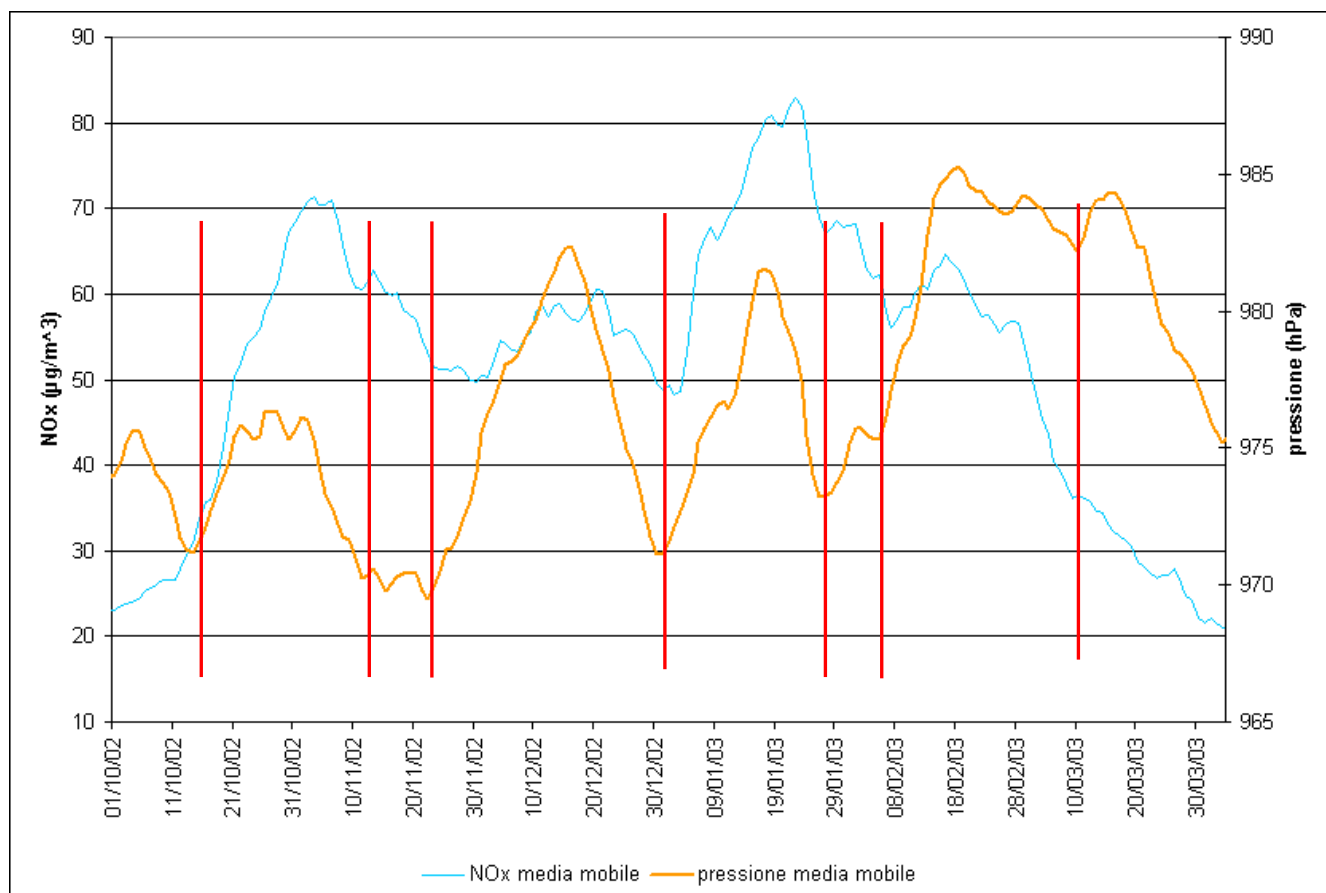


Fig. 14. Medie mobili su 20 giorni della pressione atmosferica e della concentrazione di NO_x di Bra nel periodo 01/10/02 ÷ 03/04/03.

Per indagare l'esistenza di influenze stagionali tra pressione atmosferica e concentrazioni, sono state eseguite medie mobili su periodi di 100 giorni.

Nella figura 15 sono stati riportate per i tre anni in analisi le medie mobili della pressione e delle concentrazioni di PM₁₀ e di NO_x; dalla sua osservazione si possono evidenziare alcune analogie tra i trend di variazione di pressione e di PM₁₀ anche a scala stagionale, mentre non risaltano affinità tra pressione e NO_x.

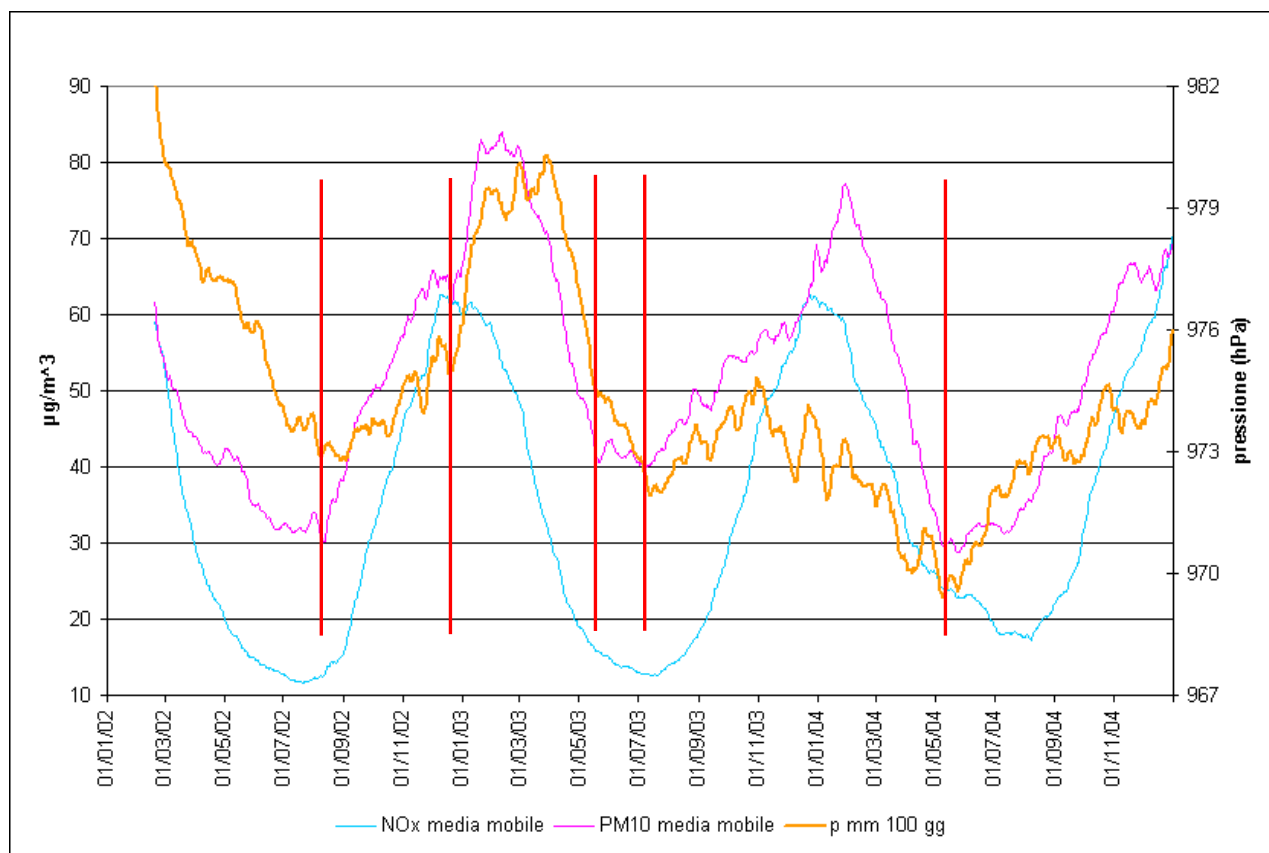


Fig. 15. Medie mobili su 100 giorni della pressione atmosferica e della concentrazione di PM10 e NOx di Bra nel triennio 2002 ÷ 2004.

Le variazioni locali della pressione atmosferica che sono state considerate finora, sono in realtà collegate all'evoluzione dei sistemi atmosferici a scala sinottica, ovvero all'instaurarsi e all'evolversi dei sistemi ciclonici ed anticiclonici.

Ulteriori analisi sono state pertanto eseguite esaminando le condizioni meteorologiche generali fornite dai bollettini di analisi emessi dal Settore Meteorografico e Reti di Monitoraggio della Regione Piemonte (dal marzo 2004 appartenente ad ARPA Piemonte). In generale si è verificata corrispondenza tra i periodi di alta pressione persistente e gli episodi più critici per la qualità dell'aria.

Prendendo ad esempio due periodi di elevata concentrazione di polveri, tra le condizioni generali si riscontra, in corrispondenza del picco di pressione centrato intorno al 15 gennaio 2003, una situazione generale caratterizzata dalla persistenza dell'anticiclone delle Azzorre, mentre nel periodo intorno al 23 febbraio 2003 la situazione generale è contrassegnata da una vasta area di alta pressione sull'Europa centrale (confronta figure 13 e 14).

L'influenza della pressione atmosferica sulla qualità dell'aria è determinata dal fatto che l'altezza dello strato dell'atmosfera interessato dalla dispersione degli inquinanti, oltre ad essere condizionata localmente da radiazione solare, venti locali, rugosità del terreno ecc... subisce l'influenza dei sistemi barici sinottici.

Lo strato limite (ABL), sovrastante sia il mare sia la terraferma, è infatti più sottile nelle regioni di alta pressione che in quelle di bassa pressione (si veda la figura 16)². In regime di alta pressione l'aria in prossimità del suolo ha la tendenza a muoversi lateralmente verso le regioni di bassa pressione richiamando aria dalle alte quote verso il basso (subsidenza). Questo movimento di subsidenza determina un abbassamento dello strato limite, che nel periodo invernale è già assottigliato dal bilancio energetico radiativo negativo del ciclo giorno-notte (riscaldamento diurno inferiore al raffreddamento notturno).

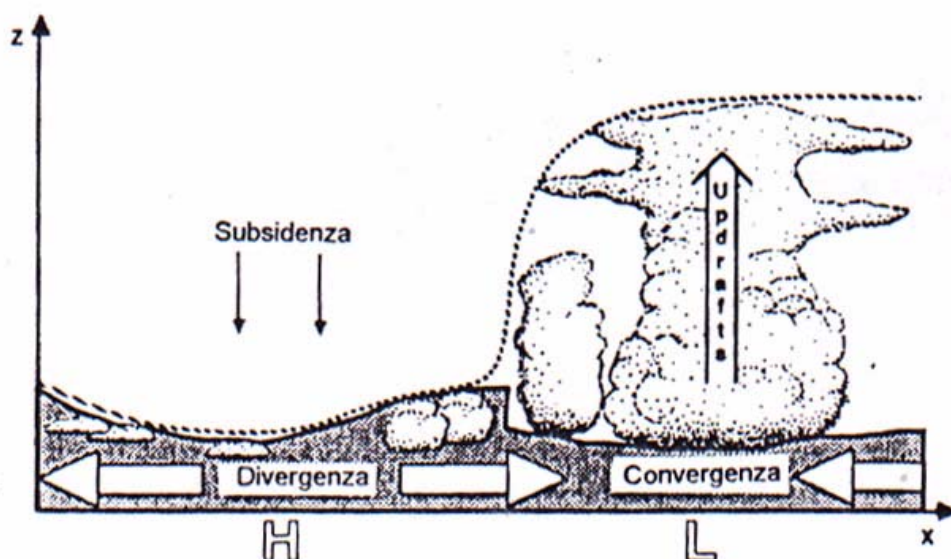


Fig. 16. Illustrazione schematica delle variazioni a scala sinottica dell'altezza del ABL; da Stull (1988).

L'assottigliamento dello strato in cui gli inquinanti si disperdono, ovviamente determina una diminuzione del volume di diluizione e pertanto un aumento delle concentrazioni degli inquinanti in prossimità del suolo.

2.4 Altezza dello strato rimescolato

Per indagare in particolare le variazioni stagionali delle concentrazioni degli inquinanti sono stati stimati i valori medi giornalieri dell'altezza dello strato di rimescolamento (H_{mix}). Tali valori sono stati calcolati trascurando l'influenza dei sistemi barici a scala sinottica, mediante algoritmi che, partendo dai dati meteorologici rilevati a Bra, considerano per le ore diurne gli effetti termici locali dovuti al riscaldamento solare e la loro variabilità legata alla copertura nuvolosa e all'altezza del sole all'orizzonte, mentre per le ore notturne valutano il rimescolamento meccanico in base alla velocità del vento, alle condizioni di stabilità atmosferica e alle caratteristiche del suolo.

Nelle figure 17 e 18 sono rappresentati, per il triennio 2002÷2004, le medie mobili su 100 giorni dei valori dell'altezza dello strato rimescolato e delle concentrazioni di polveri e

² Roland B. Stull. An introduction to boundary layer meteorology. Kluwer Academic Publishers. 1988

ossidi totali di azoto (si osservi che i valori di Hmix sono riferiti ad una scala in ordine inverso).

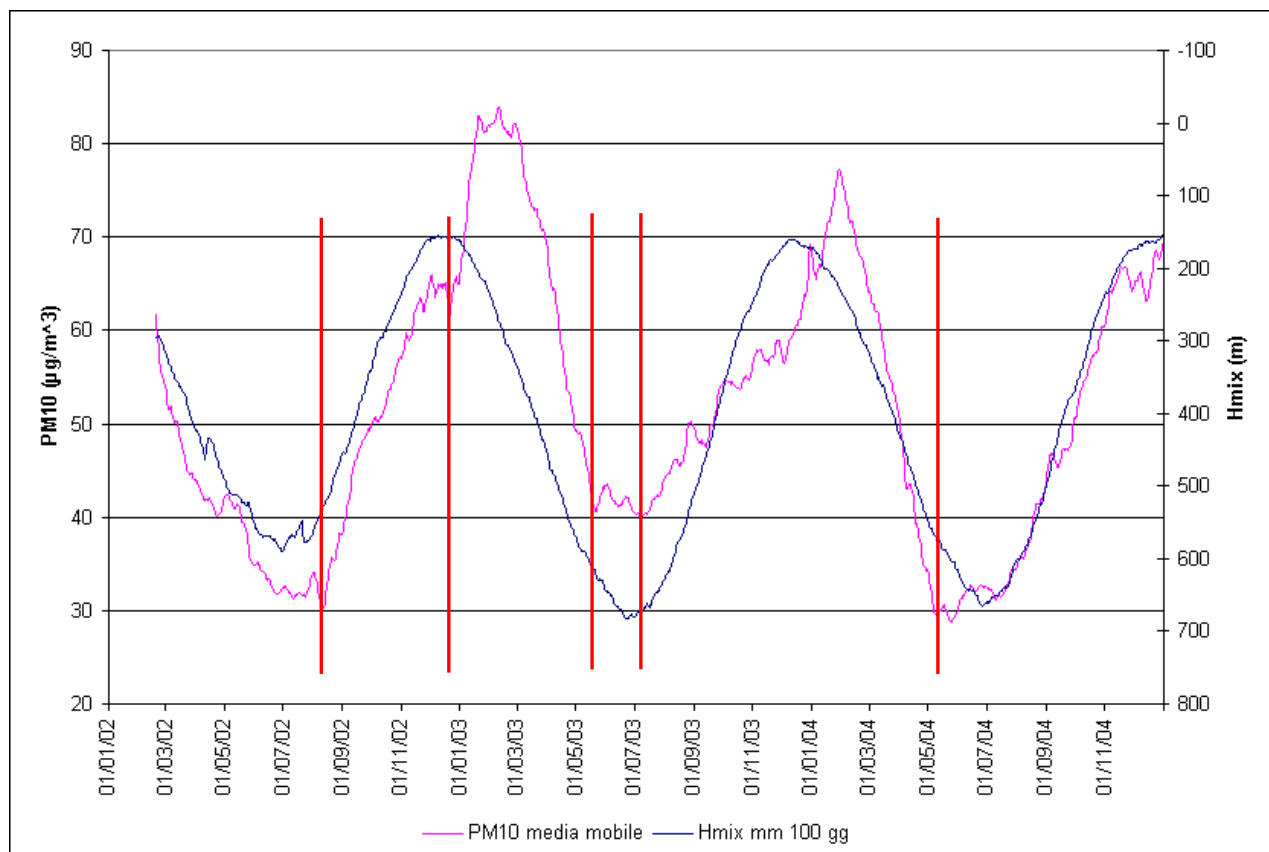


Fig. 17. Medie mobili su 100 giorni di Hmix (valori in ordine inverso) e della concentrazione di PM10 di Bra nel triennio 2002÷2004.

Quello che si può notare dalla figura 17 è una corrispondenza tra i minimi di PM_{10} ed i massimi dei valori dell'altezza dello strato rimescolato che si riscontrano nei periodi estivi, quando l'insolazione è tale da determinare l'innalzamento a quote elevate della sommità dello strato rimescolato. Per quanto riguarda i periodi più freddi dell'anno, si può rilevare una conformità tra la crescita delle concentrazioni di PM_{10} , riscontrata tra settembre 2002 e la fine di dicembre 2002, e la diminuzione dell'altezza dello strato rimescolato; mentre il picco di concentrazioni che ha inizio con il principio del 2003 e termina a maggio, pare del tutto indipendente dai valori dell'altezza di Hmix così calcolati, ma più somigliante con il picco di pressione atmosferica osservato nel periodo (cfr. figura 15). Il picco di concentrazioni dell'inverno 2003-2004 pare invece più anomalo, infatti mentre la prima fase della sua crescita (fino al novembre 2003) può trovare una corrispondenza con la crescita della pressione, la seconda pare svincolata sia dai valori di pressione che dall'altezza dello strato rimescolato. Le concentrazioni di PM_{10} dell'ultimo periodo invernale, compreso tra i dati analizzati, paiono invece in buon accordo sia con la

diminuzione dello spessore dello strato rimescolato calcolato in base agli effetti termici che con quella dovuta ai periodi di alta pressione.

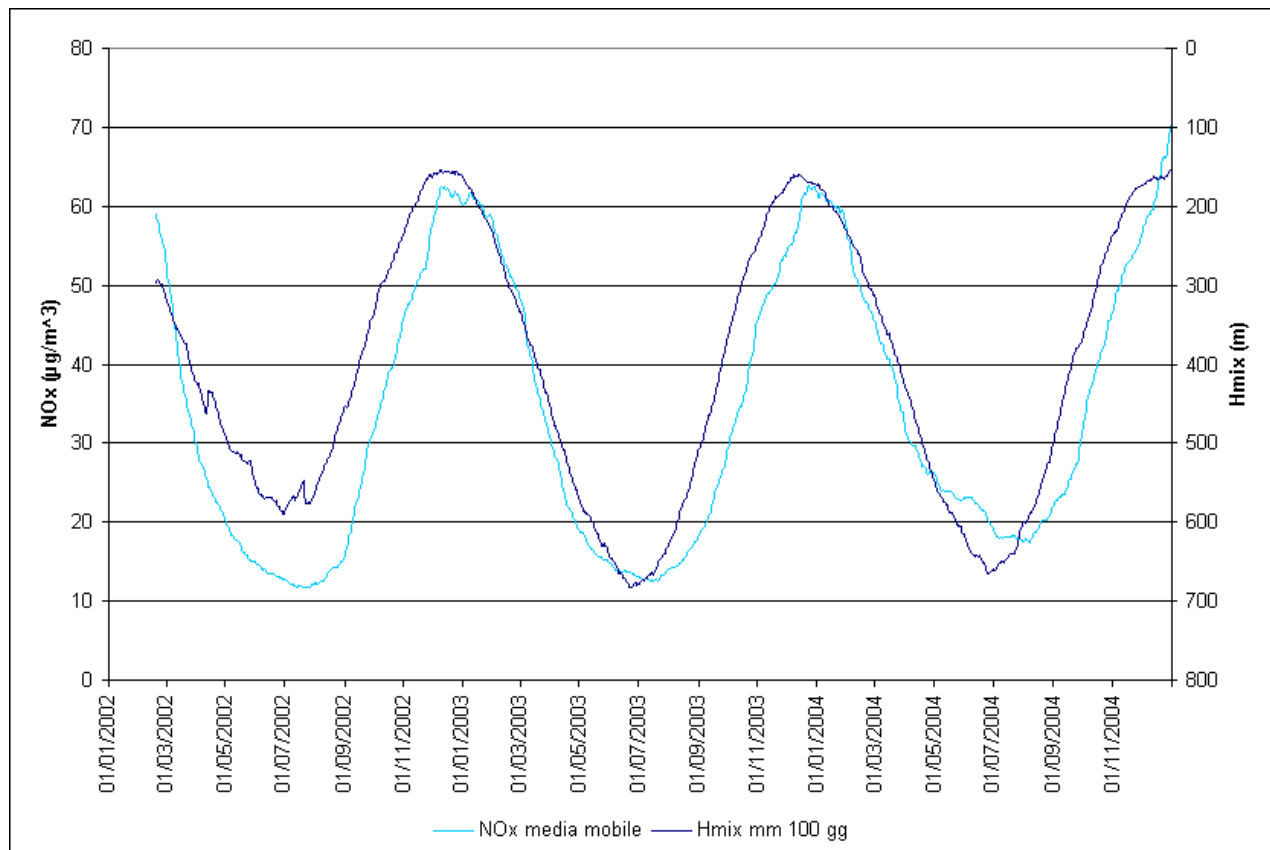


Fig. 18. Medie mobili su 100 giorni di Hmix e della concentrazione di NOx di Bra nel triennio 2002÷2004.

Passando a confrontare i valori di Hmix e delle concentrazioni di ossidi totali (fig. 18) si osserva una buona corrispondenza tra le ciclicità stagionali, nonostante si possa evidenziare un ritardo tra la diminuzione di Hmix e la crescita delle concentrazioni nel periodo autunnale. Nell'estate 2002 si osserva come la crescita dell'Hmix sia stata limitata rispetto ai due anni seguenti, sicuramente a causa della particolarità dell'estate (elevata piovosità e limitate temperature), tuttavia, probabilmente a causa delle frequenti precipitazioni, le concentrazioni di PM₁₀ sono comunque diminuite. Nel periodo primaverile-estivo del 2004 si nota un rallentamento della diminuzione delle concentrazioni rispetto al trend, che si può attribuire, grazie al confronto fatto con le concentrazioni rilevate nelle altre stazioni (confronta fig. 1), ad un incremento delle emissioni locali.

3. Conclusioni

In questo studio sono state analizzate le variazioni nel tempo delle concentrazioni di alcuni inquinanti rilevati dalle stazioni di monitoraggio della provincia di Cuneo, approfondendo in particolare quanto riscontrato dalla centralina collocata in Bra.

L'aver osservato una buona correlazione tra le concentrazioni rilevate nei diversi siti della provincia, ha costituito il punto di partenza imprescindibile per svolgere l'analisi di confronto con i parametri meteorologici. Infatti, le correlazioni riscontrate tra le concentrazioni nei diversi luoghi paiono indicare che, indipendentemente dai valori assoluti delle concentrazioni raggiunte in corrispondenza delle diverse realtà emmissive, nella maggior parte dei casi, le variazioni nel tempo delle concentrazioni non possano essere causate da variazioni nelle emissioni.

Le corrispondenze osservate tra le variazioni delle concentrazioni e alcuni parametri meteorologici, sembrano attribuire ai processi meteorologici il ruolo principale tra le cause forzanti delle oscillazioni delle concentrazioni degli inquinanti nell'aria.

Situazioni emmissive contenute, quale quella di Saliceto, permettono di limitare i valori assoluti delle concentrazioni, ma non potranno mai impedire il verificarsi di periodi di accumulo degli inquinanti, ovvero di picchi di concentrazione.

Data la non programmabilità delle condizioni meteorologiche, la riduzione delle emissioni in atmosfera è l'unica via per evitare che, periodi "climatologicamente avversi" (assenza di precipitazioni, calme di vento, alta pressione persistente...) determinino concentrazioni superiori ai limiti previsti dalla legge a tutela della salute umana.

Valutazione della riduzione delle emissioni da traffico a seguito di limitazioni della circolazione

a cura dell'ing. Enrico Brizio

INTRODUZIONE

Lo scopo del presente documento è quello di valutare l'effetto della limitazione della circolazione veicolare sulle emissioni in atmosfera dovute al traffico; gli scenari di traffico ipotizzati sono aderenti ai criteri regionali per la redazione dei Piani di Azione finalizzati alla riduzione del rischio di superamento dei limiti di qualità dell'aria dettati dal D.M. 60/2002. Dall'analisi effettuata si può concludere che, al fine di ottenere una riduzione sostanziale delle emissioni del traffico occorre restringere la circolazione ai veicoli che rispettano le normative ambientali più moderne, vale a dire le direttive EURO 2 ed EURO 3; in particolare, grande attenzione dovrebbe essere riservata alle autovetture diesel, le quali, nonostante siano costituite da un parco abbastanza moderno, non possono ancora garantire emissioni di polveri sottili e di ossidi di azoto contenute quanto quelle della tecnologia a benzina. In tali limitazioni verso elevati standard emissivi dovrebbero essere compresi anche i veicoli commerciali, il cui parco circolante risulta particolarmente vetusto e il cui peso sulle emissioni totali del comparto traffico si dimostra decisamente importante, come verrà mostrato nel seguito.

IL PARCO CIRCOLANTE

Al fine di valutare compiutamente l'effetto di alcuni scenari di restrizione della circolazione degli autoveicoli sulla riduzione delle emissioni dovute al traffico in ambito urbano si è fatto utilizzo dei fattori di emissione del modello europeo COPERT III (urban), dei dati di percorrenza media delle varie categorie veicolari individuati da APAT e dei dati di parco circolante della Provincia di Cuneo elaborati dalla Regione Piemonte e aggiornati al settembre 2004. Nello specifico, le simulazioni sono state effettuate sul parco veicolare degli 8 Comuni con più di 10.000 abitanti, vale a dire ALBA, BORGIO SAN DALMAZZO, BRA, CUNEO, FOSSANO, MONDOVI', SAVIGLIANO e SALUZZO. Tale parco consta di circa 95.300 autovetture a benzina, 37.400 autovetture diesel, 21.000 mezzi pesanti (autocarri trasporto merci, autoveicoli speciali e autobus) dei quali 19.800 hanno un peso inferiore a 16 t, e 14.200 motocicli, come rappresentato nel diagramma di Fig. 1. Se confrontati con i dati del 2002, le cifre riportate mostrano una diminuzione di autovetture benzina di circa 6.000 unità e un contemporaneo incremento di autovetture diesel da 25.600 a 37.400 veicoli (un aumento del 46%).

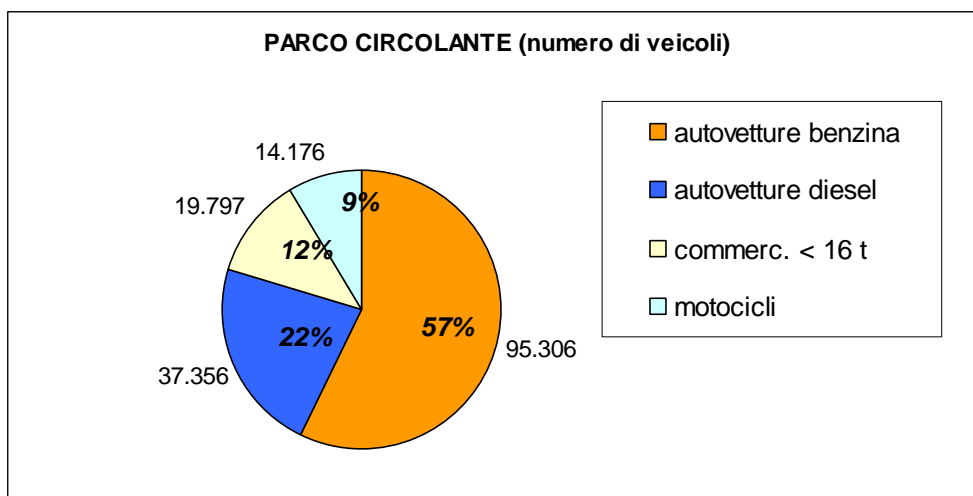


Fig. 1: Composizione del parco circolante nei grandi centri della Provincia di Cuneo

Le successive Fig. 2 e 3 riportano invece le emissioni totali del parco circolante nei centri urbani, ripartita tra le varie categorie veicolari, per le sostanze inquinanti ossidi di azoto (NO_x) e polveri sottili (PM_{10}), le quali rappresentano i parametri più critici relativamente al rispetto dei limiti di legge di cui al D.M. 60/2002. Nella presente analisi si sono escluse le categorie veicolari relative ai mezzi pesanti superiori alle 16 t, in quanto non fanno generalmente parte della circolazione urbana.

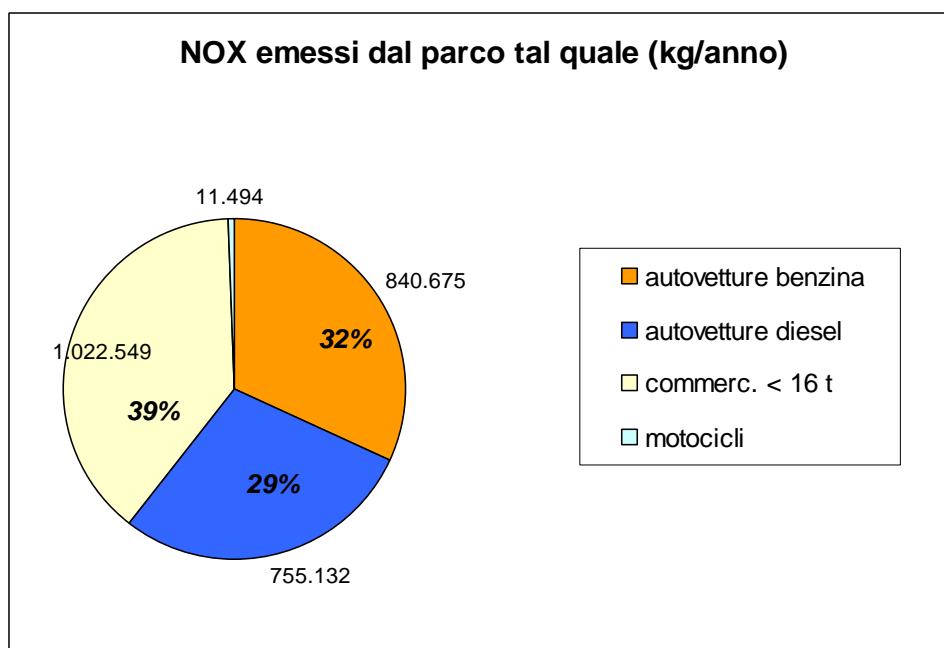


Fig. 2: Emissioni di ossidi di azoto dal parco circolante

Va sottolineato in questa sede come i fattori di emissione utilizzati in relazione alle polveri sottili facciano esclusivo riferimento alle cosiddette “exhaust emissions”, non comprensive pertanto delle frazioni derivanti dall’usura dei freni, dalla disgregazione dei pneumatici e del manto stradale ma soprattutto dal risollevarsi di particelle precedentemente depositate al suolo, le quali possono costituire una quota rilevante sul totale di polveri emesse dal comparto traffico, se non, in alcuni casi, preponderante. Inoltre, tali fattori di emissione si riferiscono esclusivamente alle polveri “primarie”, escludendo pertanto il particolato secondario formato, attraverso complesse reazioni chimiche in atmosfera, a partire da altre sostanze, quali ossidi di zolfo e di azoto, come verrà sottolineato più avanti. Come risulta evidente dai diagrammi a torta riportati, il maggior contributo alle emissioni di ossidi di azoto (NO_x) è dovuto ai mezzi commerciali, seguiti dalle automobili a benzina e da quelle diesel, mentre, per quanto riguarda le polveri sottili primarie (PM_{10}), il 90% è emesso da autovetture diesel e veicoli commerciali, rispettivamente per il 47% e per il 43%.

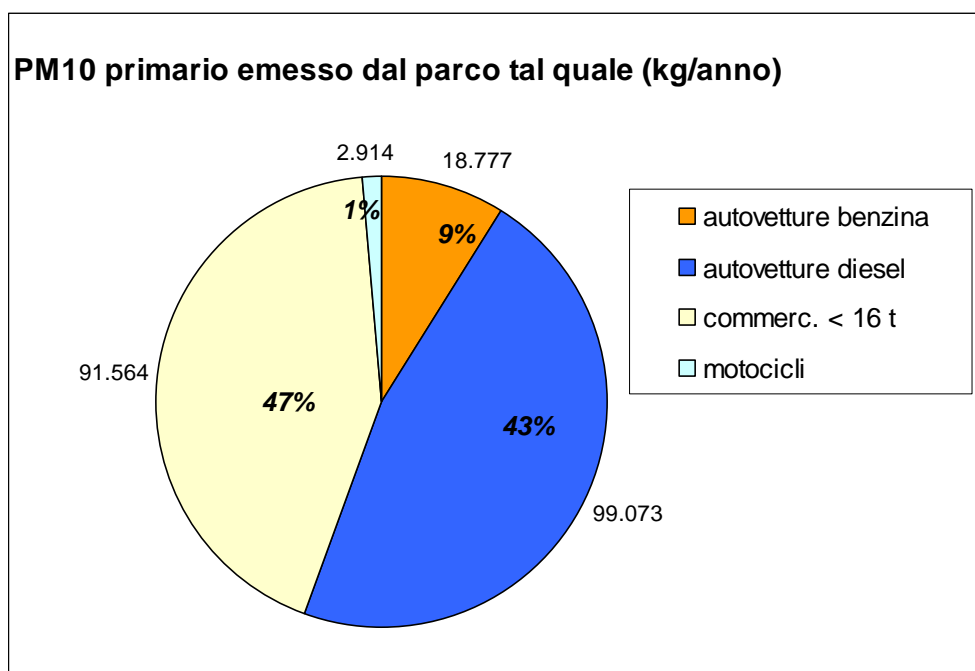


Fig. 3: Emissioni di polveri sottili primarie dal parco circolante

In Fig. 4 invece si riportano, relativamente alle autovetture benzina < 1400 cc e diesel < 2000 cc, i fattori di emissione di monossido di carbonio (CO), ossidi di azoto (NO_x) e polveri sottili (PM_{10}) in funzione della legislazione ambientale vigente; da tali grafici emerge con chiarezza come le motorizzazioni diesel, anche di ultima generazione (EURO III e EURO IV), non possano ancora garantire emissioni specifiche di polveri sottili e ossidi di azoto contenute quanto quelle delle propulsioni a benzina. Tale considerazione andrebbe attentamente valutata nell’ambito dei processi di scelta delle restrizioni del traffico da adottarsi in quanto, nonostante il parco circolante delle autovetture diesel sia

relativamente giovane (il 58% appartiene alla categoria EURO III, immatricolata quindi dopo il 1/1/2001) e stia di fatto sostituendo le autovetture benzina più datate, le emissioni delle sostanze inquinanti più critiche non vanno diminuendo (**si registra un aumento di circa il 2,6% per gli ossidi di azoto e del 7,4% per le polveri negli ultimi due anni**). A tale proposito si riporta uno stralcio dell'aggiornamento del Piano Regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria (D.G.R. 19-12878 del 28/6/04): "gli investimenti delle case produttrici di autoveicoli per il miglioramento delle prestazioni dei motori sono state rivolte negli ultimi dieci anni prevalentemente ai motori diesel; conseguentemente la loro promozione ha influito pesantemente nelle scelte sul rinnovo del parco circolante, che vede oggi un incremento notevolissimo di veicoli diesel con motorizzazione EURO II, EURO III ed in parte alcuni nuovi modelli anticipativi dell'EURO IV. Questi veicoli, i più nuovi sul mercato, hanno emissioni di ossidi di azoto e di polveri non controllate, ancorché ridotte rispetto alle precedenti omologazioni, in funzione del miglioramento delle caratteristiche dei motori e della riduzione dei consumi. Solo con la motorizzazione EURO V ed EURO VI (2008/2010) saranno obbligatori sistemi catalitici per il controllo di questi due inquinanti. È pertanto necessario prevedere azioni che stimolino l'anticipazione anche parziale di questi sistemi.."

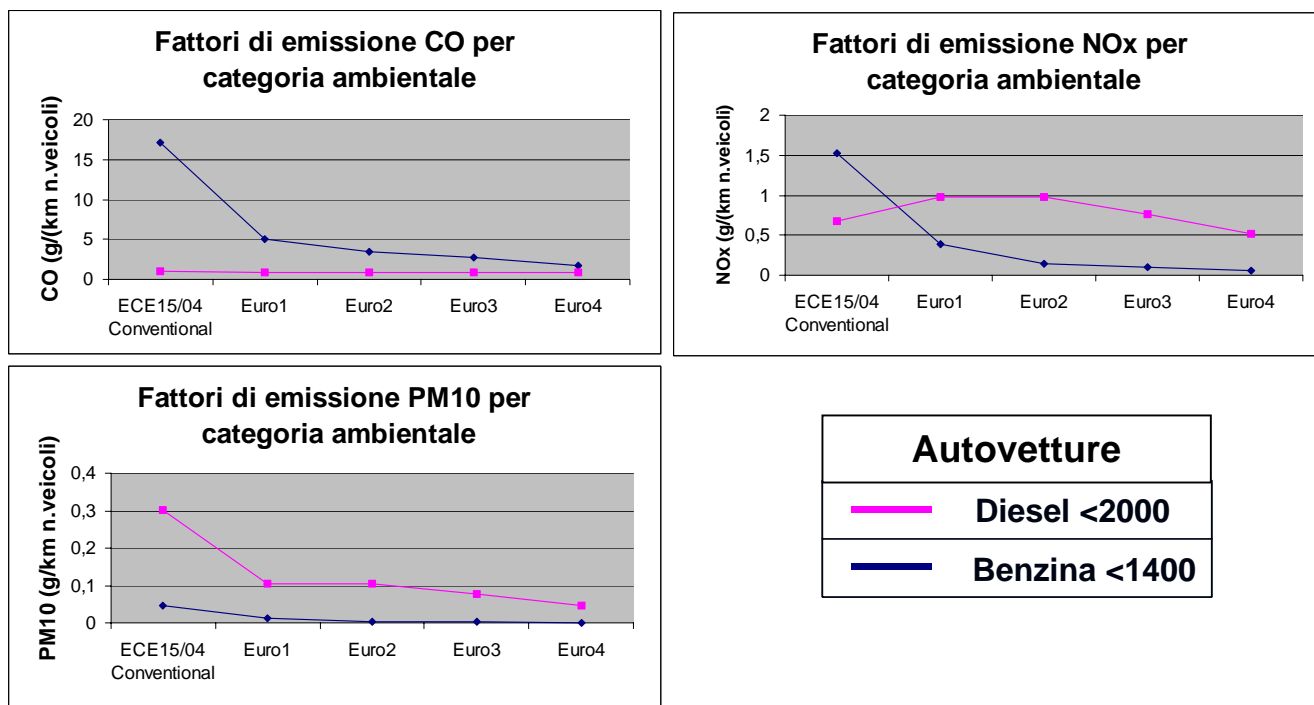


Fig. 4: Fattori di emissione relativi alle autovetture benzina e diesel

Per quanto riguarda invece i veicoli commerciali, si rammenta che il suddetto aggiornamento del Piano Regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria riporta testualmente che: "i veicoli commerciali sono la fetta più vecchia del parco circolante, con grande prevalenza di mezzi ante EURO ed EURO I, ed inoltre i mezzi commerciali compiono percorrenze di tutto rilievo, che si svolgono prevalentemente in

ambito urbano". In effetti, i veicoli commerciali con peso inferiore alle 16 t con tecnologia "conventional" (ovvero pre EURO I) costituiscono il 31 % del totale e contribuiscono pesantemente a rendere tale categoria veicolare responsabile di una quota emissiva importante, in particolare per gli inquinanti più critici.

In Tabella 1 si riportano i dati dell'attuale parco circolante ripartito secondo la vigente legislazione ambientale.

Tabella 1: Parco circolante nei Comuni con più di 10.000 abitanti della Provincia di Cuneo, ripartito secondo la vigente legislazione ambientale

<i>n. veicoli</i>	autovetture benzina	autovetture diesel	veicoli commerciali < 16 t	motocicli
pre EURO	27.876 (29%)	3.341 (9%)	6.226 (31%)	8.980 (63%)
EURO I	21.469 (23%)	1.846 (5%)	3.104 (16%)	5.196 (37%)
EURO II	26.616 (28%)	10.606 (28%)	10.260 (52%)	-
EURO III	19.345 (20%)	21.563 (58%)	207 (1%)	-
totale	95.306	37.356	19.797	14.176

SIMULAZIONI DI SCENARIO

Sulla base dei dati di parco circolante a disposizione, sono state pertanto effettuate le simulazioni di riduzione delle emissioni da traffico a partire dai seguenti scenari di limitazione della circolazione:

1. limitazione di tutte le autovetture e i veicoli commerciali antecedenti a EURO I e dei motocicli non EURO I (nel prosieguo, identificato come scenario **EURO I**);
2. limitazione delle autovetture benzina antecedenti a EURO I, delle autovetture diesel e dei veicoli commerciali antecedenti a EURO II e dei motocicli non EURO I (nel prosieguo, identificato come scenario **EURO I-II**);
3. limitazione delle autovetture benzina antecedenti a EURO I, delle autovetture diesel e dei veicoli commerciali antecedenti a EURO III e dei motocicli non EURO I (nel prosieguo, identificato come scenario **EURO I-III**);
4. limitazione di tutte le autovetture e i veicoli commerciali antecedenti a EURO II e dei motocicli non EURO I (nel prosieguo, identificato come scenario **EURO II**);
5. limitazione delle autovetture benzina antecedenti a EURO II, delle autovetture diesel e dei veicoli commerciali antecedenti a EURO III e dei motocicli non EURO I (nel prosieguo, identificato come scenario **EURO II-III**);
6. limitazione di tutte le autovetture e i veicoli commerciali antecedenti a EURO III e dei motocicli non EURO I (nel prosieguo, identificato come scenario **EURO III**);
7. limitazione di tutte le autovetture antecedenti a EURO II e dei motocicli non EURO I, nessuna limitazione per i veicoli commerciali (nel prosieguo, identificato come scenario **EURO II no comm**);
8. limitazione di tutte le autovetture antecedenti a EURO III e dei motocicli non EURO I, nessuna limitazione per i veicoli commerciali (nel prosieguo, identificato come scenario **EURO III no comm**).

In Fig. 5 si riportano i risultati di tali simulazioni ottenuti tagliando il parco circolante secondo gli scenari ipotizzati: gli inquinanti presi in considerazione in tale analisi sono il monossido di carbonio (CO), gli ossidi di azoto (NOx) e le polveri sottili (PM10). Noto che il parametro monossido di carbonio (CO) non rappresenta generalmente una criticità ambientale, l'attenzione va concentrata sugli altri due inquinanti e in particolare sulle polveri sottili (PM10), per il quale si registrano numerosi superamenti dei valori limite giornalieri e, talvolta, annui. D'altra parte, per quanto riguarda gli ossidi di azoto (NOx) si ricorda che tale parametro gioca sia il ruolo di inquinante primario, sia quello di precursore di altri inquinanti più pericolosi, quali le polveri (sotto forma di nitrati) e l'ozono troposferico; gli ossidi di azoto costituiscono pertanto un parametro di assoluta attenzione nelle strategie di riduzione delle emissioni, sebbene le concentrazioni rilevate dal sistema di monitoraggio regionale presentino minori criticità rispetto al materiale particolato e all'ozono.

Nell'istogramma riportato, lo scenario "TAL QUALE" rappresenta le emissioni del parco circolante senza alcuna limitazione, ed è pertanto individuato con il 100% delle emissioni di ciascun inquinante; gli effetti degli scenari di limitazione del traffico, così come definiti nei paragrafi precedenti, sono rappresentati dalle emissioni residue espresse in percentuale rispetto al parco circolante tal quale. Le conseguenti riduzioni delle emissioni dovute alle restrizioni del traffico sono pertanto ricavabili, sulla base delle emissioni percentuali riportate in figura, per differenza rispetto a tale scenario tal quale. Al fine di agevolare la comprensione dei dati riportati, si fa presente che le riduzioni delle emissioni ricavabili dal grafico sono da riferirsi esclusivamente alle aree dove le restrizioni sono applicate, pertanto i benefici sulle concentrazioni riscontrabili in aria sono fortemente sitospecifici e limitati territorialmente.

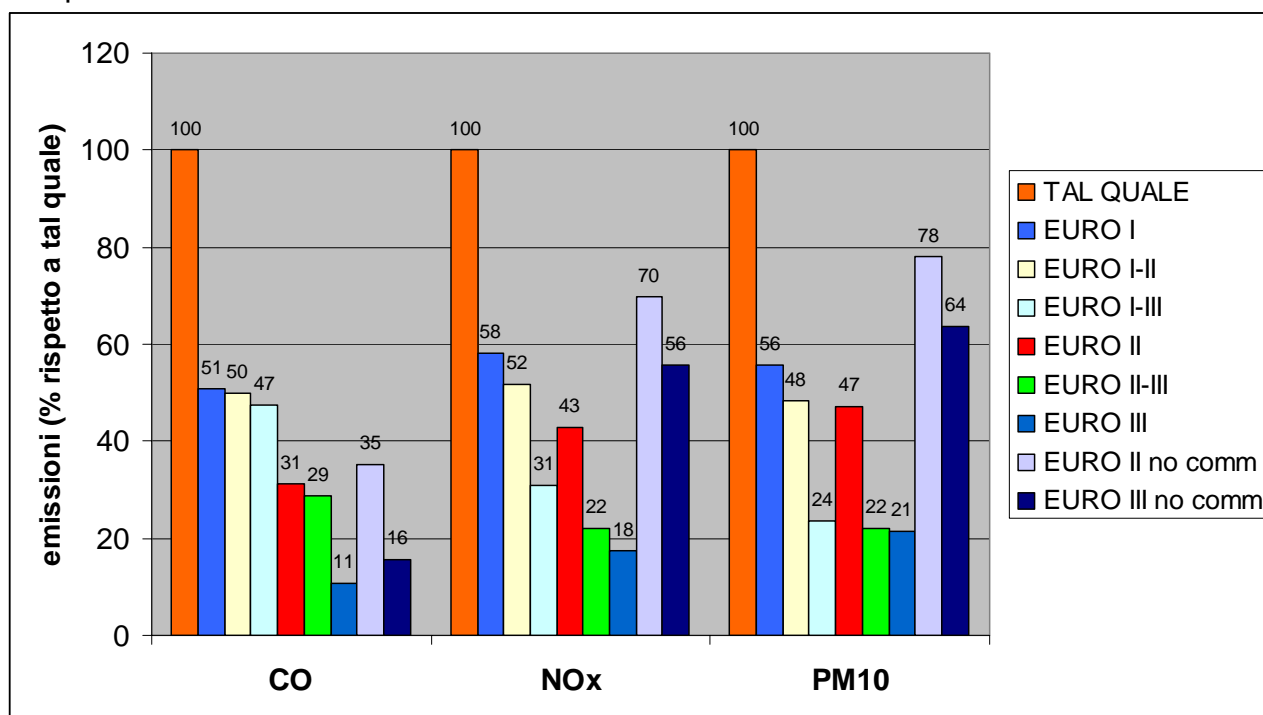


Fig. 5: Emissioni paragonate al tale quale in funzione della tipologia di limitazione del traffico adottata

Per una corretta valutazione dei risultati simulati, il grafico di Fig. 6 riporta le emissioni percentuali di PM10 primario e NOX in ordine decrescente (vale a dire in ordine di riduzione crescente delle emissioni), dallo scenario meno limitante (e quindi più vicino alla versione TAL QUALE) a quello che comporta la contrazione più larga degli inquinanti emessi. Nello stesso grafico, si riporta anche la frazione percentuale di veicoli che, sulla base della limitazione ipotizzata, potrebbero continuare a circolare nelle zone interessate da restrizione del traffico.

Come è chiaro dal grafico riportato, gli scenari EURO II no comm e EURO III no comm non consentono sostanziali riduzioni delle emissioni di polveri e NOX, pur comportando una notevole restrizione dei veicoli circolanti (rispettivamente sarebbe escluso il 38% e il 60% dell'attuale parco circolante); in effetti, tali scenari, seppur limitando severamente la mobilità di autovetture e motocicli, lasciano libera circolazione ai veicoli commerciali che, come già detto, presentano un parco vetusto e contribuiscono da soli al 39% delle emissioni di NOx e al 43 % delle emissioni di polveri sottili dovute all'attuale parco circolante.

Al contrario, risultano molto efficienti gli ultimi tre scenari, ovvero EURO I-III, EURO II-III e EURO III, i quali si rivelano pressoché equivalenti nella limitazione delle emissioni di polveri sottili primarie, rispettivamente ridotte del 76%, del 78% e del 79%. Anche la riduzione di ossidi di azoto sarebbe molto accentuata, dal 69% all'82%. In particolare, si sottolinea l'efficacia degli scenari EURO I-III ed EURO II-III, i quali ottengono ottime percentuali di riduzione delle emissioni coinvolgendo un numero tutto sommato ridotto di veicoli: secondo il primo scenario infatti, nella zona a traffico limitato potrebbe ancora circolare il 57% del parco attuale, mentre nella seconda ipotesi il 44%. Di fatto, tali scenari concentrano l'attenzione sui veicoli diesel restringendone la circolazione solo agli esemplari più moderni, i quali, sebbene continuino a non raggiungere le performance emissive dei veicoli benzina (neanche dei veicoli a benzina con più di 10 anni), presentano un miglioramento sostanziale rispetto ai veicoli diesel con tecnologia PRE EURO o EURO I.

Ragionando invece in termini assoluti e considerati anche i criteri regionali dettati dalla D.G.R. 14-7623 del 11 novembre 2002 per l'adozione dei Piani di Azione da parte delle Province, lo scenario più efficace nel senso della riduzione delle emissioni è quello relativo alla limitazione di tutti i veicoli non conformi alla normativa EURO III.

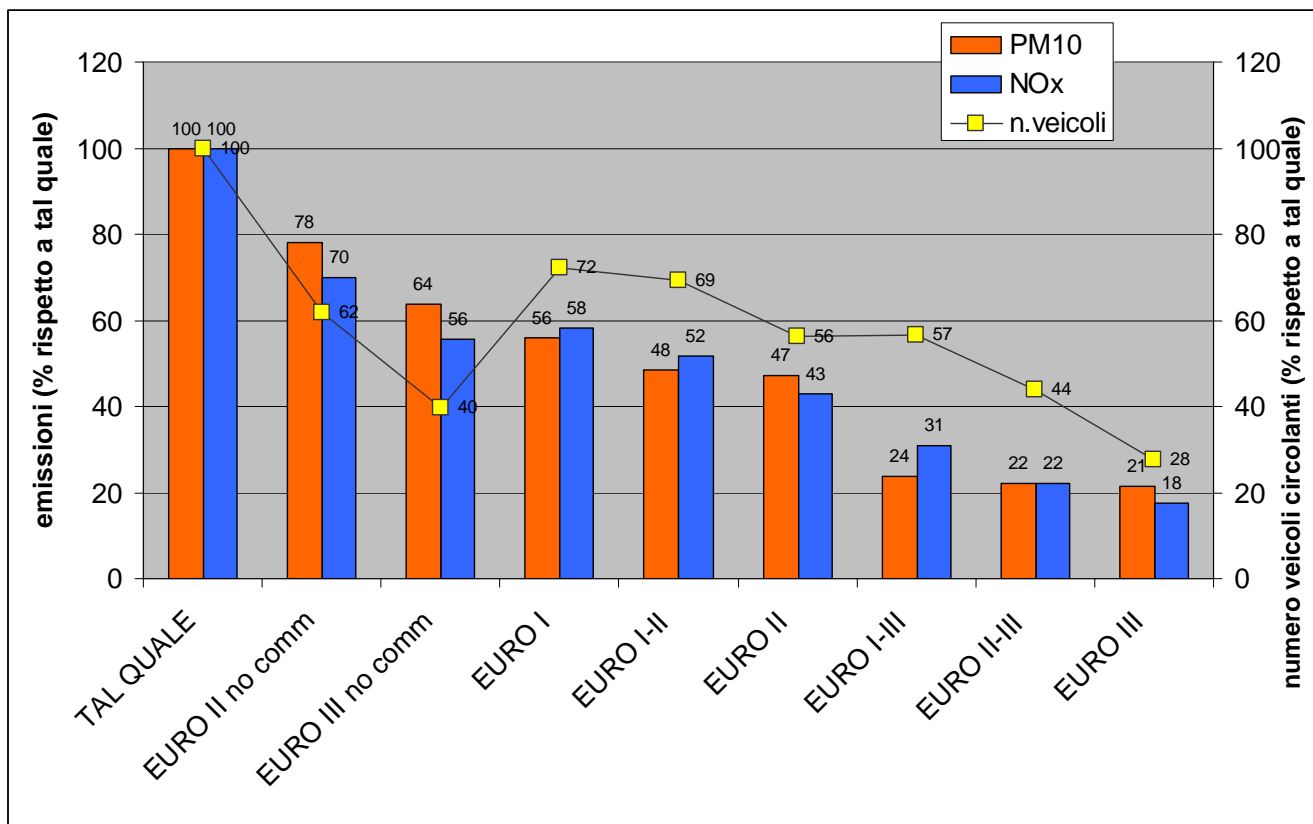


Fig. 6: Scenari di limitazione del traffico ordinati nel senso di emissioni decrescenti

Sulla base di quanto riportato si evidenzia che le stime di riduzione calcolate nel presente documento si riferiscono rigorosamente alle emissioni del parco circolante e non alle concentrazioni di inquinanti conseguentemente rilevabili in aria; infatti, sebbene tali concentrazioni siano direttamente proporzionali alle emissioni della sorgente, la presenza di concentrazioni di fondo attribuibili ad altre fonti inquinanti quali le attività produttive o i riscaldamenti civili, le reazioni chimiche che avvengono in atmosfera a partire dagli inquinanti primari con conseguente formazione di polveri secondarie e l'incompletezza dei fattori di emissione disponibili (che sottostimano di fatto le polveri emesse) rendono difficilmente prevedibili i miglioramenti indotti da tali limitazioni sulla reale qualità dell'aria, miglioramenti che, si ribadisce, sono attesi esclusivamente nell'area della restrizione.

D'altra parte, rimane indubbio che il traffico urbano sia il principale responsabile della cattiva qualità dell'aria cittadina (come peraltro riportato nel Piano Regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria) e che, per questa ragione, ogni politica di miglioramento deve necessariamente ridurre, gradualmente ma stabilmente, le percorrenze nei centri abitati, favorire l'ammodernamento del parco veicolare sia a livello pubblico che privato, incentivare l'utilizzo dei mezzi a basso impatto ambientale, favorire il trasporto collettivo dei privati e dei lavoratori, a razionalizzare, fluidificare e decongestionare la circolazione.

In allegato 1 e 2 si riportano tutte le tabelle di calcolo relative alle simulazioni effettuate.

CONCLUSIONI

Il presente documento si basa sull'analisi del parco veicolare circolante nei Comuni con più di 10.000 abitanti della Provincia di Cuneo e sulle emissioni ad esso connesse, calcolate sulla base dei fattori di emissione specifici e su dati di percorrenza medi annui. Di tale analisi si sottolinea che:

1. le emissioni dovute al traffico di ossidi di azoto (NO_x) e di polveri sottili primarie (PM_{10}), ovvero degli inquinanti più critici per la qualità dell'aria delle aree urbane, sono riconducibili in gran parte alle autovetture diesel e ai veicoli commerciali (anch'essi in gran parte diesel);
2. le autovetture diesel stanno acquisendo fette di mercato sempre più larghe (sul predetto parco circolante si registra un + 46% negli ultimi due anni); nonostante quindi la categoria veicolare in questione sia dotata di un parco relativamente giovane, ciò non riesce a garantire una riduzione complessiva delle emissioni di inquinanti in quanto anche gli esemplari diesel più moderni non riescono ancora a raggiungere le performance emissive delle propulsioni a benzina;
3. "i veicoli commerciali sono la fetta più vecchia del parco circolante, con grande prevalenza di mezzi ante EURO ed EURO I, ed inoltre i mezzi commerciali compiono percorrenze di tutto rilievo, che si svolgono prevalentemente in ambito urbano". In effetti, i veicoli commerciali con peso inferiore alle 16 t con tecnologia "conventional" (ovvero pre EURO I) costituiscono il 31 % del totale e contribuiscono pesantemente a rendere tale categoria veicolare responsabile di una quota emissiva importante, in particolare per gli inquinanti più critici;
4. nonostante i livelli emissivi dei veicoli diesel (autovetture e veicoli commerciali) di ultima generazione (EURO III e IV) non siano ancora confrontabili con i più contenuti valori dei corrispondenti veicoli benzina, essi fanno registrare un miglioramento sostanziale rispetto ai veicoli diesel con tecnologia pre EURO e EURO I.

In tale ottica gli scenari di limitazione del traffico che hanno dato i migliori risultati in termini di riduzione delle emissioni dalla sorgente traffico sono quelli che spingono la mobilità verso le normative ambientali più moderne, EURO II e EURO III, limitando in particolare la circolazione dei mezzi diesel, sia autovetture che veicoli commerciali, più datati.

ALLEGATO 1: Parco circolante nei Comuni > 10.000 abitanti in Provincia di Cuneo

CLASSE	ALIMENTAZIONE	CILINDRATA, PE		n. veicoli	g/km/veicolo			percorse	emissioni kg/anno		
		SO,USO	NORMATIVA		CO	NOx	PM		CO	NOx	PM
AUTOVETTURE	BENZINA	1400 - 2000	91/441/ECE	6726	12,1500	0,9200	0,0120	15100	1.233.986	93.438	1.219
AUTOVETTURE	BENZINA	1400 - 2000	94/12/EEC	7110	8,2700	0,3300	0,0050	16000	940.795	37.541	569
AUTOVETTURE	BENZINA	1400 - 2000	96/69 Euro III	4393	4,1700	0,1300	0,0030	16000	293.101	9.137	211
AUTOVETTURE	BENZINA	1400 - 2000	ECE 15/00-01	192	39,9700	1,6800	0,0500	8000	61.394	2.580	77
AUTOVETTURE	BENZINA	1400 - 2000	ECE 15/02	291	34,6600	1,6500	0,0500	12000	121.033	5.762	175
AUTOVETTURE	BENZINA	1400 - 2000	ECE 15/03	313	37,8200	1,5000	0,0500	13500	159.808	6.338	211
AUTOVETTURE	BENZINA	1400 - 2000	ECE 15/04	5323	22,1800	1,7000	0,0500	15100	1.782.769	136.641	4.019
AUTOVETTURE	BENZINA	1400 - 2000	PRE ECE	191	51,0200	1,6800	0,0500	6000	58.469	1.925	57
AUTOVETTURE	BENZINA	Fino a 1400	91/441/ECE	14589	14,4400	0,9400	0,0120	10000	2.106.652	137.137	1.751
AUTOVETTURE	BENZINA	Fino a 1400	94/12/EEC	18925	9,8200	0,3400	0,0050	12000	2.230.122	77.214	1.136
AUTOVETTURE	BENZINA	Fino a 1400	96/69 Euro III	13935	4,8200	0,1300	0,0030	12000	806.000	21.739	502
AUTOVETTURE	BENZINA	Fino a 1400	ECE 15/00-01	1010	39,9700	1,4800	0,0440	5000	201.849	7.474	222
AUTOVETTURE	BENZINA	Fino a 1400	ECE 15/02	978	34,6600	1,4600	0,0440	6500	220.334	9.281	280
AUTOVETTURE	BENZINA	Fino a 1400	ECE 15/03	1168	37,8200	1,5500	0,0460	9200	406.399	16.656	494
AUTOVETTURE	BENZINA	Fino a 1400	ECE 15/04	16308	22,1800	1,5000	0,0430	10000	3.617.114	244.620	7.012
AUTOVETTURE	BENZINA	Fino a 1400	PRE ECE	1674	51,0200	1,4800	0,0440	3000	256.222	7.433	221
AUTOVETTURE	BENZINA	Oltre 2000	91/441/ECE	154	14,6800	1,2000	0,0160	17200	38.884	3.179	42
AUTOVETTURE	BENZINA	Oltre 2000	94/12/EEC	581	9,9800	0,4300	0,0060	20000	115.968	4.997	70
AUTOVETTURE	BENZINA	Oltre 2000	96/69 Euro III	1017	5,1700	0,1600	0,0040	20000	105.158	3.254	81
AUTOVETTURE	BENZINA	Oltre 2000	ECE 15/00-01	31	39,9700	1,9700	0,0600	9500	11.771	580	18
AUTOVETTURE	BENZINA	Oltre 2000	ECE 15/02	34	34,6600	1,8600	0,0560	13500	15.909	854	26
AUTOVETTURE	BENZINA	Oltre 2000	ECE 15/03	44	37,8200	2,6800	0,0800	14700	24.462	1.733	52
AUTOVETTURE	BENZINA	Oltre 2000	ECE 15/04	266	22,1800	2,2800	0,0680	17200	101.478	10.431	311
AUTOVETTURE	BENZINA	Oltre 2000	PRE ECE	53	51,0200	1,9700	0,0600	7000	18.928	731	22
tot autovetture benzina									14.928.604	840.675	18.777
AUTOVETTURE	GASOLIO	1400 - 2000	91/441/ECE	1521	0,9800	1,0800	0,1220	20500	30.557	33.675	3.804
AUTOVETTURE	GASOLIO	1400 - 2000	94/12/EEC	9099	0,9900	1,0800	0,1220	22000	198.176	216.192	24.422
AUTOVETTURE	GASOLIO	1400 - 2000	96/69 Euro III	15607	0,9900	0,8300	0,0880	22000	339.920	284.984	30.215
AUTOVETTURE	GASOLIO	1400 - 2000	CONVENZIONALI	1970	1,1400	0,7300	0,3300	20500	46.039	29.481	13.327
AUTOVETTURE	GASOLIO	Fino a 1400	91/441/ECE	2	0,9800	1,0800	0,1220	20500	40	44	5
AUTOVETTURE	GASOLIO	Fino a 1400	94/12/EEC	12	0,9900	1,0800	0,1220	22000	261	285	32
AUTOVETTURE	GASOLIO	Fino a 1400	96/69 Euro III	2124	0,9900	0,8300	0,0880	22000	46.261	38.784	4.112
AUTOVETTURE	GASOLIO	Fino a 1400	CONVENZIONALI	438	1,1400	0,7300	0,3300	20500	10.236	6.555	2.963
AUTOVETTURE	GASOLIO	Oltre 2000	91/441/ECE	323	0,9800	1,0800	0,1220	22000	6.964	7.674	867
AUTOVETTURE	GASOLIO	Oltre 2000	94/12/EEC	1495	0,9900	1,0800	0,1220	24000	35.521	38.750	4.377
AUTOVETTURE	GASOLIO	Oltre 2000	96/69 Euro III	3632	0,9900	0,8300	0,0880	24000	91.048	76.333	8.093
AUTOVETTURE	GASOLIO	Oltre 2000	CONVENZIONALI	933	1,1400	1,0900	0,3340	22000	23.400	22.373	6.856
tot autovetture diesel									828.424	755.132	99.073
AUTOCARRI TRASPORTO MERCI	BENZINA	7,6 - 16	CONVENZIONALI	3	130,7700	7,7800	0,3300	15500	6.081	362	15
AUTOCARRI TRASPORTO MERCI	BENZINA	3,6 - 7,5	CONVENZIONALI	3	130,7700	7,7800	0,3300	15500	6.081	362	15
AUTOCARRI TRASPORTO MERCI	BENZINA	FINO A 3,5	93/59/EEC	177	20,2700	1,2100	0,0160	15500	55.611	3.320	44
AUTOCARRI TRASPORTO MERCI	BENZINA	FINO A 3,5	96/69/EEC	352	11,8600	0,3900	0,0060	15500	64.708	2.128	33
AUTOCARRI TRASPORTO MERCI	BENZINA	FINO A 3,5	96/69 Euro III	0	5,5200	0,1000	0,0030	15500	0	0	0
AUTOCARRI TRASPORTO MERCI	BENZINA	FINO A 3,5	CONVENZIONALI	529	37,5800	2,2200	0,0660	15500	308.137	18.203	541
AUTOCARRI TRASPORTO MERCI	GASOLIO	3,6 - 7,5	91/542/EEC Stage I	97	2,8400	4,3700	0,4400	33000	9.091	13.988	1.408
AUTOCARRI TRASPORTO MERCI	GASOLIO	3,6 - 7,5	91/542/EEC Stage II	102	2,2700	3,1200	0,2700	33000	7.641	10.502	909
AUTOCARRI TRASPORTO MERCI	GASOLIO	3,6 - 7,5	99/96 Euro III	124	1,5900	2,1800	0,1900	33000	6.506	8.921	777
AUTOCARRI TRASPORTO MERCI	GASOLIO	3,6 - 7,5	CONVENZIONALI	382	5,6800	6,2400	0,6700	33000	71.602	78.661	8.446
AUTOCARRI TRASPORTO MERCI	GASOLIO	7,6 - 16	91/542/EEC Stage I	126	2,8400	8,7500	0,8700	33000	11.809	38.383	3.617
AUTOCARRI TRASPORTO MERCI	GASOLIO	7,6 - 16	91/542/EEC Stage II	128	2,2700	6,2500	0,5400	33000	9.588	26.400	2.281
AUTOCARRI TRASPORTO MERCI	GASOLIO	7,6 - 16	99/96 Euro III	82	1,5900	4,3800	0,3800	33000	4.303	11.852	1.028
AUTOCARRI TRASPORTO MERCI	GASOLIO	7,6 - 16	CONVENZIONALI	497	5,6800	12,5000	1,3500	33000	93.158	205.013	22.141
AUTOCARRI TRASPORTO MERCI	GASOLIO	FINO A 3,5	93/59/EEC	2704	0,7400	1,6000	0,1300	16500	33.016	71.386	5.800
AUTOCARRI TRASPORTO MERCI	GASOLIO	FINO A 3,5	96/69/EEC	9677	0,7400	1,6000	0,1300	16500	118.156	255.473	20.757
AUTOCARRI TRASPORTO MERCI	GASOLIO	FINO A 3,5	96/69 Euro III	0	0,6000	1,3500	0,0870	16500	0	0	0
AUTOCARRI TRASPORTO MERCI	GASOLIO	FINO A 3,5	CONVENZIONALI	4814	1,4900	3,5200	0,2990	16500	118.352	279.597	23.750
tot mezzi commerciali < 16 t									923.839	1.022.549	91.564
MOTOCICLI	BENZINA	126 - 250	97/24 CE	1189	7,0700	0,1650	0,0093	6200	52.119	1.216	69
MOTOCICLI	BENZINA	126 - 250	CONVENZIONALI	1009	23,9900	0,1100	0,0484	5800	140.394	644	283
MOTOCICLI	BENZINA	251 - 750	97/24 CE	2037	7,0700	0,1650	0,0093	6400	92.170	2.151	121
MOTOCICLI	BENZINA	251 - 750	CONVENZIONALI	3484	21,5800	0,1100	0,0484	6100	458.627	2.338	1.029
MOTOCICLI	BENZINA	Fino a 125	97/24 CE	738	7,0700	0,1650	0,0093	6200	32.349	755	43
MOTOCICLI	BENZINA	Fino a 125	CONVENZIONALI	1425	23,9900	0,1100	0,0484	5800	198.277	909	400
MOTOCICLI	BENZINA	Oltre 750	97/24 CE	1084	7,0700	0,1650	0,0093	6500	49.815	1.163	66
MOTOCICLI	BENZINA	Oltre 750	CONVENZIONALI	1002	15,6900	0,1300	0,0484	6500	102.189	847	315
MOTOCICLI	MISCELA	126 - 250	97/24 CE	57	7,0700	0,1650	0,0093	6200	2.499	58	3
MOTOCICLI	MISCELA	126 - 250	CONVENZIONALI	494	23,9900	0,1100	0,0484	5800	68.736	315	139
MOTOCICLI	MISCELA	251 - 750	97/24 CE	25	7,0700	0,1650	0,0093	6400	1.131	26	1
MOTOCICLI	MISCELA	251 - 750	CONVENZIONALI	134	21,5800	0,1100	0,0484	6100	17.639	90	40
MOTOCICLI	MISCELA	Fino a 125	97/24 CE	66	7,0700	0,1650	0,0093	6200	2.893	68	4
MOTOCICLI	MISCELA	Fino a 125	CONVENZIONALI	1430	23,9900	0,1100	0,0484	5800	198.973	912	401
MOTOCICLI	MISCELA	Oltre 750	97/24 CE	0	7,0700	0,1650	0,0093	6500	0	0	0
MOTOCICLI	MISCELA	Oltre 750	CONVENZIONALI	2	15,6900	0,1300	0,0484	6500	204	2	1
tot motocicli									1.418.016	11.494	2.914

ALLEGATO 2: Scenari di limitazione del traffico simulati

<i>TAL QUALE (kg/anno)</i>	n.veicoli	CO	NOx	PM
autovetture benzina	95.306	14.928.604	840.675	18.777
autovetture diesel	37.356	828.424	755.132	99.073
commerc. < 16 t	19.797	923.839	1.022.549	91.564
motocicli	14.176	1.418.016	11.494	2.914

<i>EURO I (kg/anno)</i>	n.veicoli	CO	NOx	PM
autovetture benzina	67.430	7.870.666	387.635	5.580
autovetture diesel	34.015	748.749	696.723	75.928
commerc. < 16 t	13.569	320.429	440.352	36.655
motocicli	5.196	232.976	5.437	306

<i>EURO I-II (kg/anno)</i>	n.veicoli	CO	NOx	PM
autovetture benzina	67.430	7.870.666	387.635	5.580
autovetture diesel	32.169	711.188	655.329	71.252
commerc. < 16 t	10.465	210.902	315.275	25.785
motocicli	5.196	232.976	5.437	306

<i>EURO I-III (kg/anno)</i>	n.veicoli	CO	NOx	PM
autovetture benzina	67.430	7.870.666	387.635	5.580
autovetture diesel	21.563	477.230	400.102	42.420
commerc. < 16 t	206	10.809	20.773	1.806
motocicli	5.196	232.976	5.437	306

<i>EURO II-III (kg/anno)</i>	n.veicoli	CO	NOx	PM
autovetture benzina	45.961	4.491.144	153.882	2.568
autovetture diesel	21.563	477.230	400.102	42.420
commerc. < 16 t	206	10.809	20.773	1.806
motocicli	5.196	232.976	5.437	306

<i>EURO II (kg/anno)</i>	n.veicoli	CO	NOx	PM
autovetture benzina	45.961	4.491.144	153.882	2.568
autovetture diesel	32.169	711.188	655.329	71.252
commerc. < 16 t	10.465	210.902	315.275	25.785
motocicli	5.196	232.976	5.437	306

<i>EURO III (kg/anno)</i>	n.veicoli	CO	NOx	PM
autovetture benzina	19.345	1.204.259	34.130	794
autovetture diesel	21.563	477.230	400.102	42.420
commerc. < 16 t	206	10.809	20.773	1.806
motocicli	5.196	232.976	5.437	306

EURO II no comm (kg/anno)	n.veicoli	CO	NOx	PM
autovetture benzina	45.961	4.491.144	153.882	2.568
autovetture diesel	32.169	711.188	655.329	71.252
commerc. < 16 t	19.797	923.839	1.022.549	91.564
motocicli	5.196	232.976	5.437	306

EURO III no comm (kg/anno)	n.veicoli	CO	NOx	PM
autovetture benzina	19.345	1.204.259	34.130	794
autovetture diesel	21.563	477.230	400.102	42.420
commerc. < 16 t	19.797	923.839	1.022.549	91.564
motocicli	5.196	232.976	5.437	306

confronto scenari (kg/anno)	n.veicoli	CO	NOx	PM10
TAL QUALE	166.635	18.098.884	2.629.850	212.328
EURO I	120.210	9.172.820	1.530.146	118.469
EURO I-II	115.260	9.025.733	1.363.676	102.923
EURO I-III	94.395	8.591.680	813.946	50.112
EURO II	93.791	5.646.211	1.129.924	99.911
EURO II-III	72.926	5.212.159	580.193	47.101
EURO III	46.310	1.925.274	460.442	45.327
EURO II no comm	103.123	6.359.148	1.837.197	165.690
EURO III no comm	65.901	2.838.304	1.462.218	135.085
confronto scenari (%)				
TAL QUALE	100	100	100	100
EURO I	72	51	58	56
EURO I-II	69	50	52	48
EURO I-III	57	47	31	24
EURO II	56	31	43	47
EURO II-III	44	29	22	22
EURO III	28	11	18	21
EURO II no comm	62	35	70	78
EURO III no comm	40	16	56	64