

**STRUTTURA COMPLESSA DIPARTIMENTO TERRITORIALE DI CUNEO
PIEMONTE SUD OVEST**

OGGETTO: Cuneo – Fraz. Spinetta. Monitoraggio della qualità dell'aria nel periodo 4 giugno - 30 luglio 2015. Monitoraggio dei microinquinanti organici nel periodo ottobre 2012 – dicembre 2015

Realizzazione del monitoraggio	Bardi Luisella Martini Sara Pellutiè Aurelio	Corino Flavio Pascucci Luca Tosco Marco
Redazione	Funzione: Collab. Tecnico Professionale Nome: Bardi Luisella Funzione: Collab. Tecnico Professionale Nome: Martini Sara	Firma: Firmato in originale
Verifica ed approvazione Data: 21/03/2016	Funzione: Responsabile Produzione Nome: Riccardi Ivo	Firma: Firmato in originale

INDICE

INTRODUZIONE	3
ANALISI DEI DATI DELLA QUALITA' DELL'ARIA	7
BIOSSIDO DI AZOTO – NO ₂	7
MATERIALE PARTICOLATO – PM ₁₀	15
BIOSSIDO DI ZOLFO – SO ₂ MONOSSIDO DI CARBONIO – CO e BENZENE	18
OZONO – O ₃	19
MICROINQUINANTI ORGANICI: PCDD-PCDF e PCB	21
SITUAZIONE METEOROLOGICA E DATI LOCALI	26
CONCLUSIONI.....	29
ALLEGATO I.....	1
Sintesi dei risultati della campagna	1
ALLEGATO II.....	3
Gli inquinanti della qualità dell'aria e limiti normativi	3

INTRODUZIONE

La relazione illustra i risultati del monitoraggio della qualità dell'aria effettuato nel periodo compreso tra il 4 giugno ed il 30 luglio 2015, e dei periodici campionamenti di aria ambiente finalizzati alla ricerca di microinquinanti organici, realizzati dall'ottobre 2012 al dicembre 2015, nella località Spinetta del comune di Cuneo.

E' stato scelto di eseguire con il laboratorio mobile della qualità dell'aria una nuova campagna di monitoraggio nel sito delle scuole elementari di via Gauteri, per "aggiornare" i dati sulla qualità dell'aria di tale sito che era stato oggetto di una prima campagna di monitoraggio dal settembre 2011 al gennaio 2012, e, in particolare, per valutare l'influenza dei grossi impianti industriali del comparto cementiero e del vetro presenti in prossimità di questo sito.

Dai risultati del primo monitoraggio condotto nel sito di Spinetta¹, nonostante la prossimità con l'industria di produzione del vetro, non erano state evidenziate ricadute particolari delle emissioni di questa azienda, mentre era stata riscontrata una netta influenza delle emissioni dell'industria locale di produzione del cemento. Quest'ultima contribuiva a determinare livelli di concentrazione di biossido di azoto prossimi ai valori più elevati misurati dalle centraline fisse della rete provinciale. La peculiarità del sito era risultata infatti l'essere sottovento a tale polo industriale durante le ore notturne, tipicamente caratterizzate da brezza di monte e da stabilità atmosferica che impedisce la diluizione verticale dei fumi emessi in atmosfera e ne favorisce il trasporto da parte del vento a distanza dalla sorgente.

Evidenze di tali ricadute erano anche state rilevate dalle campagne di monitoraggio eseguite, tra il 2011 ed il 2014, con campionatori passivi di biossido di azoto sul territorio della bassa Valle Vermenagna e della pianura bovesana e cuneese².

Si è deciso di eseguire un secondo monitoraggio con il laboratorio mobile per indagare ulteriormente sia le ricadute del polo cementiero, anche alla luce delle modifiche imposte alle emissioni a seguito del rinnovo dell'Autorizzazione Integrata Ambientale dell'azienda, sia l'influenza della vicina industria di produzione del vetro, che vede approssimarsi la fine vita tecnica del forno float e che pertanto, per la prosecuzione dell'attività, dovrà essere oggetto di rinnovamento ed implementazione.

Il monitoraggio è stato eseguito con il laboratorio mobile del Dipartimento Arpa di Cuneo, che permette di analizzare i principali inquinanti per i quali sono fissati dei limiti dal Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155, in attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa (ozono O₃, ossidi di azoto NO-NO₂-NO_x, monossido di carbonio CO, biossido di zolfo SO₂, benzene e materiale particolato PM₁₀).

Si ricorda che le indagini che si svolgono con laboratorio mobile e con la strumentazione portatile descrivono in modo puntuale le situazioni di un limitato periodo temporale di acquisizione, producendo dati ovviamente influenzati dalle condizioni meteorologiche presenti nel periodo di osservazione. Per questo motivo la descrizione corretta della qualità dell'aria di una specifica località, non può far riferimento ai soli monitoraggi eseguiti in loco con campagne effettuate con mezzi mobili.

Il ventaglio delle differenti tipologie di qualità dell'aria che si possono incontrare nelle varie zone degli agglomerati urbani del nostro territorio sono invece rappresentate dai dati raccolti da una rete complessa di centraline fisse, quale il "sistema regionale di

¹ Studio sulla qualità dell'aria nel territorio della bassa Valle Vermenagna e del Cuneese – marzo 2011 – maggio 2012. Arpa Dipartimento provinciale di Cuneo, 3 dicembre 2012 Prot. N. 123225

² Determinazione della concentrazione di biossido di azoto in atmosfera mediante campionatori passivi – giugno 2014. Arpa Dipartimento provinciale di Cuneo, 30 gennaio 2015 Prot. N. 6893

rilevamento della qualità dell'aria", istituito sulla base dei criteri indicati dalle norme nazionali, in recepimento di direttive comunitarie.

In questo documento un capitolo è dedicato ai principali risultati ottenuti per i singoli inquinanti monitorati della qualità dell'aria. In particolare i dati forniti dal laboratorio mobile sono stati confrontati con quelli registrati, nei medesimi periodi, dalle stazioni della rete fissa. Solamente da tale confronto è possibile trarre considerazioni sul rispetto di limiti normativi che hanno spesso l'intero anno civile come riferimento temporale. Un approfondimento particolare è stato riservato alla presentazione dei risultati ottenuti dall'analisi dei dati di biossido di azoto, in relazione alla provenienza dei venti e ai dati emissivi dello stabilimento di produzione del cemento.

Nel terzo capitolo sono presentati i risultati delle campagne di monitoraggio dei microinquinanti organici presenti nell'aria ambiente che, a partire dall'ottobre 2012 vengono periodicamente campionati presso la scuola di via Gauteri mediante l'utilizzo di un campionatore ad alto volume messo a disposizione dal Polo Microinquinanti dell'Arpa.

Nel capitolo successivo è stata descritta la situazione meteorologica del periodo di monitoraggio, in particolare per gli aspetti che più condizionano i livelli dell'inquinamento atmosferico, ed è presente un'analisi dei principali parametri meteorologici misurati nel sito dal laboratorio mobile, o dalle stazioni della rete meteorologica regionale più prossime.

In allegato è riportata una reportistica con le principali informazioni statistiche di ogni inquinante monitorato (concentrazione media, massima oraria ecc...) e, ove possibile, il confronto con i limiti normativi. Un secondo allegato contiene delle schede descrittive delle caratteristiche di ciascuno degli inquinanti della qualità dell'aria monitorati, insieme ai riferimenti normativi in vigore.

La maggior parte delle elaborazioni sono state realizzate con il software R, in particolare con il pacchetto Openair³, strumento open-source per l'analisi e l'elaborazione statistica dei dati di concentrazione di inquinanti in aria.

³ Carslaw, D.C. and K. Ropkins (2012). "openair – an R package for air quality data analysis". Environmental Modelling & Software. Volume 27-28, pp. 52-61

Carslaw, D.C. (2015). "The openair manual – open-source tools for analysing air pollution data". Manual for version 1.1-4, King's College London

Comune	CUNEO – Fraz. SPINETTA
--------	-------------------------------

Ortofoto - indicazione del sito di monitoraggio con il laboratorio mobile



LABORATORIO MOBILE

Localizzazione	Via Gauteri 10, cortile scuola primaria
Coordinate UTM WGS84	X= 386168 m; Y= 4914758 m
Periodo	dal 4 giugno al 30 luglio 2015



Strumentazione Laboratorio mobile:

PARAMETRO MISURATO	STRUMENTO	MODELLO	METODO DI MISURA
NO – NO ₂	Analizzatore API	200E	Chemiluminescenza
CO	Analizzatore API	300E	Spettrometria a infrarossi
Benzene, Toluene, Xilene	Analizzatore SYNTECH SPECTRAS	GC955 BTX ANALYSER	Gascromatografia con rilevatore a fotoionizzazione
SO ₂	Analizzatore API	100E	Fluorescenza
O ₃	Analizzatore API	400E	Assorbimento UV
PM ₁₀	Analizzatore UNITECH	LSPM10	Nefelometria
PM ₁₀	Campionatore TCR TECORA	Charlie HV-Sentinel PM	Gravimetria
Velocità e direzione vento, radiazione solare globale, temperatura, umidità, pressione	Stazione meteorologica LSI-Lastem		

ANALISI DEI DATI DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

BIOSSIDO DI AZOTO – NO₂

La normativa per la qualità dell'aria stabilisce, ai fini della protezione della salute umana, due limiti di concentrazione che, per gli ossidi di azoto, riguardano il biossido: uno relativo alla media annuale (40 µg/m³) e l'altro alla media su un'ora (200 µg/m³ da non superare più di 18 volte per anno civile).

Le concentrazioni medie e massime orarie di NO₂ rilevate dal laboratorio mobile durante il monitoraggio nel sito di Spinetta sono riportate nella tabella 1, insieme ai valori ottenuti, nello stesso periodo, dalle centraline della rete fissa di qualità dell'aria presenti nella provincia di Cuneo.

Il biossido di azoto viene infatti monitorato in tutte le centraline della rete fissa le quali, ognuna rappresentativa di una realtà specifica, forniscono nell'insieme un intervallo di concentrazioni che ben descrive la qualità dell'aria media incidente sul territorio. Nella tabella è indicata anche la tipologia delle diverse stazioni (TU= traffico urbano, FU= fondo urbano, FR= fondo rurale) definite secondo quanto stabilito dal Decreto Legislativo n. 155 del 2010.

La distribuzione di tutti i valori delle concentrazioni orarie di NO₂ rilevate dal laboratorio mobile durante il monitoraggio a Spinetta è rappresentata, nella figura 1, con grafici a box e confrontata con quelle ottenute, nello stesso periodo, dalle centraline della rete fissa della provincia.

Il box plot sintetizza la posizione dei più di 1300 dati orari ottenuti nella campagna di misura: la scatola, che è il rettangolo centrale, contiene il 50% dei dati (compresi tra il 25° e il 75° percentile⁴), la linea orizzontale al suo interno è la mediana e la sua posizione all'interno della scatola evidenzia l'eventuale asimmetria (solo in caso di distribuzione simmetrica media e mediana coincidono); i segmenti che escono dalla scatola, i "baffi", delimitano la zona al di fuori della quale i valori sono definiti outliers (anomali) ed esprimono l'asimmetria della distribuzione dei dati degli inquinanti.

Relativamente al periodo di monitoraggio, si può affermare che il limite normativo orario è stato rispettato, infatti la concentrazione massima oraria è ampiamente inferiore al limite di 200 µg/m³.

Per quanto riguarda le concentrazioni medie, fare un confronto diretto con il limite annuale non è corretto, poiché le campagne di monitoraggio si riferiscono ad un intervallo di tempo limitato rispetto all'intero anno. Per valutare l'entità di tali valori medi è indispensabile esaminare il confronto con i valori registrati dalle centraline della rete fissa. Nel raffronto dei dati in tabella 1 si osserva come il valore medio delle concentrazioni di NO₂ registrate presso la scuola elementare di Spinetta sia, nel periodo in analisi, inferiore a quello della vicina stazione di fondo urbano di Cuneo. I test statistici eseguiti definiscono i dati misurati a Spinetta come inferiori in media anche a quelli registrati ad Alba, che fra le stazioni urbane ha presentato nel periodo in analisi la concentrazione media di NO₂ inferiore. Sebbene il periodo di monitoraggio sia limitato, per avere un'indicazione sul rispetto del limite normativo annuale si può considerare che per tutte stazioni della provincia le concentrazioni medie annuali di NO₂, dopo il 2008, sono sempre state inferiori al limite normativo di 40 µg/m³.

⁴ Percentile di ordine k (P_k) è il numero che suddivide la successione dei valori ordinati in senso crescente in due parti, tali che i valori minori o uguali a P_k siano una percentuale uguale a k%. La mediana corrisponde al 50° percentile.

NO ₂ (µg/m ³) 4 giugno ÷ 30 luglio '15	Spinetta	Alba (FU)	Bra (TU)	Cuneo (FU)	Mondovì (TU)	Saliceto (FR)	Staffarda (FR)
Media	13	14	16	18	20	7	13
Massimo	68	49	53	68	60	16	42

Tabella 1) NO₂: confronto tra le concentrazioni medie e massime orarie rilevate a Spinetta e presso le centraline della provincia di Cuneo (tra parentesi è indicata la tipologia delle stazioni: TU= traffico urbano, FU= fondo urbano, FR= fondo rurale).

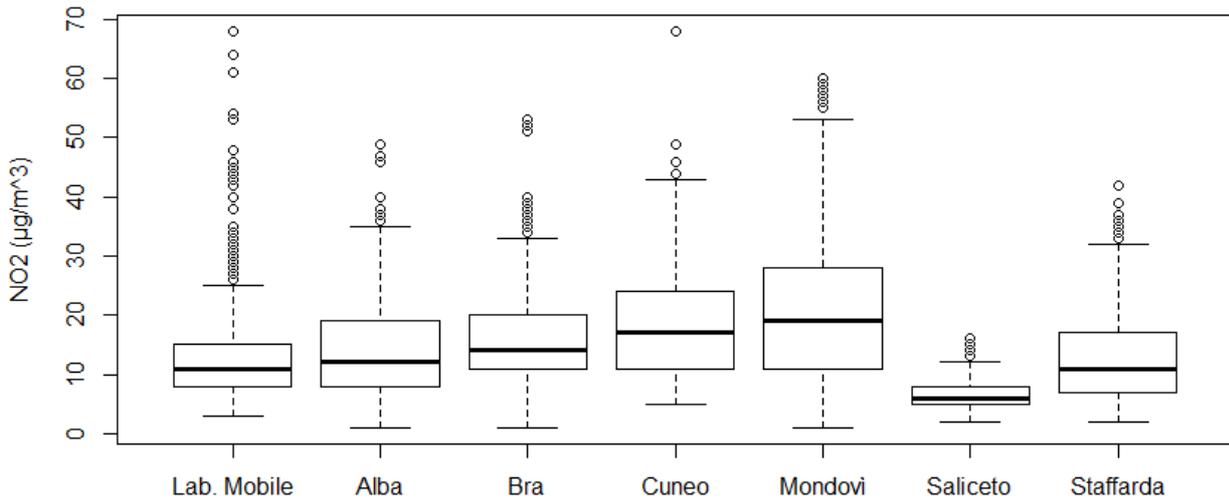


Figura 1) NO₂: confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni orarie rilevate con il laboratorio mobile a Spinetta e presso le centraline della provincia di Cuneo (periodo 4 giugno ÷ 30 luglio '15)

Il box plot relativo ai dati del laboratorio mobile evidenzia, per la maggior parte dei dati, valori contenuti rispetto a quelli delle stazioni fisse della rete, ma anche la presenza di numerosi dati "anomali" (maggiori al baffo superiore), con valori anche superiori a quelli delle stazioni della rete.

Nella figura 2 è rappresentata la sequenza temporale delle concentrazioni medie orarie di NO₂ misurate nella frazione di Spinetta e presso la vicina centralina fissa di Cuneo-Alpini. Si individuano, nel primo periodo della campagna, eventi con concentrazioni misurate a Spinetta maggiori di quelle rilevate a Cuneo.

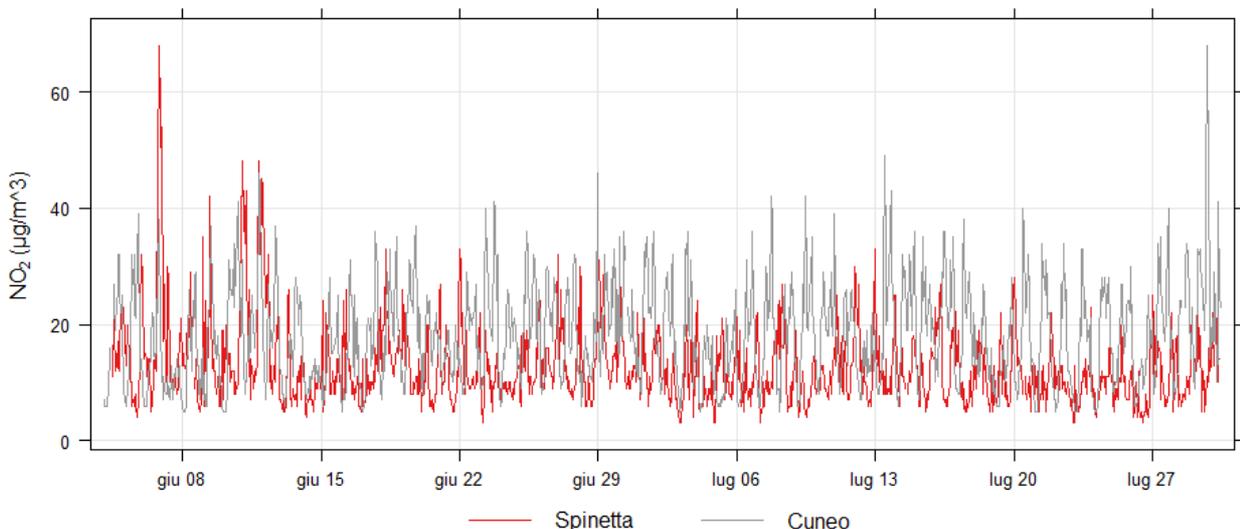


Figura 2) NO₂: concentrazioni medie orarie rilevate dal laboratorio mobile nel sito di Spinetta e presso la centralina di Cuneo.

Per questo inquinante gli andamenti delle settimane medie su base oraria, ottenute mediando i dati rilevati alla stessa ora dei diversi giorni della settimana, per i siti di Spinetta e della centralina di fondo urbano di Cuneo sono confrontati nella figura 3. La fascia colorata dei grafici rappresenta l'intervallo di confidenza al 95% della media.

Le concentrazioni della settimana media di Cuneo presentano il tipico andamento ricorrente condizionato dalle attività antropiche, che generalmente determinano un aumento delle concentrazioni durante le ore diurne, con picchi nelle ore di punta del traffico e una riduzione nei giorni di fine settimana. I dati di Spinetta presentano invece un andamento anomalo, con concentrazioni notevolmente inferiori a quelle di Cuneo nelle ore diurne, ma per lo più superiori nelle ore notturne, in particolare nelle prime ore del giorno.

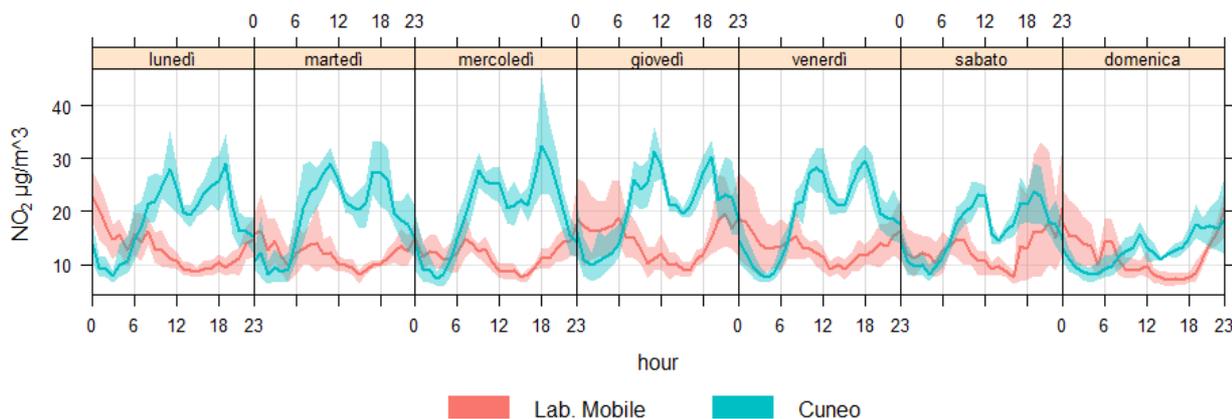


Figura 3) NO₂: settimana media su base oraria della campagna di monitoraggio di Spinetta confrontata con quelle della centralina fissa di Cuneo (periodo 4 giugno ÷ 30 luglio '15).

Analisi dell'influenza dell'industria locale

Sebbene le concentrazioni di biossido di azoto misurate a Spinetta nella campagna dell'estate 2015 siano mediamente molto contenute, a causa della presenza di alcuni valori superiori a quelli delle centraline, dell'andamento del giorno medio, e dell'esperienza della precedente campagna svolta tra il settembre 2011 ed il gennaio 2012, si è reputato opportuno approfondire ulteriormente le elaborazioni dei dati.

Le concentrazioni orarie di NO₂ misurate a Spinetta sono state analizzate in relazione ai corrispondenti dati di velocità e direzione del vento. Nel grafico di figura 4 le concentrazioni medie orarie di NO₂ sono state rappresentate in coordinate polari dove ogni punto è identificato da un angolo, che individua la direzione di provenienza del vento, da una distanza dal centro, che indica la velocità del vento, e da un colore che rappresenta, secondo la scala indicata nella legenda a fianco, la concentrazione media di NO₂ corrispondente a quei valori di direzione e velocità del vento.

Da questo grafico si deduce che mediamente le concentrazioni più elevate si sono verificate in corrispondenza di vento proveniente da SudOvest, ovvero dalla direzione dell'imbocco della valle Vermenagna, e velocità comprese tra circa 0.5 e 1.5 m/s.

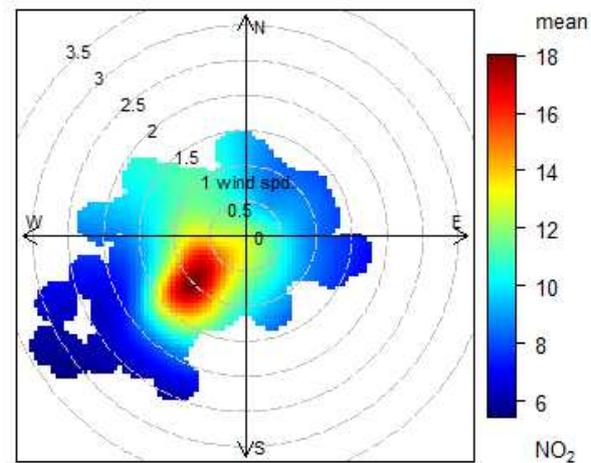
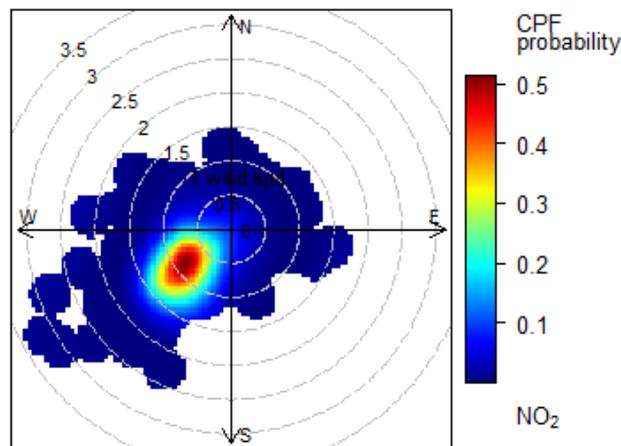


Figura 4) NO₂: concentrazioni medie in funzione della direzione di provenienza del vento e della sua velocità.

Nel grafico di figura 5, a differenza del precedente, per ogni punto del piano è calcolata, anziché la concentrazione media, la probabilità che la concentrazione, misurata in corrispondenza di quella determinata velocità e direzione del vento, superi una determinata soglia (scelta in questo caso come 75° percentile di tutte le concentrazioni misurate, che per la campagna in corso corrisponde a 15 µg/m³). Il grafico dimostra come le concentrazioni medie orarie superiori al 75° percentile si siano verificate in condizioni di vento da SudOvest e velocità compresa tra 0.7 e 1 m/s circa.



CPF (15 to 68)

Figura 5) NO₂: probabilità del verificarsi di concentrazioni superiori a 15 µg/m³ in funzione della direzione di provenienza del vento e della sua velocità (CPF Conditional Probability Function).

Vista la direzione di provenienza del vento corrispondente agli episodi con maggiori concentrazioni di NO₂, come già era stato fatto per l'analisi dei dati misurati nel 2011-2012, ai dati registrati dal laboratorio mobile sono state associate le corrispondenti informazioni relative al funzionamento dei due forni dello stabilimento cementiero locale. Tali dati sono acquisiti dagli uffici scriventi tramite il Sistema di Monitoraggio in continuo delle Emissioni in atmosfera (S.M.C.E.) di cui l'azienda si è dovuta dotare in recepimento delle prescrizioni autorizzative.

Durante il monitoraggio con il laboratorio mobile a Spinetta la situazione emissiva del cementificio si è presentata con due configurazioni: periodi con entrambi i forni accesi e periodi con un solo forno attivo.

In ciascuno dei tre grafici seguenti sono rappresentate le distribuzioni delle concentrazioni orarie suddivise a seconda che si trattasse di ore corrispondenti alla configurazione

emissiva con due forni accesi del cementificio oppure di un solo forno acceso. Nel primo grafico sono rappresentate le concentrazioni di NO₂ misurate a Spinetta e si vede subito come nel caso di due forni accesi le concentrazioni in questo sito siano state superiori a quelle registrate nelle ore con un solo forno attivo. Questo non si è verificato nel sito della centralina di Cuneo, i cui dati sono riportati nel secondo grafico. Il terzo grafico, con le concentrazioni misurate a Spinetta di benzene, inquinante non presente nelle emissioni del cementificio, è stato realizzato per verificare le caratteristiche dispersive dei due periodi: le minori concentrazioni ottenute per il benzene nel periodo con due forni accesi, dimostrano come tale periodo non sia stato caratterizzato da condizioni maggiormente favorevoli all'accumulo degli inquinanti e pertanto come le maggiori concentrazioni di NO₂ rilevate a Spinetta in tali ore, non siano attribuibili a peggiori condizioni dispersive.

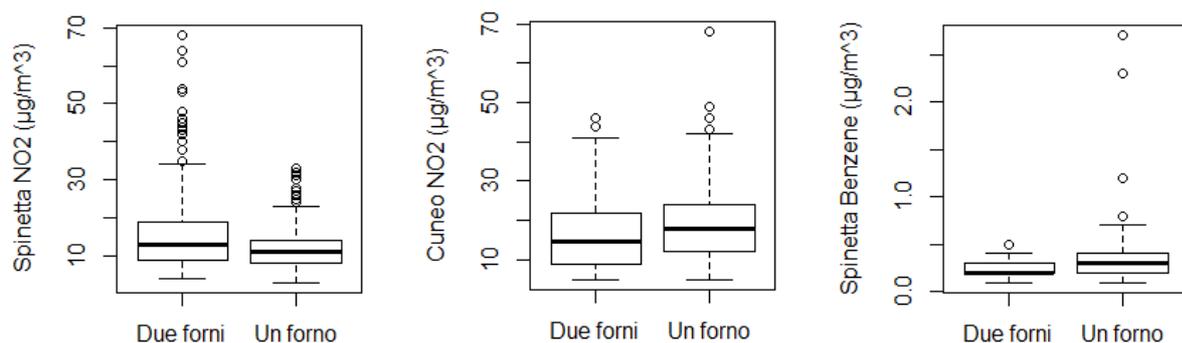


Figura 6) In ciascun grafico confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni orarie nei casi di due forni accesi e un solo forno acceso. 1° grafico: NO₂ misurato a Spinetta, 2° grafico: NO₂ misurato a Cuneo, 3° grafico: Benzene misurato a Spinetta.

Nei due grafici di figura 7 sono rappresentati i giorni medi delle concentrazioni di NO₂ di Spinetta e Cuneo nei casi di due forni attivi (grafico di sinistra) ed un solo forno acceso (grafico di destra). Nel grafico di sinistra la maggiore ampiezza dell'intervallo di confidenza al 95%, rappresentato dalla banda colorata, è dovuta al minor numero di ore con la corrispondente configurazione emissiva (262 ore con due forni accesi e 1009 ore con un solo forno acceso). Nel confronto tra i due grafici si osserva come le maggiori concentrazioni misurate a Spinetta nel periodo con due forni attivi si siano verificate principalmente a partire dal tardo pomeriggio-sera fino alle prime ore del mattino.

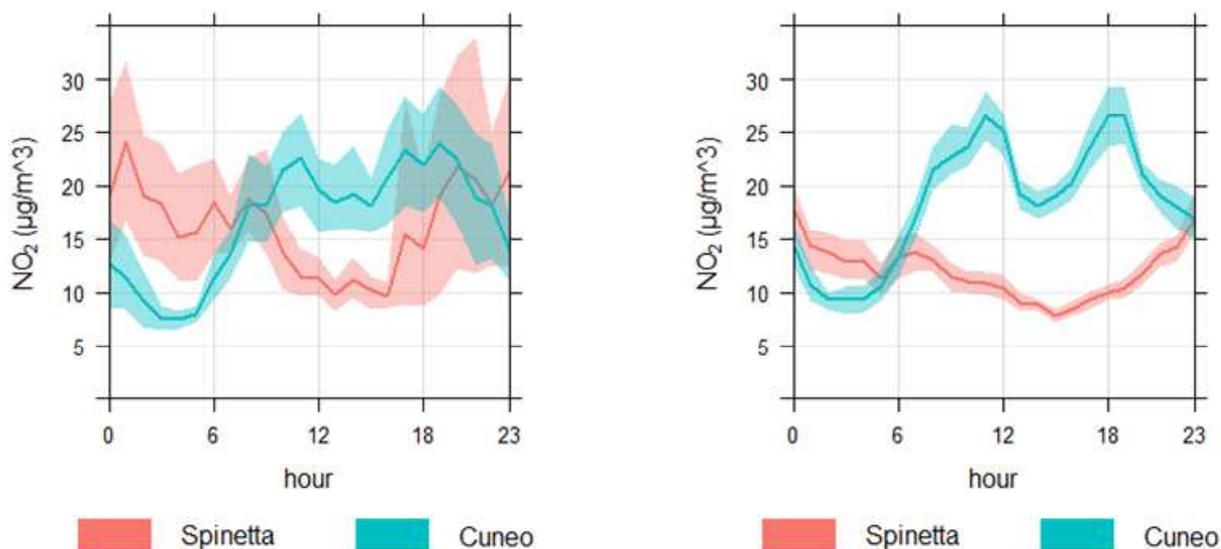


Figura 7) NO₂: confronto tra i giorni medi di Spinetta e Cuneo nel caso di due forni accesi (grafico di sinistra) e un solo forno acceso (grafico di destra)

Ulteriori elaborazioni dei dati sono state eseguite con grafici in coordinate polari aggiungendo la variabile della quantità di ossidi di azoto emessi in atmosfera dai forni del cementificio.

In particolare i dati orari sono stati suddivisi secondo tre intervalli emissivi: a) ore corrispondenti a emissioni di NO_x inferiori a 90 kg/h, b) ore con emissioni comprese tra 90 e 180 kg/h; c) ore con emissioni superiori a 180 kg/h.

Nei grafici di figura 8 i polar plot della concentrazione media di NO₂ misurata a Spinetta per i tre intervalli emissivi dimostrano come il variare delle emissioni dell'azienda influenzi direttamente i valori delle concentrazioni misurate nel sito.

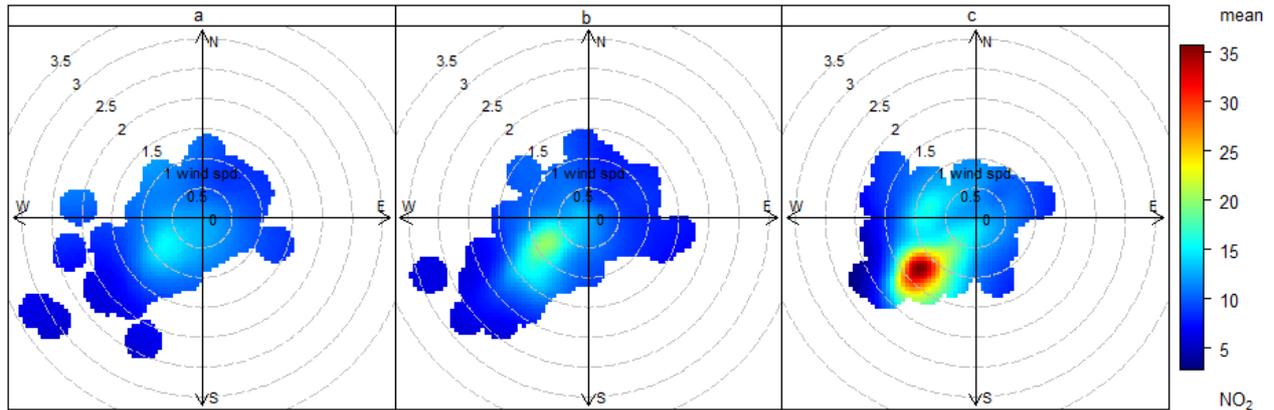


Figura 8) NO₂: concentrazioni medie in funzione della direzione di provenienza del vento e della sua velocità per tre intervalli emissivi del cementificio. a) emissioni di NO_x inferiori a 90 kg/h, b) emissioni comprese tra 90 e 180 kg/h; c) emissioni superiori a 180 kg/h.

Analogamente i grafici di figura 9 dimostrano come concentrazioni superiori al 75° percentile di tutta la campagna di misura di Spinetta, si verifichino con probabilità crescenti all'aumentare delle emissioni dell'impianto.

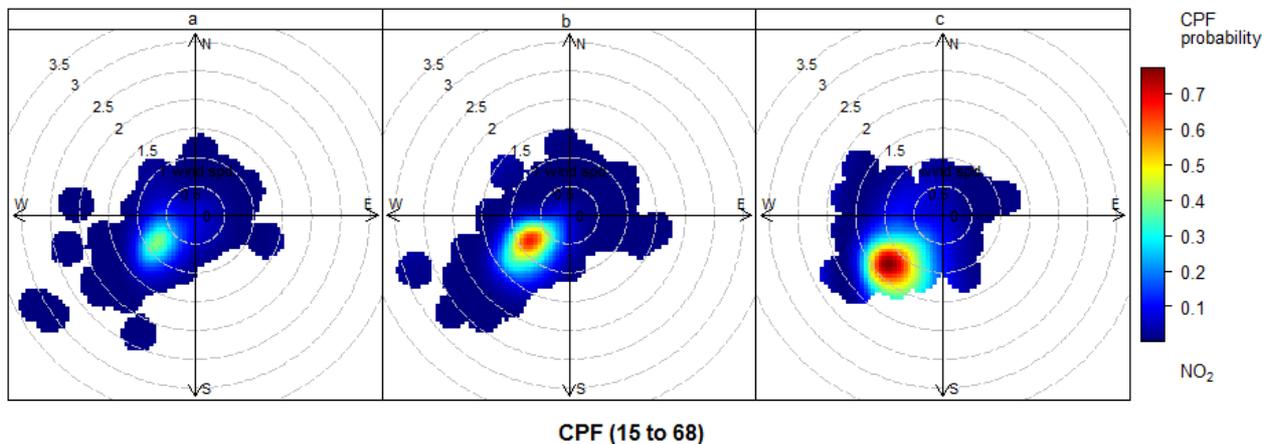
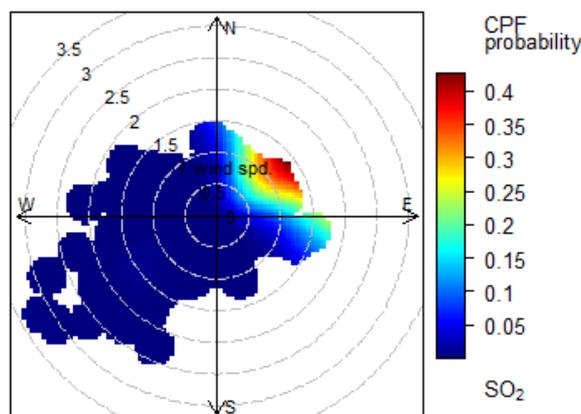


Figura 9) NO₂: probabilità del verificarsi di concentrazioni superiori a 15 µg/m³ in funzione della direzione di provenienza del vento e della sua velocità per tre intervalli emissivi del cementificio. a) emissioni di NO_x inferiori a 90 kg/h, b) emissioni comprese tra 90 e 180 kg/h; c) emissioni superiori a 180 kg/h.

Il sito in cui è stato eseguito il monitoraggio con il laboratorio mobile nella località di Spinetta si conferma pertanto come direttamente condizionato dalle emissioni dell'industria di produzione del cemento. Ciò a causa del regime di brezza monte-valle che caratterizza la zona e della sua particolarità di essere sottovento al sito industriale durante le ore notturne (si veda la rosa dei venti di figura 26). La stabilità dell'atmosfera, tipica di tali ore, impedisce la diluizione verticale dei fumi emessi e ne favorisce il trasporto da parte del vento a distanza dalla sorgente. Si noti che quanto sopra illustrato per il sito di Spinetta non è stato evidenziato per i dati misurati presso la centralina di Cuneo.

Solamente un episodio, verificatosi il 30 giugno in corrispondenza di un'anomalia segnalata dal Sistema di Monitoraggio in continuo delle Emissioni in atmosfera della vicina azienda di produzione del vetro, potrebbe essere attribuibile alle ricadute delle emissioni di questa azienda, posta a Nord Est rispetto al punto di misura. Durante tale episodio sono stati misurati alcuni valori "anomali" rispetto agli altri valori misurati, esclusivamente però per il biossido di zolfo. Si è trattato comunque di valori molto contenuti (valore massimo misurato di $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a fronte di limite orario di $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Nella figura seguente è rappresentata, con coordinate polari in funzione di velocità e direzione vento, la probabilità che la concentrazione di SO_2 misurata nel sito di Spinetta superi la soglia dell'80° percentile di tutte le concentrazioni registrate, corrispondente in questo caso a $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



CPF (9 to 15)

Figura 10) SO_2 : probabilità del verificarsi di concentrazioni superiori a $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in funzione della direzione di provenienza del vento e della sua velocità (CPF Conditional Probability Function).

I livelli delle concentrazioni del biossido di azoto a Spinetta continuano quindi ad essere influenzati non tanto dalla fonte emissiva più prossima all'abitato (vetreria), ma da un'altra fonte emissiva, decisamente più distante e apparentemente separata da un ostacolo geomorfologico costituito dalla dorsale della destra orografica della bassa Valle Vermenagna. Le due fonti emissive si trovano rispettivamente a 1,9 km (vetreria) e circa 9,7 km (cementeria).

L'aspetto importante che emerge però dai dati dell'ultima campagna è la diminuzione dei livelli di concentrazione di biossido di azoto rispetto a quelli della precedente campagna del 2011-2012. Il confronto è riportato nel paragrafo seguente.

Confronto con i risultati del precedente monitoraggio

Nella precedente campagna di monitoraggio, svolta a Spinetta nel periodo compreso tra il 9 settembre 2011 e l'11 gennaio 2012, erano emersi livelli di concentrazioni di NO_2 prossimi ai valori più elevati misurati dalle centraline fisse della rete provinciale⁵.

Data l'influenza della stagione e delle condizioni meteorologiche sulle concentrazioni degli inquinanti, non è possibile eseguire un confronto diretto tra i valori assoluti ottenuti nelle due campagne, mentre è ragionevole confrontare il loro rapporto con i valori misurati negli stessi periodi dalle stazioni fisse della rete di monitoraggio, in particolare prendendo come riferimento i livelli misurati dalla vicina stazione fissa di Cuneo.

Nella tabella seguente sono riportati i valori medi e massimi di NO_2 rilevati dal laboratorio mobile nel sito di Spinetta e dalle stazioni della rete durante la prima campagna, nella figura 11 le distribuzioni di tutte le concentrazioni orarie di NO_2 rilevate durante il periodo di questo primo monitoraggio (si confrontino tabella e grafico con quelli di pag 8). Esso era stato svolto per buona parte all'interno del periodo dell'anno peggiore per l'inquinamento

⁵ Studio sulla qualità dell'aria nel territorio della bassa Valle Vermenagna e del Cuneese – marzo 2011 + maggio 2012. Arpa Dipartimento provinciale di Cuneo, 3 dicembre 2012 Prot. N. 123225

atmosferico, pertanto le concentrazioni presentavano, anche presso le centraline fisse, valori molto più alti di quelli misurati durante la campagna dell'estate 2015, stagione in cui gli inquinanti vengono diluiti in uno strato di atmosfera di dimensioni maggiori e pertanto presentano comunemente concentrazioni inferiori.

NO ₂ (µg/m ³) 9 sett. '11 ÷ 11 gen. '12	Spinetta	Alba (FU)	Bra (TU)	Cuneo (FU)	Borgo S.D. (TU)	Saliceto (FR)
Media	40	41	38	35	41	22
Massimo	99	124	103	113	113	97

Tabella 2) NO₂: confronto tra le concentrazioni medie e massime orarie rilevate a Spinetta nella prima campagna di monitoraggio e presso le centraline della provincia di Cuneo allora in funzione (tra parentesi è indicata la tipologia delle stazioni: TU= traffico urbano, FU= fondo urbano, FR= fondo rurale).

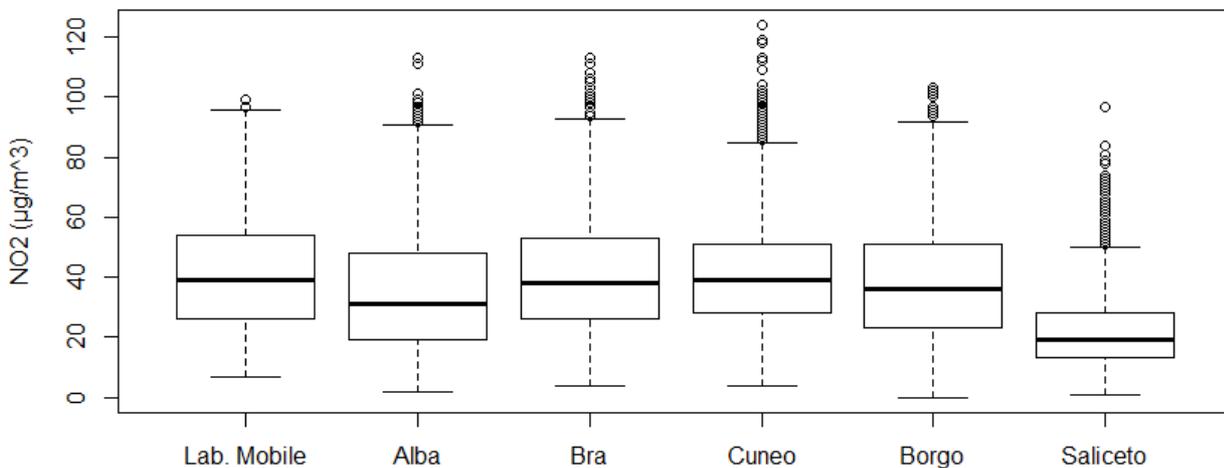


Figura 11) NO₂: confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni orarie rilevate a Spinetta nella prima campagna di monitoraggio e presso le centraline della provincia di Cuneo allora in funzione (periodo 9 settembre '11÷ 11 gennaio '12)

Elaborando i dati con test statistici, nella campagna eseguita nel 2011 le concentrazioni del biossido di azoto misurate nella località di Spinetta erano risultate significativamente superiori in media a quelle rilevate presso la centralina di Cuneo. Nella campagna del 2015 le concentrazioni del sito di Spinetta risultano invece statisticamente inferiori, in media, a quelle di Cuneo.

In particolare, in rapporto alle concentrazioni misurate a Cuneo, le concentrazioni rilevate a Spinetta nell'ultima campagna presentano una riduzione del 37%, corrispondente alla riduzione individuata sui dati, acquisiti dallo SMCE, dei quantitativi di ossidi di azoto emessi dai camini dei due forni dell'impianto locale di produzione del cemento.

Rispetto agli ossidi di azoto emessi nel periodo del monitoraggio del 2011-2012, quelli emessi nel periodo della campagna 2015 presentano infatti una riduzione, superiore ma consona a quanto richiesto con la modifica del limite autorizzativo imposto alle emissioni dell'impianto a seguito dell'iter di rinnovo dell'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA).

Con la nuova AIA ottenuta dall'azienda è stata imposta una riduzione considerevole del limite autorizzativo alle emissioni di ossidi di azoto dell'impianto (dai 700 mg/Nm³ in vigore fino a giugno 2014, agli attuali 500 mg/Nm³, diventeranno 450 mg/Nm³ dall'aprile 2017).

MATERIALE PARTICOLATO – PM₁₀

La normativa vigente per la qualità dell'aria prevede la determinazione della concentrazione media giornaliera di PM₁₀ eseguita con metodo gravimetrico (condizionamento e pesatura dei filtri con bilancia di precisione prima e dopo il campionamento). Sul laboratorio mobile, oltre ad un campionatore gravimetrico, è presente uno strumento che utilizza la metodica nefelometrica, che si basa sulla determinazione dell'intensità della luce diffusa dagli aerosol e consente di ottenere misure con cadenza oraria.

Nella figura 12 le concentrazioni giornaliere di PM₁₀ del sito di Spinetta, misurate con tecnica gravimetrica a partire dal 9 giugno, sono confrontate con l'intervallo di concentrazioni definito dai dati rilevati dalle centraline della rete fissa della provincia di Cuneo in cui il particolato viene misurato (in grigio).

Da questo grafico si può osservare come, sia gli andamenti sia i valori delle concentrazioni registrate a Spinetta, siano in buon accordo tra loro e con i dati misurati nello stesso periodo dalle centraline della rete fissa.

Ciò è legato alle caratteristiche che contraddistinguono il particolato sottile, in particolare al lungo tempo di permanenza nell'aria (da giorni a settimane) di questo inquinante che ne consente il trasporto su grandi distanze e lo rende ubiquitario su vasta scala. Questa peculiarità fa sì che le variazioni nel tempo delle concentrazioni siano principalmente condizionate da fattori meteorologici. Concentrazioni maggiori sono riscontrate, proprio per questo, nei periodi freddi dell'anno; in particolare, i periodi invernali, con situazioni anticicloniche persistenti e precipitazioni limitate, favoriscono l'accumulo delle polveri atmosferiche e sono perciò caratterizzati da concentrazioni elevate, mentre nei periodi estivi la consistente altezza dello strato di rimescolamento dell'atmosfera consente la diluizione degli inquinanti in volumi molto più ampi e pertanto determina valori di concentrazione più bassi.

Sempre da questa figura si può osservare come, a causa delle stagioni favorevoli alla diluizione degli inquinanti, su tutto il territorio coperto dalle centraline considerate, e anche nel sito di Spinetta, le concentrazioni siano state sempre al di sotto del limite giornaliero di 50 µg/m³.

Nel grafico sono riportati anche i millimetri di precipitazione cumulata registrati dalla stazione pluviometrica di Cuneo Cascina Vecchia. Si osserva come le precipitazioni atmosferiche determinino la riduzione delle concentrazioni delle polveri sottili; nel particolare di questa campagna di monitoraggio, eventi con precipitazioni si sono verificati nel mese di giugno ed hanno determinato il contenimento delle concentrazioni di PM₁₀ a livelli piuttosto bassi, mentre nel mese di luglio l'alta pressione persistente sul nord Italia ha favorito l'accumulo delle polveri sottili che, pur nel rispetto del limite giornaliero, ha portato a valori di concentrazioni "elevati" per il periodo estivo.

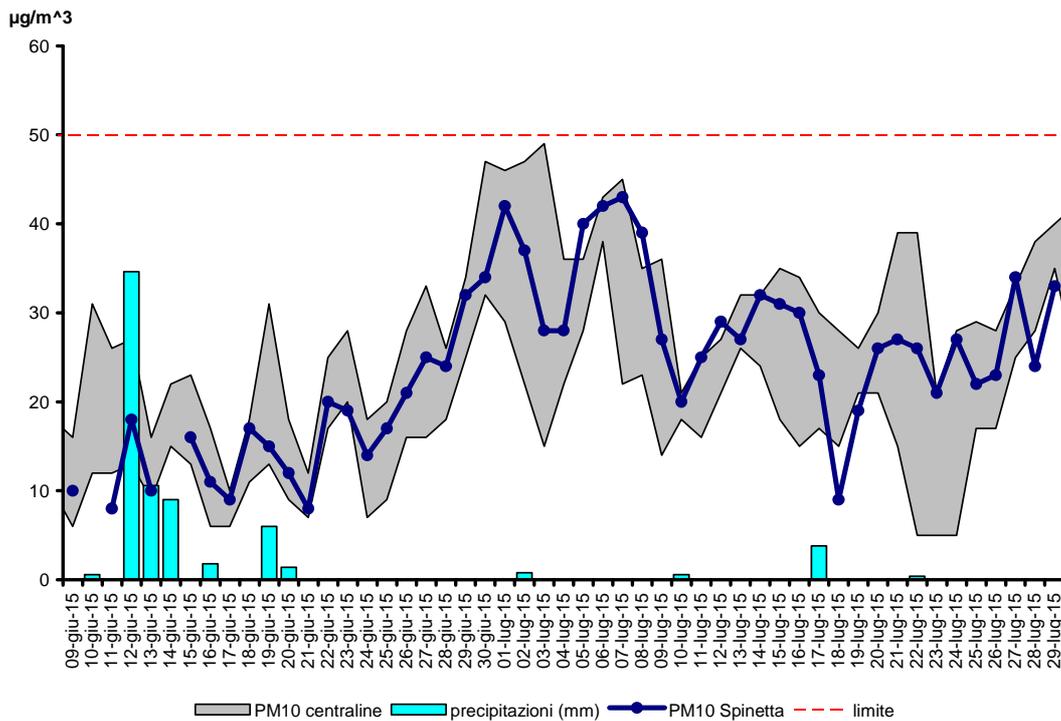


Figura 12) PM_{10} : concentrazioni medie giornaliere rilevate a Spinetta; intervallo di concentrazioni definito dai dati delle centraline della provincia di Cuneo; precipitazioni giornaliere registrate dalla stazione meteo di Cuneo.

Generalmente, tra le centraline della provincia, quelle di Cuneo e Mondovì, grazie alla loro collocazione geografica, sono caratterizzate da concentrazioni di polveri sottili più contenute di quelle rilevate dalle centraline di Alba e Bra che risentono maggiormente dell'inquinamento di fondo del bacino padano e per le quali il superamento, anche nel 2015, del limite stabilito per le concentrazioni giornaliere conferma una situazione di criticità per il PM_{10} .

Nella tabella seguente sono riportate concentrazioni medie e massime giornaliere misurate nella postazione di Spinetta insieme a quelle relative a ciascuna stazione fissa della provincia di Cuneo. Nel periodo in esame le differenze tra le diverse centraline risultano limitate e, come si può anche osservare anche dai box plot di figura 13, i dati di Spinetta si inseriscono all'interno dei valori rilevati dalla rete fissa ed in particolare della vicina stazione di fondo urbano di Cuneo.

PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 9 giugno ÷ 29 luglio '15	Spinetta	Cuneo (FU)	Mondovì (TU)	Saliceto (FR)	Alba (FU)	Bra (TU)
Media	24	24	22	18	26	25
Massimo	43	47	41	40	49	49
N. dati	49	50	38	49	49	48

Tabella 3) PM_{10} : confronto tra concentrazioni medie, massime giornaliere e numero di superamenti del limite giornaliero rilevati a Spinetta e presso le centraline della provincia di Cuneo (tra parentesi è indicata la tipologia delle stazioni: TU= traffico urbano, FU= fondo urbano, FR= fondo rurale).

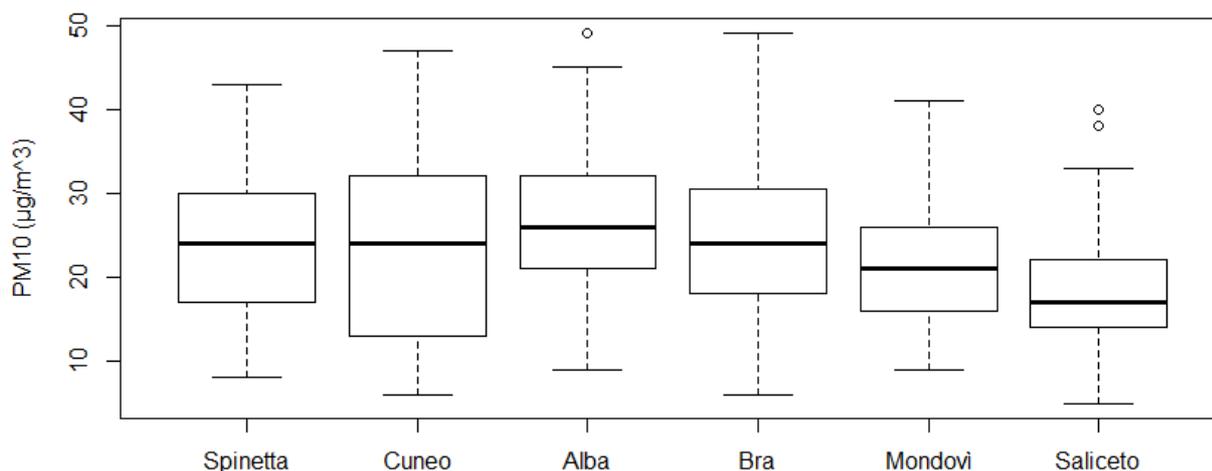


Figura 13) PM_{10} : confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni giornaliere rilevate a Spinetta, e presso le centraline della provincia di Cuneo (periodo 9 giugno ÷ 29 luglio '15)

I dati di PM_{10} acquisiti con cadenza oraria dal nefelometro del laboratorio mobile hanno permesso di elaborare il giorno medio, rappresentato nella figura seguente. La notevole ampiezza dell'intervallo di confidenza al 95%, rappresentato dalla fascia colorata, è indice della forte influenza che questo inquinante subisce da parte delle condizioni meteorologiche, che ne determinano le principali variazioni nel tempo delle concentrazioni. E' tuttavia ben visibile nel giorno medio l'influenza delle attività antropiche sulle concentrazioni di PM_{10} che determinano una crescita a partire dal mattino fino alla tarda sera, cui fa seguito una lenta decrescita. Ciò può essere spiegato con i lunghi tempi di permanenza in atmosfera del particolato e con i tempi necessari alla formazione della sua frazione "secondaria" che ne costituisce la parte preponderante e si origina in atmosfera dalla trasformazione di precursori quali NO_x , VOC, NH_3 ...

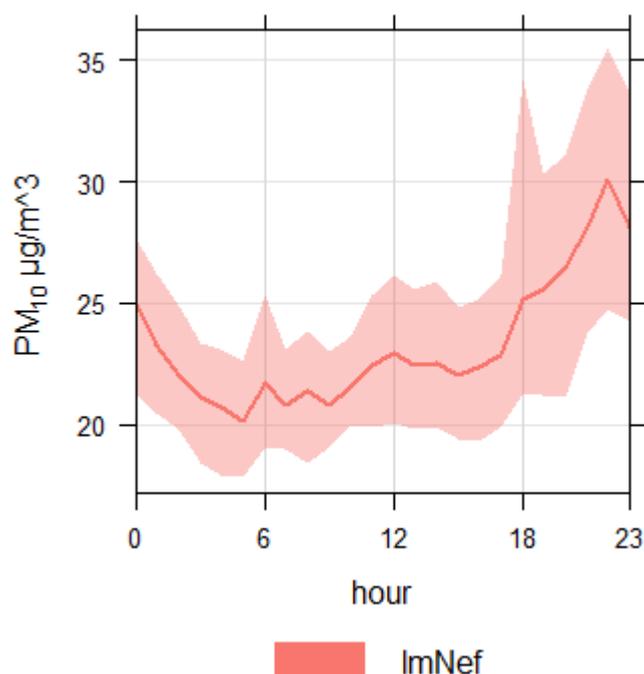


Figura 14) PM_{10} e NO_2 : giorno medio della campagna di monitoraggio svolta a Spinetta.

Per l'inquinamento da polveri sottili i dati della campagna di misura in oggetto confermano per il sito di Spinetta la situazione di analogia con i dati delle stazioni della rete di monitoraggio ed in particolare con quelli della vicina centralina di Cuneo. Tali risultati sono coerenti con quanto riscontrato nella precedente campagna di monitoraggio.

BIOSSIDO DI ZOLFO – SO₂ MONOSSIDO DI CARBONIO – CO e BENZENE

Il benzene ed il monossido di carbonio sono due inquinanti la cui emissione è legata principalmente al traffico veicolare, ma i cui quantitativi si sono notevolmente ridotti negli anni grazie ai miglioramenti tecnologici nei sistemi di combustione e le modifiche qualitative delle benzine. Sensibili miglioramenti sono stati riscontrati anche per il biossido di zolfo, che ha tra le sue sorgenti il traffico veicolare (6-7%), in particolare i motori diesel, e che era ritenuto fino agli anni '80 il principale inquinante atmosferico; con il progressivo miglioramento della qualità dei combustibili dovuto al minor contenuto di zolfo nei prodotti di raffinazione, ed il sempre più diffuso uso del gas metano, è diminuita sensibilmente la presenza di SO₂ nell'aria.

Per il **biossido di zolfo** il Decreto Legislativo 155/2010 prevede due classi di limiti per la protezione della salute umana: uno, relativo alla media oraria, pari a 350 µg/m³ da non superare più di 24 volte per anno civile e l'altro, per la media giornaliera, di 125 µg/m³ da non superare più di 3 volte per anno civile.

I valori orari misurati con il laboratorio mobile nel sito di Spinetta (valore massimo orario di 15 µg/m³), analogamente a quanto rilevato nei medesimi periodi presso le altre centraline della qualità dell'aria della provincia dove l'SO₂ viene monitorato, sono di due ordini di grandezza inferiori ai limiti normativi, e sono pertanto prossimi ai limiti di rilevabilità strumentali.

Per il **monossido di carbonio** la normativa stabilisce un valore limite per la protezione della salute umana di 10 mg/m³ come media massima giornaliera calcolata su 8 ore.

In provincia di Cuneo i valori di CO registrati dalla rete delle centraline fisse, molto al di sotto del limite sin dall'inizio delle misure, sono andati diminuendo e le concentrazioni medie su 8 ore si sono assestate negli ultimi cinque anni a valori inferiori a 2 mg/m³.

Nella campagna di Spinetta i valori rilevati sono analoghi a quanto rilevato nello stesso periodo dalle centraline della rete, con una massima concentrazione media su 8 ore pari a 0.5 mg/m³. Anche per questo inquinante i livelli sono ormai confrontabili con i limiti di rilevabilità degli strumenti di analisi.

Il Decreto Legislativo 155/2010 riprende per il **benzene** il valore limite per la protezione della salute umana già specificato dalla legislazione precedente di 5 µg/m³ su base annuale. Tale limite è ampiamente rispettato in tutto il territorio regionale, comprese le stazioni di traffico. A differenza delle centraline fisse, siccome il monitoraggio eseguito con il laboratorio mobile riguarda un intervallo di tempo limitato dell'anno, non è possibile trarre conclusioni dirette sul rispetto del limite annuale. Tuttavia, dal confronto con quanto rilevato nello stesso periodo presso le altre stazioni della provincia dove questo inquinante viene monitorato, si può desumere che anche nel sito di Spinetta non sussistano rischi di superamento del limite per tale inquinante. La concentrazione media ottenuta, pari a 0.3 µg/m³, è infatti del tutto analoga a quelle ottenute nello stesso periodo presso le altre stazioni.

OZONO – O₃

L'ozono presente nella parte bassa dell'atmosfera è un inquinante secondario, ovvero la sua formazione è legata alla presenza di altri inquinanti (precursori), quali ossidi di azoto e composti organici volatili, che reagiscono catalizzati da fattori meteorologici, in particolare dalla radiazione solare e dalla temperatura dell'aria. Conseguentemente questa molecola ha un andamento caratteristico nell'arco della giornata: concentrazioni più basse nelle ore notturne e nelle prime ore del mattino, che aumentano con l'innalzarsi della temperatura e della radiazione solare dalla tarda mattinata al pomeriggio. Analogamente l'ozono presenta un andamento stagionale in cui la concentrazione inizia a crescere in primavera per raggiungere valori massimi nei mesi estivi.

Il comportamento giornaliero si può appurare nella figura seguente, dove sono rappresentati i giorni medi delle concentrazioni misurate con il laboratorio mobile a Spinetta e di quelle registrate nello stesso periodo nella centralina fissa di Cuneo. I livelli di ozono di Spinetta nettamente inferiori a quelli di Cuneo durante le ore notturne possono essere attribuiti alle maggiori concentrazioni di ossidi di azoto che si verificano in queste ore a Spinetta rispetto al sito urbano, che determinano un maggiore consumo di ozono.

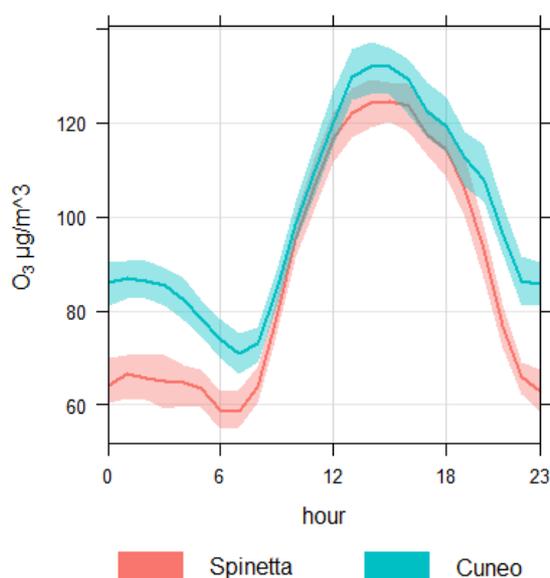


Figura 15) O₃: giorno medio delle campagne di Spinetta confrontato con quello della centralina fissa di Cuneo (periodo: 4 giugno ÷ 30 luglio '15).

Il Decreto Legislativo n. 155/2010 prevede, per le concentrazioni medie orarie di ozono, soglie di informazione e di allarme pari a 180 µg/m³ e 240 µg/m³ rispettivamente. Stabilisce inoltre un valore obiettivo per la protezione della salute umana, che fa riferimento ad una media massima giornaliera su 8 ore, e che è pari a 120 µg/m³ da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni, che attualmente viene disatteso in tutte le centraline della provincia.

Nel grafico di figura 16 sono riportate le concentrazioni massime giornaliere di ozono misurate nel sito di Spinetta, confrontate con l'intervallo dei valori massimi giornalieri misurati dalle centraline fisse della provincia di Cuneo e con la soglia di informazione (in rosso).

Il buon accordo tra gli andamenti consente di affermare che i valori delle centraline della rete sono rappresentativi anche del sito oggetto dell'indagine ambientale. Ciò si può attribuire alla peculiarità dell'inquinamento da ozono, considerato un fenomeno di mesoscala o addirittura transfrontaliero; le principali variazioni delle sue concentrazioni interessano pertanto non la scala locale ma distanze di centinaia e migliaia di chilometri.

Nello stesso grafico si possono confrontare gli andamenti delle concentrazioni di ozono con quello della temperatura massima giornaliera misurata dal laboratorio mobile: sebbene la temperatura non sia l'unica variabile da cui dipende l'ozono emerge abbastanza chiaramente una corrispondenza tra gli andamenti della temperatura e della concentrazione di ozono.

Nonostante il caldo eccezionale dell'estate 2015, superamenti della soglia di informazione si sono verificati solamente presso la stazione di fondo rurale di Staffarda e presso quella di fondo urbano di Alba (rispettivamente 4 ed 1 superamenti nel periodo in analisi).

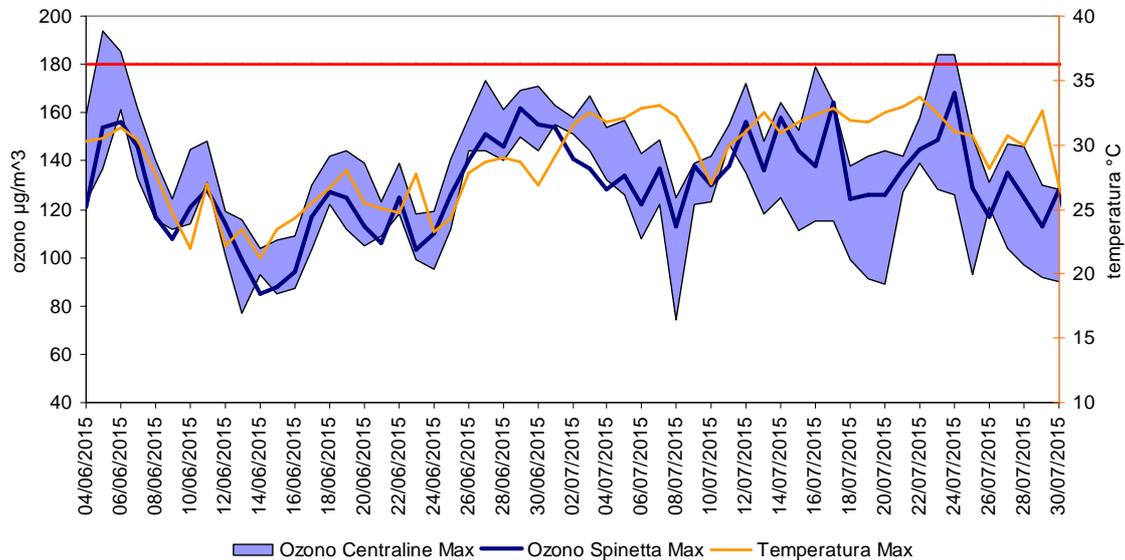


Figura 16) O₃: concentrazioni massime giornaliere registrate con il laboratorio mobile a Spinetta e presso le centraline fisse della provincia di Cuneo. Temperatura massima giornaliera misurata dal laboratorio mobile.

La figura 17 rappresenta invece i valori massimi, per ciascun giorno, delle concentrazioni medie su 8 ore, che vanno confrontati con il valore obiettivo per la salute umana. Superamenti della soglia di 120 µg/m³ (indicata in rosso in figura) sono stati riscontrati in tutti i punti di rilevamento in corrispondenza delle ondate di calore (descritte nel capitolo seguente). Complessivamente, nel periodo in analisi, il numero di giorni con superamento è stato di 27 a Spinetta, 25 ad Alba, 36 a Cuneo, 33 a Staffarda e 22 a Saliceto.

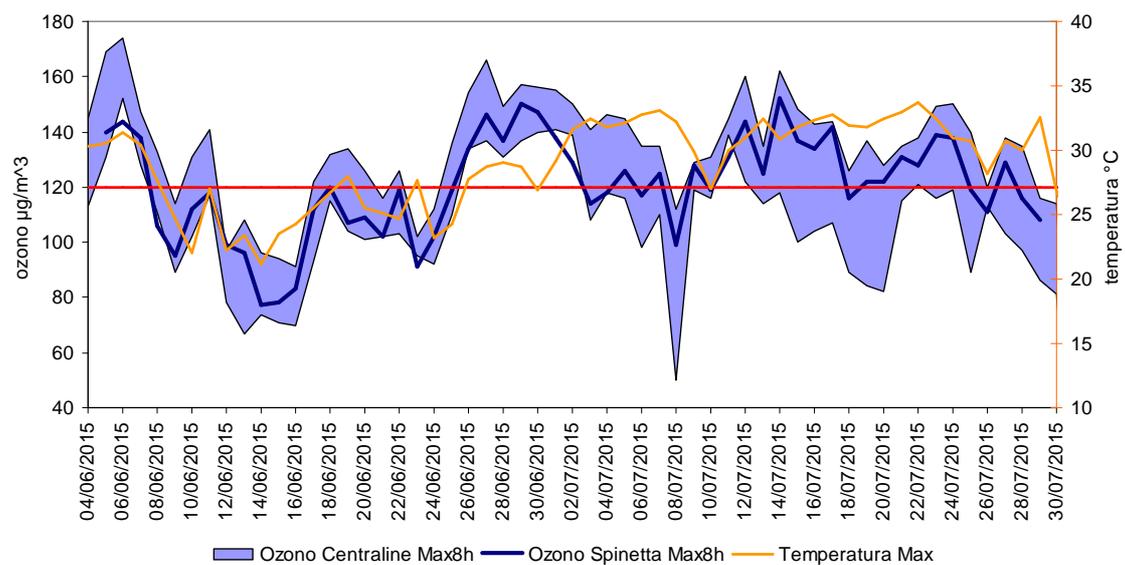


Figura 17) O₃: massime giornaliere delle concentrazioni medie su 8 ore registrate con il laboratorio mobile a Spinetta e presso le centraline fisse della provincia di Cuneo. Temperatura massima giornaliera misurata dal laboratorio mobile.

MICROINQUINANTI ORGANICI: PCDD-PCDF e PCB

Con il termine generico di “diossine” si indica un gruppo di 210 composti chimici aromatici policlorurati, divisi in due famiglie: PCDD e PCDF. Le diossine non vengono prodotte intenzionalmente, ma sono sottoprodotti indesiderati di una serie di processi chimici e/o di combustione.

Si tratta di composti particolarmente stabili e persistenti nell’ambiente, tossici per l’uomo, gli animali e l’ambiente stesso.

Esistono in totale 75 congeneri di diossine e 135 di furani, che si differenziano per il numero e la posizione degli atomi di cloro sugli anelli benzenici: di questi però solo 17 (7 PCDD e 10 PCDF) destano particolare preoccupazione dal punto di vista tossicologico.

I policlorobifenili (PCB) sono una serie di 209 composti aromatici costituiti da molecole di bifenile variamente clorate. A differenza delle diossine, i PCB sono sostanze chimiche largamente prodotte tramite processi industriali per le loro proprietà chimico-fisiche. Solo 12 dei 209 congeneri di PCB presentano caratteristiche chimico-fisiche e tossicologiche paragonabili alle diossine e ai furani: questi vengono definiti PCB diossina simili (PCB DL).

Al fine di valutare le ricadute di eventuali emissioni in atmosfera di microinquinanti organici nel territorio della bassa Valle Vermentagna, a partire dall’anno 2007, l’Arpa conduce periodiche campagne di misura delle deposizioni atmosferiche, finalizzate alla determinazione di microinquinanti organici tra cui sia i PCDD-PCDF che i PCB. Ciascuna campagna ha una durata media di circa un mese, finora si è realizzato un totale di 725 giorni di campionamento.

A partire dal 2011 ai monitoraggi delle deposizioni è stato associato il campionamento attivo dell’aria ambiente mediante l’utilizzo di due campionatori ad alto volume (mod. ECHO PUF) messi a disposizione del Polo Microinquinanti.

Tale tecnica di campionamento dell’aria permette di valutare la quantità di microinquinanti in sospensione, che derivano dalle emissioni e sono funzione dei fenomeni di diffusione, dispersione e trasporto degli inquinanti in atmosfera. Il campionamento dell’aria mediante Echo puf viene effettuato per aspirazione della stessa attraverso un dispositivo che permette di intrappolare le diossine sia in forma di vapore che come particolato.

I campionamenti con Echo puf sono stati svolti inizialmente presso i recettori più sensibili dei due centri abitati prossimi all’azienda di produzione del cemento, ovvero le scuole di Robilante e di Roccavione.

A partire dall’autunno 2012, il campionario di aria ambiente che veniva installato presso le scuole di Roccavione è stato spostato presso le scuole elementari di via Gauteri a Spinetta. Tale spostamento è stato ritenuto opportuno in quanto, come già precedentemente ricordato, a seguito dell’indagine ambientale svolta nel 2011-2012, la qualità dell’aria del sito di Spinetta era risultata essere condizionata dalle ricadute delle emissioni in atmosfera del cementificio.



Figura 18) Fotografia del campionario Echo Puf nel sito delle scuole di Spinetta.

Le concentrazioni complessive delle policlorodibenzodiossine (PCDD o “diossine”) e policlorodibenzofurani (PCDF o “furani”) rilevate nei campionamenti dell’aria ambiente vengono espresse in femtogrammi ⁶ (fg) di tossicità equivalente⁷ (TE) per unità di volume campionato espresso in condizioni standard (Nm³).

I valori ottenuti per le diossine ed i furani nelle campagne di monitoraggio eseguite finora nel sito di Spinetta sono riportati nella figura 19 insieme a quelli ottenuti nei medesimi periodi nel sito delle scuole di Robilante (inconvenienti tecnici hanno impedito di avviare l’aspirazione al campionatore di Robilante nel maggio 2013 pertanto i dati sono mancanti). Fino al 2014 le singole campagne venivano suddivise in due campionamenti consecutivi di 15 giorni, a partire dal 2015, visti anche i limitati quantitativi di microinquinanti sottoposti alla determinazione analitica, i due campionamenti vengono eseguiti sul medesimo supporto pertanto i valori sono riferiti a 30 giorni di campionamento.

Siccome non esistono valori limite per i microinquinanti nell’aria ambiente, per poter valutare l’entità dei valori riscontrati si può fare riferimento al valore guida indicato per PCDD/DF dalla Germania, pari a 150 fg TE/m³. Tale valore è riportato come riferimento nel grafico di figura 19.

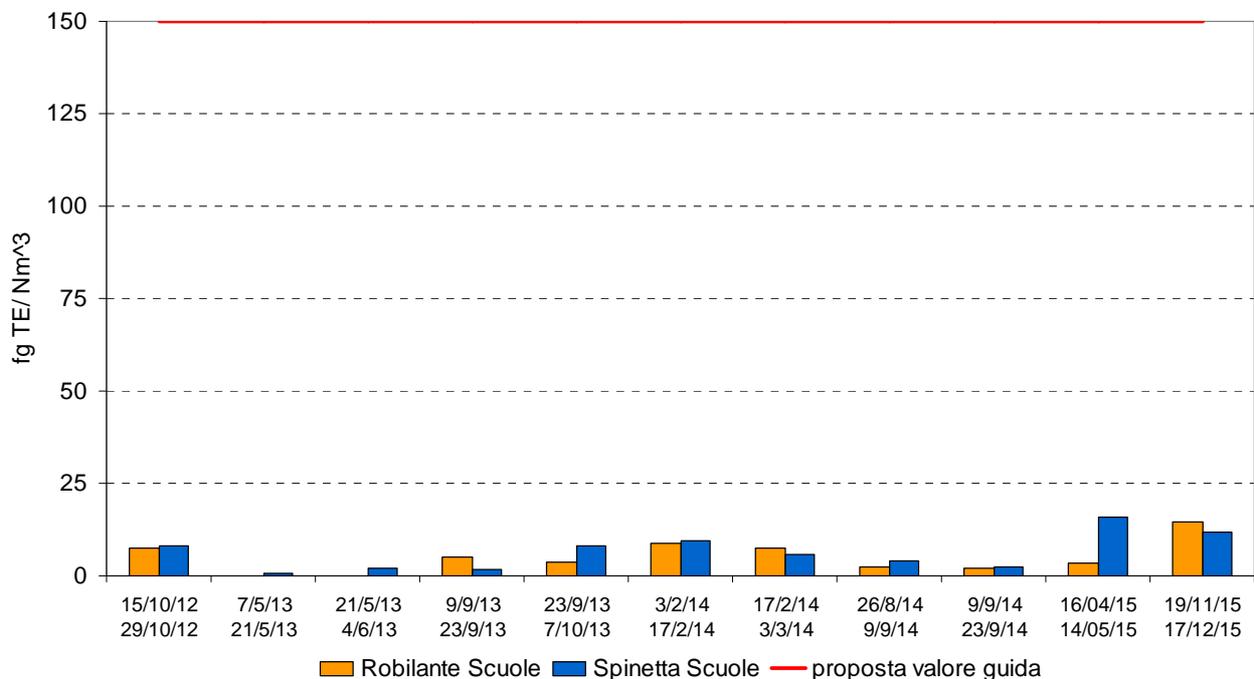


Figura 19) Concentrazioni complessive di PCDD/DF nell’aria ambiente ottenute a Spinetta e Robilante.

Si può osservare come i valori di PCDD/DF ottenuti siano confrontabili per i due siti di misura e siano ampiamente inferiori al valore presente nelle linee guida della Germania.

⁶ Femtogrammo: unità di misura pari ad un milionesimo di miliardesimo di grammo.
 $1 \text{ fg} = 10^{-15} \text{ g} = 0.000000000000001 \text{ g}$

⁷ Per esprimere la concentrazione complessiva di diossine nelle diverse matrici si è introdotto il concetto di tossicità equivalente (TE) che si ottiene sommando i prodotti tra i valori TEF dei singoli congeneri e le rispettive concentrazioni. I fattori di tossicità equivalente (TEF) si basano sulla considerazione che PCDD, PCDF e PCB diossina simili sono composti strutturalmente simili che presentano il medesimo meccanismo di azione (attivazione del recettore Ah) e producono effetti tossici simili: proprio il legame tra le diossine e il recettore Ah è il passo chiave per il successivo innescarsi degli effetti tossici. I TEF vengono calcolati confrontando l’affinità di legame dei vari composti organoclorurati con il recettore Ah, rispetto a quella della 2,3,7,8-TCDD (2,3,7,8- tetraclorodibenzodiossina), la più tossica, considerando l’affinità di questa molecola come il valore unitario di riferimento.

E' possibile inoltre fare riferimento alle concentrazioni minime, medie e massime riscontrate su campioni analoghi realizzati dal Polo Microinquinanti presso due siti industriali del territorio della regione Piemonte, uno dei quali risente particolarmente delle ricadute industriali: i congeneri ritrovati nelle deposizioni sono infatti in questo caso correlabili all'attività dell'azienda locale. I valori di confronto per PCDD/DF sono riportati nella tabella 4 e rappresentati nella figura 20 insieme a quelle del sito di Spinetta e alle concentrazioni ottenute, a partire dal 2011, a Robilante e Roccavione.

PCDD/DF fgTE / Nm ³	Spinetta	Robilante	Roccavione	Sito rif. 1	Sito rif. 2 (*)
Minimo	0.81	2.18	1.66	0.31	15.5
Media	6.40	7.48	7.98	11.4	638
Max	15.90	23.50	19.70	70.80	3959

(*) Dati riferiti sia a situazioni di emergenza (prelievi di circa 3 ore e 35 Nm³), che a prelievi condotti con i volumi e i tempi abitualmente previsti dal monitoraggio.

Tabella 4) Valori minimo, medio e massimo di PCDD/DF nell'aria ambiente delle campagne eseguite a Spinetta confrontati con le concentrazioni ottenute a Robilante, Roccavione e nei siti di riferimento regionali.

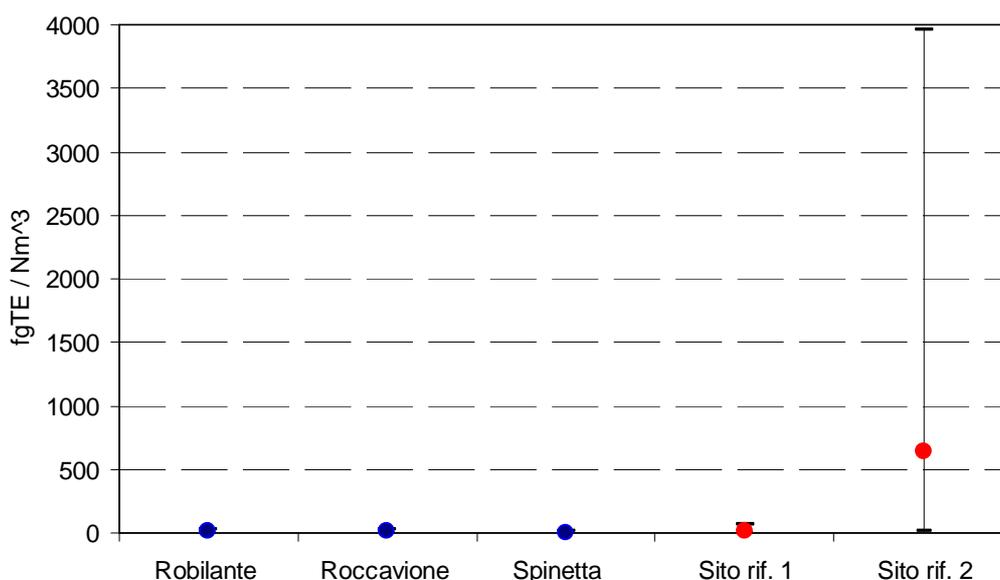


Figura 20) Concentrazioni complessive di PCDD/DF nell'aria ambiente ottenute a Spinetta confrontate con i valori medi, minimi e massimi delle campagne eseguite a Robilante, Roccavione e nei siti di riferimento regionali (il pallino indica il valor medio, le linee i valori minimo e massimo).

Nei campioni di aria ambiente sono state determinate anche le concentrazioni dei policlorobifenili - PCB.

Le concentrazioni complessive di PCB rilevate nei campionamenti dell'aria ambiente sono espresse in picogrammi (pg) per unità di volume campionato espresso in condizioni standard (Nm³). I valori ottenuti nelle campagne di monitoraggio eseguite a Spinetta sono riportati nella figura 21 insieme a quelli del sito di Robilante monitorato in parallelo.

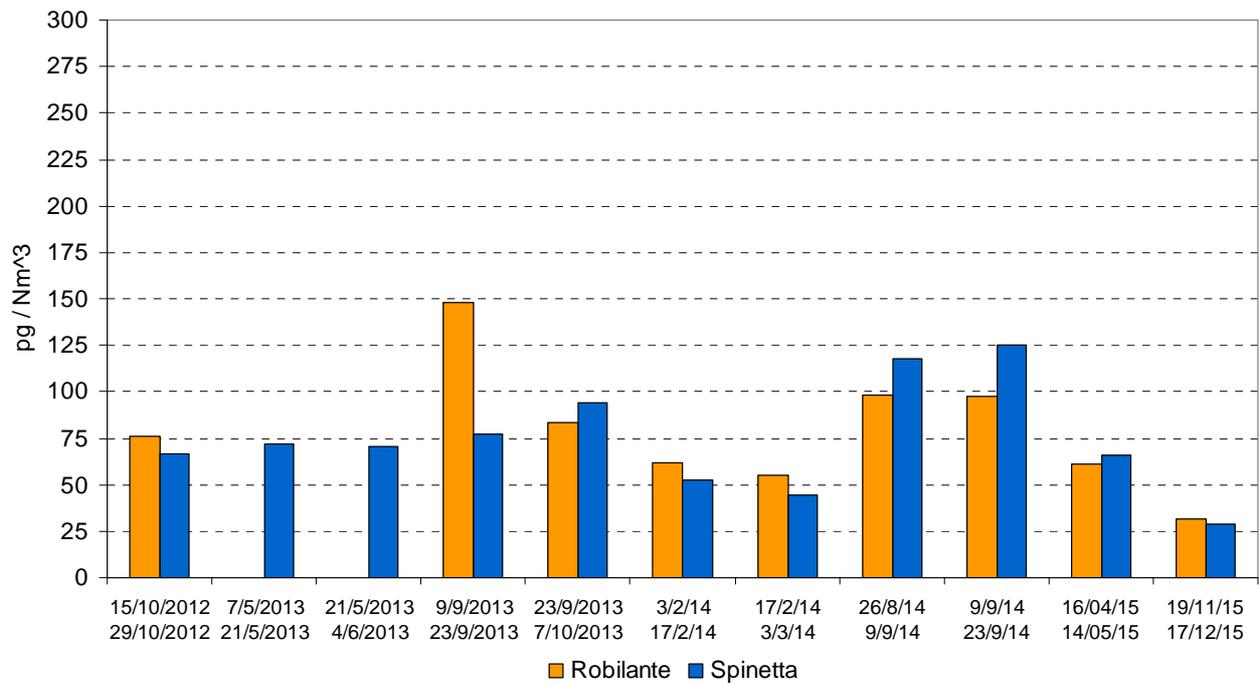


Figura 21) Concentrazioni di PCB nell'aria ambiente ottenute a Spinetta e Robilante.

Purtroppo in letteratura non sono presenti valori guida per i PCB, pertanto per valutare l'entità delle concentrazioni misurate a Spinetta si dovrà fare riferimento solamente ai valori riscontrati presso gli altri siti della provincia dove tali inquinanti sono stati campionati e nei due siti di riferimento della regione. Tali valori sono riportati nella tabella 5 e rappresentati nella figura 22.

PCB pg / Nm ³	Spinetta	Robilante	Roccavione	Sito rif. 1	Sito rif. 2 (*)
Minimo	29.0	31.9	47.2	33	2997
Media	74.1	94.2	94.4	138	17073
Max	125.0	293.0	180.0	482	35950

(*) Dati riferiti sia a situazioni di emergenza (prelievi di circa 3 ore e 35 Nm³), che a prelievi condotti con i volumi e i tempi abitualmente previsti dal monitoraggio.

Tabella 5) Valori minimo, medio e massimo dei PCB nell'aria ambiente delle campagne eseguite a Spinetta confrontati con le concentrazioni ottenute a Robilante, Roccavione e nei siti di riferimento regionali.

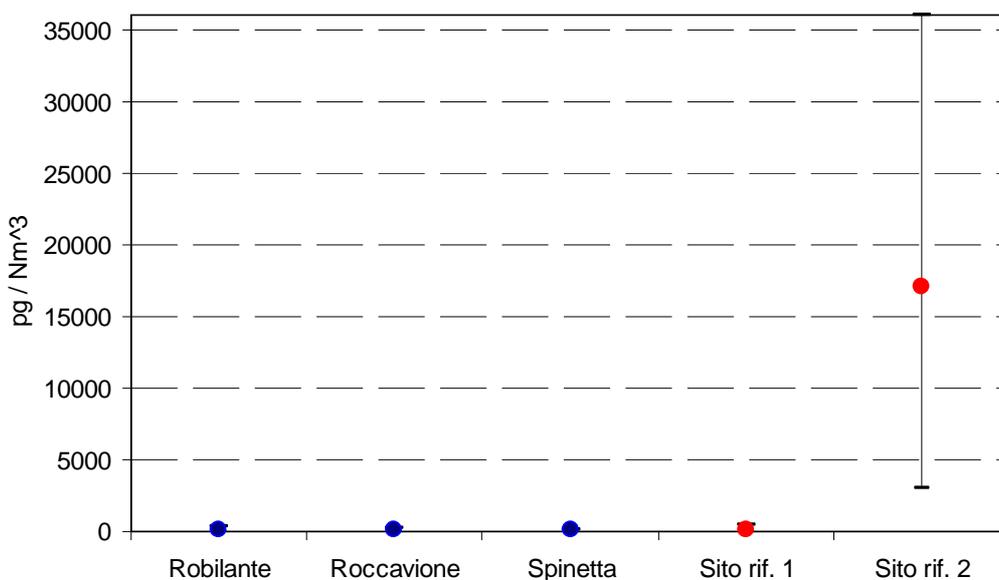


Figura 22) Concentrazioni di PCB nell'aria ambiente ottenute a Spinetta confrontate con i valori medi, minimi e massimi delle campagne eseguite a Robilante, Roccavione e nei siti di riferimento regionali (il pallino indica il valor medio, le linee i valori minimo e massimo).

Dai risultati sia dei PCDD/DF che dei PCB riscontrati nell'aria ambiente campionata presso la scuola di Spinetta, e dal confronto con i dati dei siti di Robilante, Roccavione e dei due siti di riferimento della regione, non emergono criticità locali.

SITUAZIONE METEOROLOGICA E DATI LOCALI

L'Estate 2015 in Piemonte è risultata la seconda più calda nella distribuzione storica delle ultime 58 stagioni estive.

La prima ondata di calore dell'Estate 2015 si è avuta nella prima settimana del mese di Giugno, quando un'espansione dell'anticiclone delle Azzorre verso l'Europa centrale ha causato valori medi di temperatura massima in pianura superiori ai 30°C tra il 3 ed il 7 Giugno, con picco raggiunto il giorno 6. L'alta pressione ha mostrato i primi cedimenti tra il pomeriggio e la sera del giorno 6 quando si sono verificati i primi fenomeni temporaleschi. Il successivo posizionamento di una struttura depressionaria sul settore nordoccidentale della Penisola Iberica ha causato un peggioramento sul Piemonte tra il 12 ed il 14 Giugno. In quei giorni si sono verificati diffusi fenomeni temporaleschi sul territorio piemontese, localmente di forte intensità.

L'ultima decade mensile ha visto inizialmente una circolazione prevalente di tipo nordoccidentale, fresca ma secca: il 23 ed il 24 Giugno sono stati i giorni più freddi dell'Estate 2015 per quanto riguarda le temperature minime. Gli ultimi giorni del mese hanno visto la fase iniziale di espansione dell'anticiclone africano responsabile della forte e prolungata ondata di calore del mese di Luglio 2015.

Una prima ondata di calore si è avuta tra il 2 ed il 7 Luglio; il settimo giorno del mese è risultato quello con le temperature minime più alte per tutti i giorni dell'anno dal 2000 ad oggi.

Successivamente si è avuta una nuova rimonta dell'anticiclone africano e, dal 12 al 24 Luglio compresi, la media delle massime sulle zone pianeggianti è risultata costantemente al di sopra dei 32°C. Il picco di calore durante il mese si è verificato nei giorni 21 e 22 Luglio. Il 21 Luglio è risultato il giorno più caldo dell'Estate in Piemonte: in pianura la media giornaliera è stata di 28.3°C, mentre la media dei valori massimi ha raggiunto i 35.6°C. Nel giorno successivo si sono registrati valori medi leggermente inferiori ma picchi più elevati.

Nell'ultima settimana del mese l'anomalia termica si è attenuata; tuttavia Luglio 2015 è risultato il mese più caldo dell'intera serie storica dal 1958 ad oggi, comprendente tutti i mesi dell'anno. Accanto al caldo eccezionale, in questo mese di Luglio 2015 in Piemonte è da rimarcare un valore molto al di sotto della norma delle precipitazioni osservate.⁸

Dai dati acquisiti dal laboratorio mobile a Spinetta si ricava che, su base oraria, la temperatura minima del periodo del monitoraggio è stata di 12.5 °C, la media di 23.6 °C e la massima di 33.7 °C, raggiunta il 22 luglio.

Nel grafico della figura 23 sono rappresentate le temperature medie, minime e massime giornaliere dell'intero periodo di monitoraggio.

⁸ Il clima in Piemonte. Estate 2015. Arpa Piemonte, Sistemi Previsionali

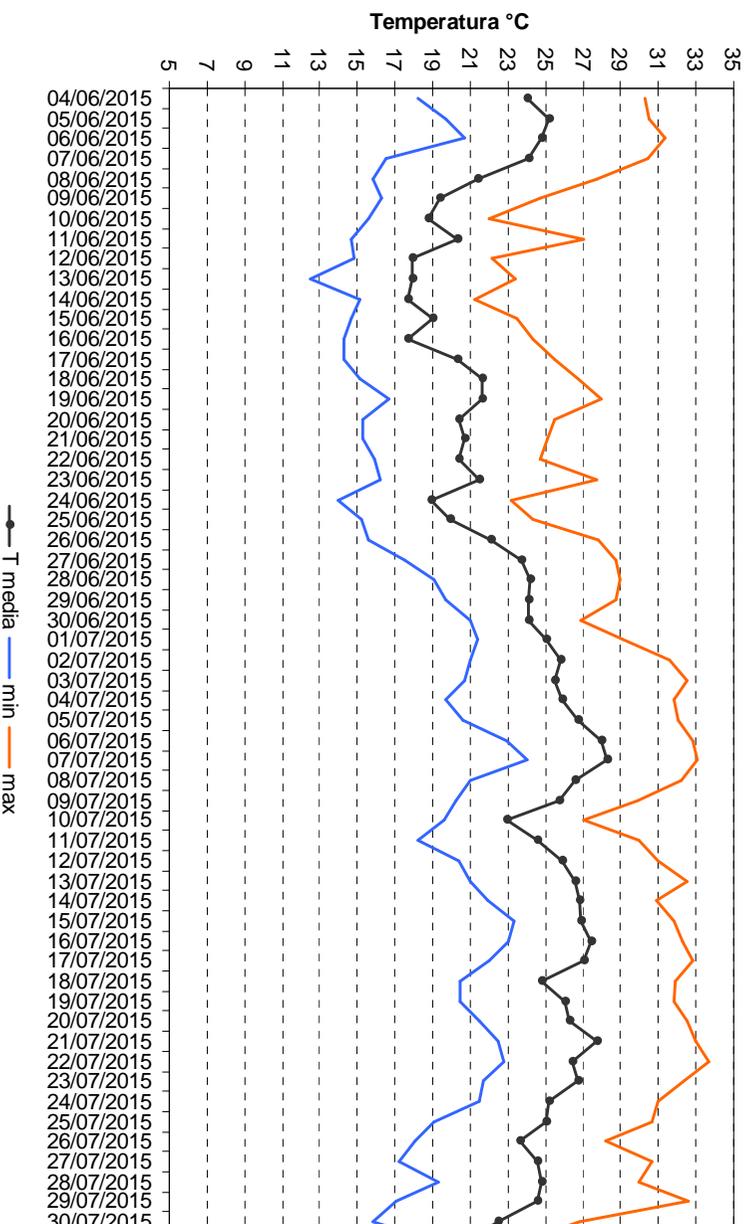


Figura 23) Temperatura dell'aria: medie, minime e massime giornaliere registrate con il laboratorio mobile a Spinetta.

Nella figura 24 sono riportati, per ciascun giorno, la media della pressione atmosferica, la radiazione totale giornaliera, insieme ai dati della precipitazione giornaliera cumulata registrati dalle stazioni meteorologiche di Cuneo - Cascina Vecchia e Cuneo.

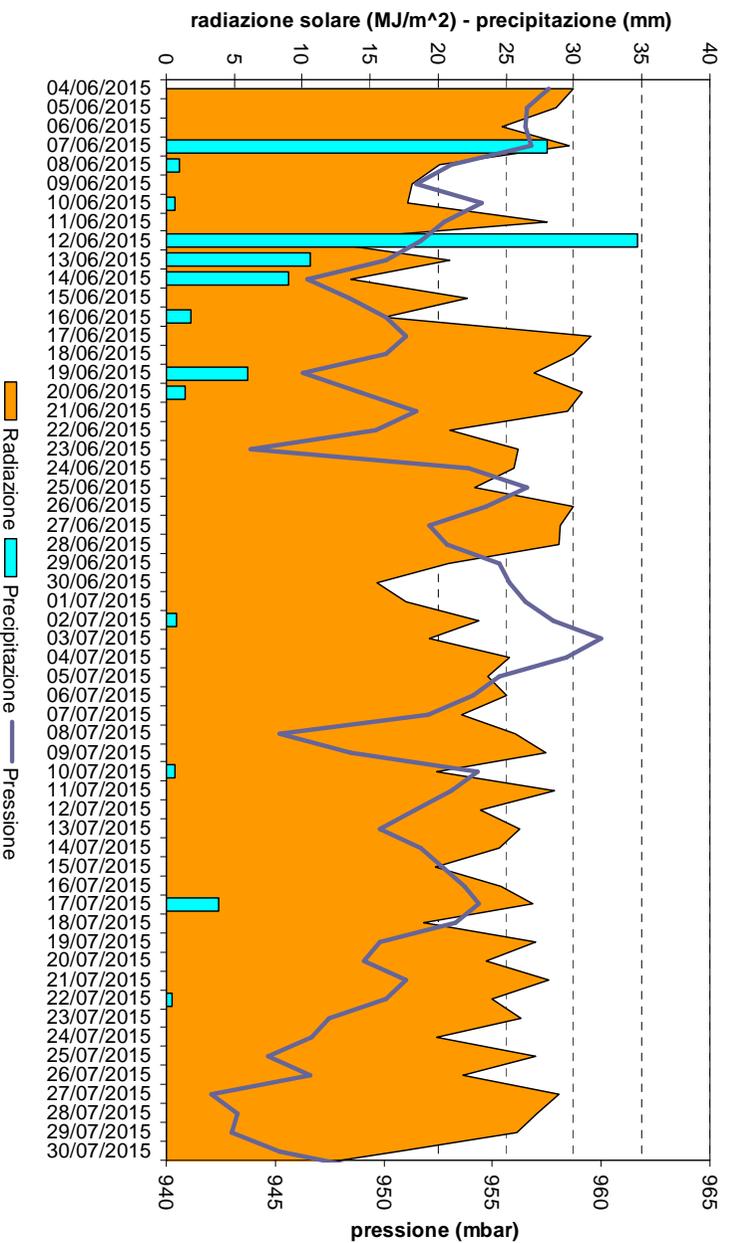


Figura 24) Precipitazione cumulata giornaliera misurata dalla stazione di Cuneo - Cascina vecchia. Totale giornaliero della radiazione solare globale e pressione atmosferica misurata dalla stazione Cuneo – Camera di commercio.

Il grafico di figura 25 rappresenta le frequenze di accadimento delle classi di velocità del vento registrate durante il periodo del monitoraggio.

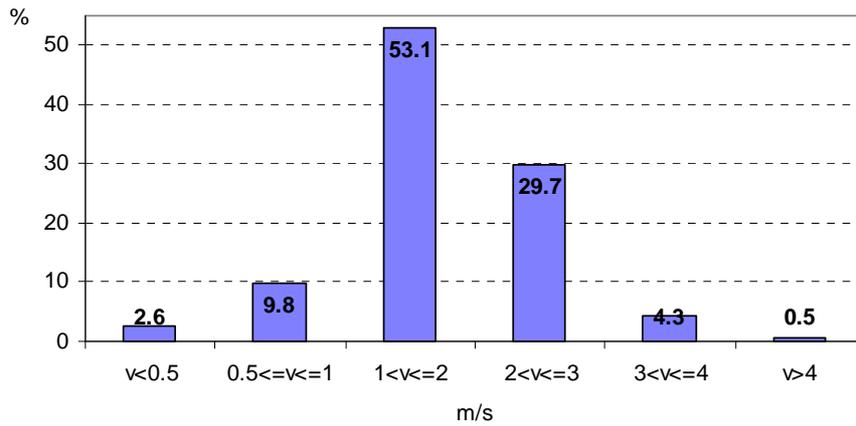


Figura 25) Frequenze di accadimento delle classi di velocità del vento (periodo: 4 giugno ÷ 30 luglio '15).

Dalla rosa dei venti ottenuta per il periodo di misura e rappresentata nella figura seguente, emerge come il settore prevalente di provenienza dei venti sia quello SudOvest nelle ore notturne e NordEst nelle ore diurne.

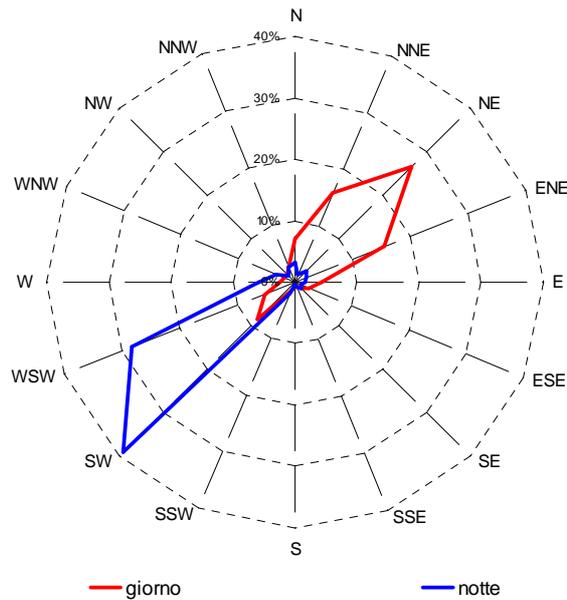


Figura 26) Rosa dei venti (periodo: 4 giugno ÷ 30 luglio '15).

CONCLUSIONI

A seguito del monitoraggio della qualità dell'aria condotto dal marzo 2011 al maggio 2012 nel territorio della bassa Valle Vermenagna e del Cuneese, il sito di Spinetta era risultato, tra quelli indagati nei comuni di Borgo San Dalmazzo, Boves, Cuneo, Robilante e Roccavione, come il più influenzato dalle ricadute delle emissioni dell'industria locale di produzione del cemento. La peculiarità del sito era risultata l'essere sottovento a tale polo industriale durante le ore notturne, tipicamente caratterizzate da brezza di monte e da stabilità atmosferica che impedisce la diluizione verticale dei fumi emessi in atmosfera e ne favorisce il trasporto da parte del vento a distanza dalla sorgente.

Sebbene il confronto tra i valori misurati a Spinetta con il laboratorio mobile e i dati delle stazioni fisse della rete di monitoraggio della qualità dell'aria avesse consentito di escludere il rischio di superamento dei limiti per la protezione della salute umana stabiliti dalla normativa, i risultati dello studio avevano portato questo Ufficio ad affermare che, dato il permanere di criticità nei livelli di inquinamento da materiale particolato (PM₁₀), non potevano essere ammesse immissioni massicche di ossidi di azoto superiori a quanto allora raggiunto, ritenendo nel contempo necessaria una ulteriore azione di contenimento di tali immissioni. Occorre infatti nuovamente ricordare che gli ossidi di azoto agiscono in atmosfera anche da precursori per le polveri, ovvero subiscono delle trasformazioni chimiche che portano alla formazione del cosiddetto particolato "secondario", generalmente compreso nella frazione più fine delle polveri e pertanto più problematico per la salute umana perché in grado di penetrare più in profondità nell'apparato respiratorio.

L'influenza delle ricadute del cementificio nella località di Spinetta e nel corridoio di territorio allineato in direzione SudOvest-NordEst dall'imbocco della valle Vermenagna è stato osservato e monitorato anche con le campagne condotte, tra il 2011 ed il 2014, con campionatori passivi di biossido di azoto.

I dati misurati con il laboratorio mobile presso la scuola primaria di via Gauteri a Spinetta, nel corso del monitoraggio condotto dal 4 giugno al 30 luglio 2015, permettono di affermare che i livelli delle concentrazioni del biossido di azoto in tale sito continuano ad essere influenzati non tanto dalla fonte industriale più prossima all'abitato (azienda di produzione del vetro), ma dalle emissioni dello stabilimento di produzione del cemento. Fonte emissiva, quest'ultima, decisamente più distante e apparentemente separata da un ostacolo geomorfologico costituito dalla dorsale della destra orografica della bassa Valle Vermenagna.

L'aspetto importante che emerge però dai dati dell'ultima campagna di monitoraggio è la diminuzione dei livelli di concentrazione di biossido di azoto rispetto a quelli della precedente campagna del 2011-2012.

In particolare, in rapporto alle concentrazioni misurate a Cuneo, le concentrazioni rilevate a Spinetta nell'ultima campagna presentano una riduzione del 37%, corrispondente alla riduzione individuata sui dati dei quantitativi di ossidi di azoto emessi dai camini dei due forni dell'impianto locale di produzione del cemento. Tali quantitativi sono stati acquisiti dal Sistema di Monitoraggio in continuo delle Emissioni in atmosfera (S.M.C.E.) di cui l'azienda si è dovuta dotare in recepimento delle prescrizioni autorizzative.

Rispetto agli ossidi di azoto emessi nel periodo del monitoraggio del 2011-2012, quelli emessi nel periodo della campagna 2015 presentano una riduzione, superiore ma consona a quanto richiesto con la modifica del limite autorizzativo imposto alle emissioni dell'impianto a seguito dell'iter di rinnovo dell'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA).

ALLEGATO I

Sintesi dei risultati della campagna

Spinetta, via Gauteri c/o scuola primaria 4/6/2015 ÷ 30/07/2015

	SO ₂ (µg/m ³)
Minima media giornaliera	7
Massima media giornaliera	9
Media dei valori orari	8
Massima media oraria	15
Percentuale ore valide	99%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	0
	CO (mg/m ³)
Minima media giornaliera	0.2
Massima media giornaliera	0.4
Media dei valori orari	0.3
Massima media oraria	0.7
Percentuale ore valide	81%
Minimo medie 8 ore	0.2
Media delle medie 8 ore	0.3
Massimo medie 8 ore	0.5
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (10)</u>	0
	Benzene (µg/m ³)
Minima media giornaliera	0.2
Massima media giornaliera	0.5
Media dei valori orari	0.3
Massima media oraria	2.7
Percentuale ore valide	91%
	NO ₂ (µg/m ³)
Minima media giornaliera	8
Massima media giornaliera	26
Media dei valori orari	13
Massima media oraria	68
Percentuale ore valide	100%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione</u>	0

della salute (200)	
	O₃ (µg/m³)
Minima media giornaliera	51
Massima media giornaliera	112
Media dei valori orari	87
Massima media oraria	168
Percentuale ore valide	99%
Minimo medie 8 ore	26
Media delle medie 8 ore	87
Massimo medie 8 ore	152
Percentuale medie 8 ore valide	100%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	160
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h > 120)</u>	27
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	0
<u>Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)</u>	0
<u>Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)</u>	0
<u>Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)</u>	0
	PM₁₀ (µg/m³)
Minima media giornaliera	8
Massima media giornaliera	43
Media delle medie giornaliere:	24
Numero giorni validi	49
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	0

ALLEGATO II

Gli inquinanti della qualità dell'aria e limiti normativi

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

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

I parametri analizzati nelle campagne di monitoraggio con mezzo mobile sono i seguenti:

- materiale particolato - PM₁₀
- biossido di azoto (NO₂)
- ozono
- biossido di zolfo (SO₂)
- monossido di carbonio (CO)
- benzene

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

Caratteristiche: elementi distintivi dell'inquinante

Tipologia: suddivisione in base all'origine in

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

Fonte:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

MATERIALE PARTICOLATO – PM₁₀

Caratteristiche <i>particelle solide</i> <i>aerosol</i>	Il particolato atmosferico è formato da particelle, solide o aerosol, sospese in aria. Con il termine PM₁₀ si intende il particolato formato da particelle con diametro aerodinamico medio inferiore a 10 µm (micrometri), mentre il termine PM_{2,5} comprende la frazione di particolato costituito da particelle aventi diametro inferiore a 2.5 µm.
Fonte <i>naturale</i> <i>antropica</i>	Nell'aria viene generato da processi naturali quali eruzioni vulcaniche, incendi boschivi, azione del vento sulla polvere e sul terreno, aerosol marino , ecc, e dall'attività dell'uomo a cui se ne attribuisce l'apporto principale. Le emissioni industriali , particelle di polveri, ceneri, e combustioni incomplete, e il traffico veicolare (gas di scarico, usura di pneumatici, risollevarimento delle polveri depositate sulle strade) rappresentano le fonti più significative.
Tipologia <i>primario</i> <i>secondario</i>	Il particolato atmosferico è in parte di tipo "primario", imnesso direttamente in atmosfera, ed in parte di tipo "secondario", prodotto cioè da trasformazioni chimico fisiche che coinvolgono diverse sostanze quali SO₂, NO_x, COVs, NH₃ .
Permanenza spazio temporale	Il particolato risulta ubiquitario su vasta scala a causa del lungo tempo di permanenza nell'aria (da giorni a settimane) che ne consente il trasporto su grandi distanze . Questo fa sì che le variazioni nel tempo delle concentrazioni siano principalmente condizionate da fattori meteorologici. In particolare, inverni con lunghi periodi di situazioni anticicloniche persistenti e precipitazioni limitate, sono caratterizzati da concentrazioni di polveri atmosferiche elevate.
Effetti <i>salute</i> <i>ambiente</i> <i>materiali</i>	Il rischio sanitario legato al particolato sospeso nell'aria dipende, oltre che dalla concentrazione, anche dalla dimensione delle particelle. Le particelle con dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana, in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. Infatti: <ul style="list-style-type: none"> - il PM₁₀, polvere inalabile, è in grado di penetrare nel tratto respiratorio superiore (laringe e faringe), e le particelle con diametro compreso fra circa 5 e 2.5 µm giungono sino a livello dei bronchi principali. - Il PM_{2,5}, polvere respirabile, è in grado di penetrare profondamente nei polmoni giungendo sino ai bronchi secondari; le frazioni con diametro inferiore possono giungere sino a livello alveolare. Gli studi epidemiologici mostrano relazioni tra le concentrazioni di materiale particolato in aria e l'insorgenza di malattie dell'apparato respiratorio , quali asma, bronchiti ed enfisemi . Il PM può inoltre adsorbire sulla sua superficie e quindi veicolare nell'apparato respiratorio dei microinquinanti, quali metalli e IPA, ai quali possono essere associati effetti tossicologici rilevanti. <p>La deposizione del materiale particolato può causare effetti negativi sulla vegetazione costituendo, sulla superficie fogliare, una pellicola non dilavabile dalle piogge, che può inibire il processo di fotosintesi e lo sviluppo delle piante; inoltre il danneggiamento per abrasione meccanica può rendere le foglie più esposte agli attacchi degli insetti.</p> I materiali subiscono danni diretti legati a fenomeni di imbrattamento e fenomeni di corrosione in relazione alla composizione chimica del particolato.
Misura <i>gravimetrica</i>	Il PM ₁₀ e il PM _{2,5} sono determinati mediante campionamento su filtro in condizioni ambiente e successiva determinazione gravimetrica delle polveri filtrate. La testa del campionatore ha una geometria standardizzata che permette il solo passaggio della frazione di polveri avente dimensioni aerodinamiche inferiori a 10µm o 2.5µm.
 Situazione generale <i>critica</i>	La situazione nell'ultimo decennio, per il particolato PM ₁₀ , è in miglioramento anche se continua a rappresentare una delle criticità più significative . Le condizioni meteo climatiche influenzano fortemente l'andamento.

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

BIOSSIDO DI AZOTO – NO₂

Caratteristiche NO ₂	Gli ossidi di azoto (NO, NO ₂ , N ₂ O ed altri) vengono generati in tutti i processi di combustione che utilizzano l'aria come comburente; infatti ad elevate temperature l'azoto e l'ossigeno presenti nell'aria atmosferica reagiscono, con le seguenti reazioni principali : $N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$ $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$. L'elevata tossicità del biossido lo rende principale oggetto di attenzione: l'NO ₂ è infatti un gas tossico, di colore giallo-rosso, dall'odore forte e pungente, con grande potere irritante ed è un energico ossidante, molto reattivo. Gli ossidi di azoto sono da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici maggiormente pericolosi, anche perché in presenza di forte irraggiamento solare, danno inizio ad una serie di reazioni secondarie che portano alla formazione di sostanze inquinanti, quali l'ozono, acido nitrico, ecc, complessivamente indicate con il termine di "smog fotochimico" che sono importanti precursori del PM ₁₀ .
Fonte naturale antropica	In natura gli ossidi di azoto sono prodotti dall' attività batterica sui composti dell'azoto, dall' attività vulcanica e dai fulmini : ciò produce un apporto minimo ai livelli di fondo. Le principali fonti sono invece di origine antropica legate ai processi di combustione in condizioni di elevata temperatura e pressione : ne consegue che, in contesto urbano, le emissioni dei motori a scoppio e quindi il traffico veicolare ne rappresenta la fonte più significativa .
Tipologia primario secondario	Il biossido di azoto rappresenta, in genere, al massimo il 5% degli ossidi di azoto emessi direttamente dalle combustioni in aria . La maggior parte dell' NO ₂ presente in atmosfera deriva invece dall'ossidazione del monossido di azoto , ed è quindi di natura secondaria.
Permanenza spazio temporale	Il tempo medio di permanenza in atmosfera degli ossidi di azoto è breve: circa tre giorni per NO ₂ e quattro giorni per l'NO.
Effetti salute ambiente materiali	Gli effetti sulla salute prodotti dall'NO ₂ sono dovuti alla sua azione irritante sugli occhi e sulle le mucose dell'apparato respiratorio . Gli effetti acuti sull'apparato respiratorio comprendono riacutizzazioni di malattie infiammatorie croniche delle vie respiratorie , quali bronchite cronica e asma, e riduzione della funzionalità polmonare . Gli ossidi di azoto contribuiscono, per circa il 30%, al fenomeno delle "piogge acide", con conseguenti danni alla vegetazione e alterazioni degli equilibri degli ecosistemi coinvolti , e producono fenomeni corrosivi sui metalli e scolorimento e perdita di resistenza dei tessuti e delle fibre tessili. L'azione sulle superfici degli edifici e dei monumenti comporta un invecchiamento più rapido delle strutture .
Misure chemiluminescenza	Gli ossidi di azoto sono determinati con il metodo a chemiluminescenza , che si basa sulla reazione chimica tra il monossido di azoto e l'ozono in grado di produrre una luminescenza caratteristica, di intensità proporzionale alla concentrazione di NO. Per misurare il biossido è necessario ridurlo a monossido tramite un convertitore al molibdeno. L'unità di misura con la quale si esprime la concentrazione di biossido di azoto è il microgrammo al metro cubo (µg/m ³).
Situazione generale stabile  	L'introduzione delle marmitte catalitiche non ha ridotto in maniera incisiva la concentrazione di NO ₂ che, nell'ultimo decennio, non ha avuto un calo tanto netto quanto il CO. Ciò è dovuto anche al fatto che i motori a benzina non sono l'unica fonte di NO ₂ , ma altrettanto importanti sono i veicoli diesel e gli impianti per la produzione d'energia. Nel settore industriale miglioramenti tecnologici hanno permesso di ridurre parzialmente gli apporti emissivi.

Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	Valore limite	N° superamenti ammessi	Data di raggiungimento limite
Biossido di Azoto	1 ora	200 µg/m ³	18 per anno civile	1 gennaio 2010
	anno civile	40 µg/m ³	-	1 gennaio 2010

OZONO

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

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

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

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

BIOSSIDO DI ZOLFO – SO₂

Caratteristiche SO ₂	Il biossido di zolfo, o anidride solforosa, è un gas incolore, di odore pungente, prodotto dell'ossidazione dello zolfo.			
Fonte : <i>naturale</i> <i>antropica</i>	La fonte principale degli ossidi di zolfo (SO ₂ e SO ₃) presenti in atmosfera è di origine <i>naturale</i> . Infatti una percentuale variabile dal 62% all'89% delle emissioni prodotte in Italia ¹⁰ è attribuita all' <i>attività vulcanica</i> . Le principali emissioni <i>antropiche</i> di SO ₂ derivano invece dai processi di combustione che utilizzano combustibili fossili (gasolio, olio combustibile, carbone), in cui lo zolfo è presente come impurità. In città una fonte significativa è rappresentata dal riscaldamento domestico , mentre solo una percentuale molto bassa di SO ₂ proviene dal traffico veicolare, in particolare dai veicoli con motore diesel.			
Tipologia <i>primario</i>	L'ossido di zolfo è un inquinante primario.			
Permanenza spazio temporale	Il tempo medio di permanenza in atmosfera del biossido di zolfo varia da alcuni giorni a settimane e l'estensione dei fenomeni interessa la scala locale e regionale.			
Effetti <i>salute</i> <i>ambiente</i> <i>materiali</i>	Il biossido di zolfo è un forte irritante delle vie respiratorie . Un'esposizione prolungata a concentrazioni basse può causare patologie all'apparato respiratorio (asma, tracheiti, bronchiti) mentre esposizioni di breve durata a concentrazioni elevate possono provocare aumento della frequenza respiratoria e del ritmo cardiaco oltre a irritazione agli occhi, gola e naso. Gli ossidi di zolfo sono i principali responsabili dell'acidificazione delle precipitazioni meteorologiche (piogge acide) che comporta la compromissione degli equilibri degli ecosistemi coinvolti. Sulle piante l'aumento delle concentrazioni di SO ₂ provoca danni via via crescenti agli apparati fogliari sino alla necrosi tessutale . L'azione sui materiali interessa maggiormente i metalli , nei quali viene accelerato il fenomeno di corrosione , ed i materiali da costruzione (in particolare di natura calcarea) sui quali l'azione acida, comportando una trasformazione dei carbonati in solfati solubili, diminuisce la resistenza meccanica dei materiali , da cui i conseguenti danneggiamenti dei monumenti e delle facciate degli edifici.			
Misura <i>fluorescenza</i>	Il biossido di zolfo è misurato con un metodo a fluorescenza. L'aria da analizzare è immessa in una apposita camera nella quale sono inviate radiazioni UV a 230-190 nm. Queste radiazioni eccitano le molecole di SO ₂ presenti che, stabilizzandosi, emettono delle radiazioni nello spettro del visibile misurate con apposito rivelatore. L'intensità luminosa misurata è funzione della concentrazione di SO ₂ presente nell'aria. L'unità di misura con la quale si esprime la concentrazione di biossido di zolfo è il microgrammo al metro cubo (µg/m ³).			
Situazione <i>buona</i>  	Il biossido di zolfo ha rappresentato per molti anni uno dei principali inquinanti dell'aria. Oggi il progressivo miglioramento della qualità dei combustibili (minor contenuto di zolfo nei prodotti di raffineria) ed il sempre più diffuso uso del gas metano hanno diminuito nettamente la sua presenza.			

Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	Valore limite	N° superamenti ammessi	Data di raggiungimento limite
Ossido di Zolfo	1 ora	350 µg/m ³	24 per anno civile	1 gennaio 2005
	1 giorno	125 µg/m ³	3 per anno civile	1 gennaio 2005

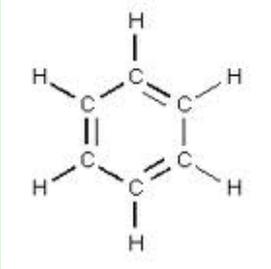
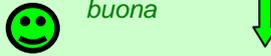
¹⁰ ISPRA -inventario emissioni in atmosfera-CONAIR IPPC- dati 1980-2008

MONOSSIDO DI CARBONIO – CO

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

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

BENZENE

<p>Caratteristiche C_6H_6</p> 	<p>Il benzene è un idrocarburo aromatico, che si presenta a temperatura ambiente come un liquido incolore, dal tipico odore aromatico, in grado di evaporare velocemente. Si ottiene prevalentemente come prodotto della distillazione del petrolio. Viene impiegato come materia prima per numerosi composti secondari, a loro volta impiegati per produrre plastiche, resine, detersivi, pesticidi, intermedi per l'industria farmaceutica, vernici, collanti, inchiostri, adesivi e prodotti per la pulizia. E' utilizzato per conferire proprietà antidetonanti nelle benzine "verdi".</p>
<p>Fonte naturale antropica</p>	<p>In natura il benzene viene prodotto negli incendi boschivi e durante le eruzioni vulcaniche, ma le concentrazioni in atmosfera prodotte da queste fonti sono quantitativamente irrilevanti. La fonte principale è di natura antropica. La maggior fonte di esposizione per la popolazione deriva dai gas di scarico degli autoveicoli, in particolare dei veicoli alimentati a benzina: stime effettuate a livello di Unione Europea attribuiscono a questa categoria di veicoli più del 70% del totale delle emissioni di benzene. Una fonte importante, in ambienti indoor, è rappresentato dal fumo di tabacco.</p>
<p>Tipologia primario</p>	<p>E' un inquinante primario.</p>
<p>Permanenza spazio temporale</p>	<p>Il benzene rilasciato in atmosfera si trova prevalentemente in fase vapore, non è soggetto direttamente a fotolisi, ma reagisce con gli idrossi-radicali prodotti fotochimicamente. Il tempo teorico di dimezzamento della concentrazione è di circa 13 giorni, ma in atmosfera inquinata, in presenza di ossidi di azoto o zolfo, l'emivita si riduce a 4 – 6 ore.</p>
<p>Effetti salute</p>	<p>Il benzene è tossico, molto irritante per pelle, occhi e mucose ed è inserito dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) tra le sostanze con sufficiente evidenza di cancerogenicità per l'uomo. La principale via di esposizione per l'uomo è l'inalazione, a causa della notevole volatilità del benzene.</p>
<p>Misura Gascromatografia PID</p>	<p>Le misure sono effettuate mediante un sistema gascromatografico, dotato di rivelatore a fotoionizzazione. L'unità di misura con la quale si misura la concentrazione di benzene è il microgrammo al metro cubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).</p>
<p>Situazione generale buona</p> 	<p>Le concentrazioni di benzene in atmosfera si sono significativamente ridotte nell'ultimo decennio a seguito delle pesanti limitazioni al suo uso come solvente, alla riduzione del suo contenuto nella benzina nonché all'aumento della percentuale di auto catalizzate sul totale di quelle circolanti.</p>

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