



**CAMPAGNA DI RILEVAMENTO
DELLA QUALITÀ DELL'ARIA
MEDIANTE STAZIONE MOBILE
COMUNE DI CANDELO Località "La Mandria"
05 novembre - 22 dicembre 2010**

ARPA Piemonte - Dipartimento Provinciale di Biella

21 aprile 2011

Testi ed elaborazioni a cura di:

Pasquale Scordino

Hanno collaborato per la realizzazione della campagna di monitoraggio:

Pasquale Scordino, Bergando Alexander

ARPA Piemonte Dipartimento Provinciale di Biella - Responsabile Dott.

Pietro Girò

Struttura Semplice di Produzione 09.02 - Responsabile Dott. Gianfranco

Piancone

Le determinazioni gravimetriche del particolato atmosferico

PM10 sono state realizzate da:

ARPA Piemonte Dipartimento Provinciale di Vercelli - Responsabile Dott.

Giancarlo Cuttica

Struttura semplice di Produzione 13.02 - Responsabile Dott. Giancarlo

Cuttica

Si ringrazia per la gentile collaborazione il personale del:

Comune di Candelo

Agriturismo "La Mandria"

Indice

1	Introduzione	2
2	Inquadramento normativo	5
2.1	Normativa nazionale	7
2.2	Normativa regionale	7
3	Risultati del monitoraggio	9
3.1	Breve guida alla lettura dei dati	9
3.2	Simbologia usata nel testo	10
3.2.1	Composti chimici e simboli	10
3.2.2	Unità di misura	11
3.2.3	Definizioni	11
3.3	Biossido di Zolfo	12
3.4	Biossido e Monossido d'Azoto	14
3.5	Monossido di Carbonio	18
3.6	Ozono	21
3.7	Benzene	27
3.8	Particolato Atmosferico PM10	30
4	Commenti e conclusioni	34
	Bibliografia	55

Sommario

Questa campagna di monitoraggio è stata commissionata dal Comune di Candelo quale strumento oggettivo di verifica della qualità dell'aria.

Il monitoraggio con laboratorio mobile si rende necessario ogni volta che si vuole approfondire la conoscenza sullo stato della qualità dell'aria in un determinato sito lontano dalle stazioni fisse di monitoraggio appartenenti alla rete regionale.

Capitolo 1

Introduzione

Il Comune di Candelo conta circa 7800 abitanti ed è situato ad est di Biella ad un'altitudine di 271 m s.l.m. e ad una distanza di circa 5 km dal capoluogo provinciale. Candelo è situato lungo un importante "asse" ad elevata densità abitativa ed industriale/artigianale, individuabile territorialmente dai comuni di Biella, Candelo, Vigliano, Valdengo, Cossato, posti lungo il corso del Torrente Cervo. Inoltre, il territorio del Comune di Candelo comprende una grande parte dell'altopiano selvaggio e suggestivo della Baraggia, chiamato il Baraggione. Il sito in cui è stata posizionata la stazione si trova nelle immediate vicinanze della riserva naturale La Baraggia, in una zona prettamente agricola. La campagna di misura si configura come di tipo conoscitiva ed è conclusione di un ciclo che ha avuto inizio con la campagna di monitoraggio effettuata nel periodo primaverile.

Nel corso della campagna si sono effettuate le misurazioni dei principali inquinanti atmosferici mediante analizzatori e campionatori in continuo. La campagna di rilevamento effettuata ha avuto una durata di circa 42 giorni. Gli inquinanti misurati sono stati: Ossidi di azoto, Particolato PM10, Biossido di zolfo, Ozono, Monossido di carbonio, Benzene e altri idrocarburi aromatici.

Va sottolineato che i dati acquisiti nel corso delle campagne di monitoraggio effettuate con il Laboratorio Mobile non permettono di effettuare una trattazione in termini statistici, secondo quanto previsto dalla normativa per la qualità dell'aria, ma forniscono un quadro, seppure limitato dal

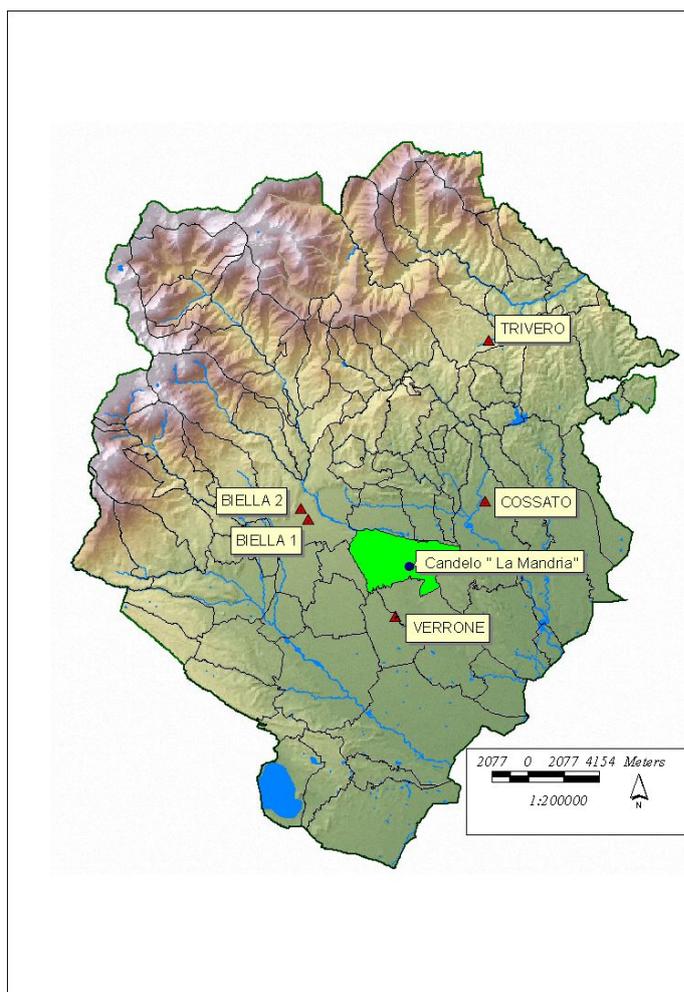


Figura 1.1: Cartina della Provincia di Biella con evidenziato il Comune di Candelo e il sito del monitoraggio.

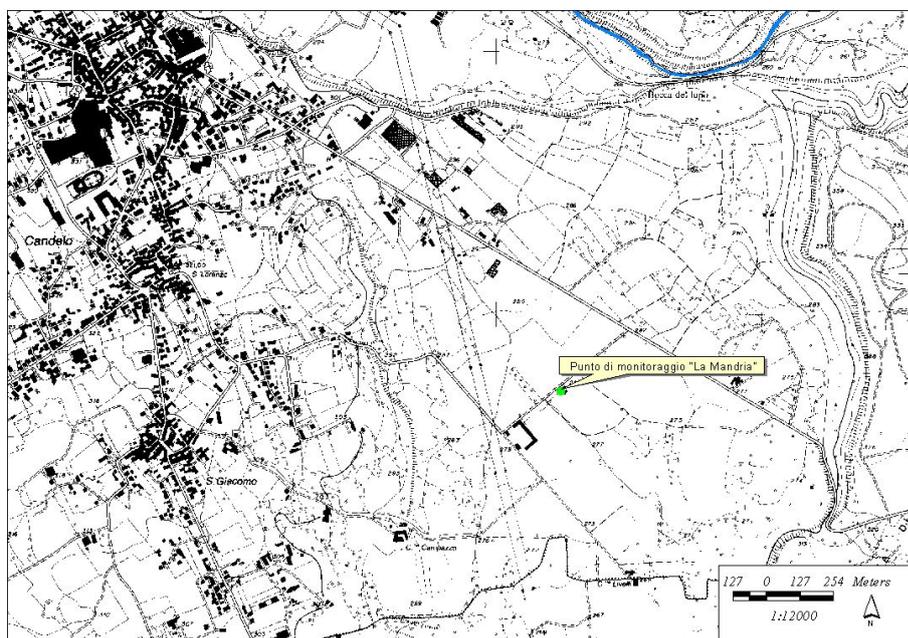


Figura 1.2: Cartina del sito di monitoraggio nel Comune di Candelo.

punto di vista temporale, della situazione di inquinamento atmosferico relativa al comune oggetto della campagna di rilevamento della qualità dell'aria. Una trattazione completa, secondo quanto previsto dalla normativa vigente, dovrebbe prevedere campagne di monitoraggio caratterizzate da una durata tale da comprendere almeno 300 giornate di rilevamento, uniformemente distribuite nel corso dell'anno (ISTISAN 87/6). Nel nostro caso, invece, dove il periodo di monitoraggio si è protratto complessivamente per 42 giorni, i dati acquisiti ci permettono di formulare una valutazione presuntiva degli andamenti stagionali per i vari inquinanti.

Capitolo 2

Inquadramento normativo

Prima di esporre le risultanze dei rilevamenti è necessario fare alcune considerazioni di premessa riguardanti il quadro normativo a livello europeo in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria.

La normativa in materia di rilevamento della qualità dell'aria (QA) ed i relativi valori limite sono stati riveduti ed aggiornati con il Decreto Legislativo 4/8/1999 n. 351, normativa che, recependo la Direttiva “quadro” in materia di qualità dell'aria 96/62/CE, ha delineato i principi di base per la gestione ed il controllo della QA nel prossimo futuro. Il Dlgs 351/99 va a definire il nuovo contesto generale ed i principi di base per la gestione e controllo dell'aria ambiente (art. 1), rimandando a successivi decreti attuativi la definizione di valori limite, valori obiettivo, margini di tolleranza. Il DLgs 351/99 ha modificato in modo qualitativo e quantitativo le strategie finora adottate per affrontare la complessa problematica relativa alla valutazione della qualità dell'aria nonché agli interventi da attuare per il suo miglioramento.

Il DM 13/4/2002 n. 60, che ha recepito le Direttive 2000/69/CE e 30/1999/CE, è il primo dei decreti attuativi previsti dal D.Lgs 351/99; esso ha ridefinito, per gli inquinanti biossido di zolfo, ossidi di azoto, benzene, particelle PM10, monossido di carbonio e piombo i metodi di riferimento, i valori limite sul breve e lungo periodo, fornendo così un valido strumento operativo in applicazione del D.Lgs 351/99 stesso. Le nuove disposizioni rivedono ed aggiornano i valori limite di QA sia sotto l'aspetto quantitativo

(stabilendo nuovi valori numerici di soglia), sia sotto l'aspetto qualitativo, definendo nuove tipologie di valori limite per arrivare a definire in modo sempre più preciso lo stato di QA di una determinata zona geografica.

Tra gli elementi innovativi per la gestione della QA introdotti dal Dlgs 351/99 e dal DM 60/2002, ricordiamo:

- La fissazione di valori limite sia a breve che a medio termine (annuali);
- L'abrogazione dei livelli di attenzione di cui al DM 25/11/1994;
- L'introduzione di limiti per la protezione della vegetazione, oltre a quelli per la protezione della salute;
- La fissazione di valori limite per benzene e PM10, due inquinanti molto importanti, in sostituzione dei precedenti "obiettivi di qualità", meno vincolanti;
- La definizione di un arco temporale di alcuni anni per l'adeguamento della QA ai nuovi standard;
- L'enfasi particolare data alle attività di divulgazione delle informazioni sullo stato di QA.

Il Dlgs n° 183 del 21 maggio 2004, con cui è stata recepita la DIR 2002/03/CE del 12/2/2002, rappresenta un ulteriore passo verso la nuova gestione della qualità dell'aria: esso definisce per l'inquinante Ozono, i nuovi valori limite sul breve e lungo periodo ed abrogati i vecchi livelli di concentrazione previsti dai DM 25/11/1994 e DM 16/5/1996. Con il Dlgs n° 155 del 13/08/2010 sono state abrogate tutte le normative nazionali sopra esposte, riunendole in un solo atto legislativo.

La discussione più dettagliata dei valori limite è rimandata alla descrizione dei singoli inquinanti.

Si riporta di seguito un elenco delle più importanti normative:

2.1 Normativa nazionale

- Decreto Legislativo 13/8/2010 n. 155: “Attuazione della Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell’aria ambiente e per l’aria più pulita in Europa”.

2.2 Normativa regionale

- Legge Regionale n. 43 del 7/4/2000: “Disposizioni per la tutela dell’ambiente in materia di inquinamento atmosferico;
- Prima attuazione del Piano regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell’aria”;
- Deliberazione della Giunta Regionale 31/7/2000 n. 27-614 “Raccomandazioni per la popolazione esposta ad episodi acuti di inquinamento da ozono”.

La Regione Piemonte a dato corso alle disposizioni delle normative sopra richiamate con una serie di atti; oltre alla L.R. 43/2000 ed in sua attuazione sono stati emanati due importanti documenti:

- la DGR 5/8/2002 n. 109-6941: Approvazione della “Valutazione della qualità dell’aria nella Regione Piemonte anno 2001”, che rappresenta un esame dello stato regionale della qualità dell’aria sulla base dei dati di rilevamento finora disponibili e di stime di concentrazioni di inquinanti ove tali misure non sono state finora effettuate;
- la DGR 11/11/2002 n. 14-7623 che stabilisce una zonizzazione del territorio piemontese in ordine alla qualità dell’aria, assegnando i vari comuni piemontesi alle Zone 1, 2, 3p e 3 (in ordine di criticità decrescente).

A sua volta la Provincia di Biella, in ottemperanza alle normative sopra richiamate, ha emanato il Piano d’Azione ex art.7 del Decreto legislativo 4 agosto 1999 n. 351 (rif. Deliberazione della giunta provinciale n. 449 del 28 ottobre 2003 e successivamente aggiornato con DGP n. 449 del 28.10.2003,

n. 46 del 11.02.05 e n. 4 del 31.01.2006) in cui vengono definiti i primi provvedimenti da attuare per la riduzione del rischio di superamento dei valori limite e delle soglie di allarme stabilite per gli inquinanti in atmosfera.

Per un approfondimento degli argomenti trattati in questo paragrafo si rinvia il lettore interessato ai documenti originali.

Capitolo 3

Risultati del monitoraggio

3.1 Breve guida alla lettura dei dati

La presente relazione è organizzata in schede e tabelle che riportano, in forma riassuntiva e sintetica, i risultati delle rilevazioni di parametri chimici durante la campagna di monitoraggio. I dati orari provenienti dagli analizzatori sono stati rielaborati in una forma accessibile e di facile lettura anche ai non specialisti in modo da poterne cogliere i contenuti e le informazioni essenziali ad una valutazione dello stato di qualità dell'aria.

I report dei dati, suddivisi per parametro, sono preceduti da una breve introduzione che descrive sinteticamente le caratteristiche più importanti del composto monitorato: proprietà chimiche, fonti di inquinamento, effetti sull'uomo e sull'ambiente, tecniche di misura ecc. In tale sezione sono riportati anche i valori limite normativi di riferimento. I dati veri e propri sono quindi organizzati in schede suddivise per parametro. Sono inoltre riportati in molti casi i grafici dell'andamento orario settimana per settimana, con alcuni confronti con i dati rilevati nello stesso periodo dalla più vicina stazione di monitoraggio.

a) Scheda di parametro

I dati sono presentati in forma grafica su apposite schede di parametro. Ciascuna scheda si riferisce ad un composto misurato durante la campagna. Le informazioni sono strutturate come segue:

1. La parte superiore contiene una tabella riassuntiva delle rilevazioni, suddivise per parametro. Vi sono riportate informazioni quali:
 - La percentuale dei dati orari validi acquisiti sul totale di ore di misura; questo dato è funzione del regolare funzionamento dall'analizzatore, dei tempi di intervento e di calibrazione della funzionalità delle trasmissioni ecc. Tutte le informazioni della scheda sono basate sul numero di dati validi indicati;
 - Il numero di superamenti di livelli di protezione della salute o di altri valori limite (ad es. i livelli di protezione della vegetazione o i livelli di attenzione/allarme per l'ozono intervenuti nel corso del periodo di rilevamento);
 - Valori medi, minimi o massimi di concentrazione rilevati nella campagna di misura;
 - Il valore massimo del "giorno medio". Il giorno medio del periodo di rilevamento si ottiene calcolando, per ciascuna ora del giorno, la media delle concentrazioni rilevate lungo l'arco della campagna; il valore massimo del giorno medio è il più elevato valore orario medio di concentrazione.

b) Commento e discussione

La presentazione sintetica dei risultati è seguita da una discussione degli stessi.

3.2 Simbologia usata nel testo

Per facilitare i lettori meno esperti in materia si riporta di seguito un'indicazione dei principali simboli utilizzati nel testo con la relativa spiegazione.

3.2.1 Composti chimici e simboli

CO: monossido di carbonio o ossido di carbonio;

SO₂: biossido di zolfo o anidride solforosa;

O₃: ozono;

NO₂: ossidi totali di azoto (somma di biossido e monossido, generalmente espressa come biossido);

NO: monossido di azoto;

PM10: particolato atmosferico di diametro aerodinamico inferiore a 10 micrometri (millesimi di millimetro); indicato anche come “polveri sottili” o “polveri fini”.

3.2.2 Unità di misura

Generalmente gli inquinanti monitorati sono presenti in atmosfera a concentrazioni molto basse (approssimativamente da 10⁻⁴ a 10⁻⁷ volte inferiori) rispetto ai normali costituenti atmosferici (ossigeno e azoto). Le unità di misura adeguate per descrivere il comportamento degli inquinanti esprimono la quantità in peso di inquinante rispetto ad un volume di aria:

mg/m³: Milligrammo al metro cubo. E' l'unità di misura del monossido di carbonio in atmosfera.

μg/m³: Microgrammo al metro cubo. 1 microgrammo (*μg*) corrisponde ad un milionesimo di grammo. E' l'unità di misura che rappresenta le concentrazioni di ozono, ossidi di azoto, *PM10*, biossido di zolfo, benzene. 1 milligrammo al metro cubo equivale a 1000 *μg/m³*

ng/m³: nanogrammo al metro cubo. 1 nanogrammo (*ng*) corrisponde ad un miliardesimo di grammo. E' l'unità di misura che rappresenta le concentrazioni dei metalli pesanti eccetto il piombo e degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA). 1 milligrammo al metro cubo equivale a 1000000 *ng/m³*

3.2.3 Definizioni

Tecnica gravimetrica: Il principio di misurazione si basa sulla raccolta del Materiale Particolato *PM10* su un filtro e sulla determinazione in laboratorio della corrispondente massa per pesata.

Biella 1: Denominazione della stazione di rilevamento fissa della qualità dell'aria sita in via Don Sturzo, 20 nel Comune di Biella.

Biella 2: Denominazione della stazione di rilevamento fissa della qualità dell'aria sita in piazza Lamarmora, 6 presso Villa Shneider nel Comune di Biella.

Cossato: Denominazione della stazione di rilevamento fissa della qualità dell'aria sita in piazza della Pace, 2 nel Comune di Cossato.

Ponzone: Denominazione della stazione di rilevamento fissa della qualità dell'aria sita in frazione Ponzone presso la piazza del mercato nel Comune di Trivero.

Verrone: Denominazione della stazione di rilevamento fissa della qualità dell'aria sita in via per Benna presso i giardini Zumaglini nel Comune di Verrone.

3.3 Biossido di Zolfo

Si origina dalla reazione dello zolfo contenuto nei combustibili con l'ossigeno durante i processi di combustione. Sorgenti di zolfo sono i combustibili fossili liquidi e solidi (carbono, gasolio, olio combustibile). L'anidride solforosa può dunque provenire da impianti di riscaldamento civili, fonti industriali e in misura minore, dal traffico veicolare. Il biossido di zolfo in atmosfera viene lentamente convertito a triossido e quindi ad acido solforico, che oltre ad essere in parte responsabile dell'acidificazione delle precipitazioni va anche a costituire, sotto forma di solfati una importante frazione del particolato atmosferico (solfati di ammonio o solfati di metalli pesanti). Fino non molti anni or sono era ritenuto l'inquinante atmosferico più importante, ma con il miglioramento della qualità dei combustibili per il riscaldamento e per autotrazione e con l'estendersi della metanizzazione in molte città, la sua concentrazione in atmosfera è andata via via decrescendo. Gli effetti cronici ed acuti sull'uomo sono piuttosto noti; è considerato un broncoirritante a marcata attività.

3.3. BIOSSIDO DI ZOLFO

<i>Rif. Normativo: D.M. n° 60 del 02/04/2000</i>	<i>Periodo mediazione</i>	<i>Valore limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>
Valore limite orario	1 ora	350
Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	24 ore	125
Soglia di allarme	1 ora per tre ore con- secutive	500
Valore limite per la pro- tezione degli ecosistemi	Anno civile ed inverno	20

Tabella 3.1: Valori limite dell' SO_2 secondo il D.M. n° 60 del 02/04/2000

Metodo di misura: Il biossido di zolfo è stato analizzato utilizzando il metodo a fluorescenza. Il metodo si basa sulla misura della radiazione fluorescente emessa dal biossido di zolfo dopo opportuna eccitazione.

	<i>Numero dati validi</i>	<i>N° di superamenti valore limite orario (350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>N° di superamenti valore limite giornaliero (125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>Valore Medio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>Valore Massimo (media giornaliera) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>Valore Massimo orario ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>Valore Massimo del giorno medio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>
Biossido di Zolfo	24 %	0	0	8	14	25	13

Tabella 3.2: Valori medi riassuntivi dell' SO_2

3.4 Biossido e Monossido d'Azoto

Sono inquinanti prodotti in tutti i processi di combustione (veicoli, impianti termici, industrie). Con il termine “ossidi di azoto” (NO_x) si intende la somma del monossido e del biossido, pur non essendo questi gli unici composti ossigenati dell'azoto presenti in atmosfera. Il monossido è un composto di bassa tossicità per il quale non sono stati stabiliti specificamente valori limite di qualità dell'aria, la cui importanza risiede nel fatto di essere il precursore del biossido di azoto. E' infatti il monossido ad essere prodotto primariamente nelle combustioni. In presenza di ossigeno il monossido viene rapidamente convertito a biossido di azoto, che presenta una tossicità ben maggiore. Gli ossidi di azoto rivestono grande importanza ambientale

e sanitaria per la molteplicità di fenomeni di inquinamento ambientale cui prendono parte:

1. Il biossido di azoto è un composto che presenta una nocività intrinseca, la quale giustifica l'esistenza di un valore limite orario di qualità dell'aria ed anche di una soglia di allarme. A concentrazioni di 10 – 20 ppm esercita una azione irritante sugli occhi, naso e sulle vie respiratorie. Inoltre, introdotto nell'organismo attraverso il processo respiratorio alveolare si combina con l'emoglobina, modificandone le proprietà chimiche e fisiologiche dando luogo a formazione di metaemoglobina. Questa ultima molecola non è più in grado di trasportare l'ossigeno (ruolo che è proprio dell'emoglobina); già a valori intorno al 3% - 4% di metaemoglobina si manifestano disturbi a carico della respirazione.
2. Gli ossidi di azoto giocano un ruolo importante nel fenomeno delle piogge acide. Il biossido presente in atmosfera può infatti subire una serie di trasformazioni che hanno come risultato la sua conversione in acido nitrico, con conseguente acidificazione dell'umidità atmosferica. Precipitazioni acide hanno effetti sul patrimonio artistico, ma anche sull'ecosistema, in quanto alterano gli equilibri chimico-fisici a livello del suolo e provocano danni alla vegetazione.
3. L'acido nitrico proveniente dall'ossidazione di NO_2 va costituire, come tale o sotto forma di nitrato (soprattutto nitrato di ammonio) una frazione importante degli aerosol atmosferici.
4. Un ulteriore ruolo fondamentale nel determinare la qualità dell'aria di territorio, gli NO_x lo esercitano nella partecipazione ai processi di formazione dello smog fotochimico. Con questo termine si intende una miscela molto complessa di composti altamente reattivi e perciò fortemente aggressivi per l'uomo, gli animali, la vegetazione ed i materiali e quindi potenzialmente nocivi per la salute e per l'ambiente anche a bassissime concentrazioni. Lo smog fotochimico si forma, sotto particolari condizioni meteorologiche, in presenza di opportune concentrazioni di biossido di azoto, ozono e composti organici volatili.

Il processo di formazione è innescato dalla reazione del biossido di azoto con la luce del sole e procede con una serie di reazioni a catena non controllabili. La formazione dello smog fotochimico è favorita nei centri urbani ad alta densità di traffico, in condizioni di calma di vento e di alta insolazione.

Il controllo degli ossidi di azoto rappresenta un importante fattore da tenere in considerazione nell'elaborazione di strategie di intervento volte ad evitare un peggioramento della qualità dell'aria.

Gli ossidi di azoto, ed in particolare il biossido, risultano quindi inquinanti il cui monitoraggio appare indispensabile. L'unità di misura della concentrazione del biossido di azoto è il microgrammo al metro cubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$); gli ossidi totali di azoto (NO_x) sono espressi in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di NO_2 .

3.4. BIOSSIDO E MONOSSIDO D'AZOTO

<i>Rif. Normativo: D.M. n° 60 del 02/04/2000</i>	<i>Periodo mediazione</i>	<i>Valore limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>Commenti</i>
Valore limite orario	1 ora	200	Da non superare più di 18 volte l'anno
Valore limite giornaliero	anno civile	40	
Soglia di allarme	1 ora per tre ore consecutive	400	
Valore limite per la protezione della vegetazione	Anno civile	30	

Tabella 3.3: Valori limite dell' NO_2 secondo il D.M. n° 60 del 02/04/2000

E' evidente dalla tabella che la qualità dell'aria rispetto al biossido di azoto può essere esaminata sul breve periodo (medie orarie) oppure su periodi più lunghi (medie mensili ed annuali), nel caso della presente campagna, che ha una durata limitata di circa due mesi, l'elaborazione e le considerazioni verranno fatte sulla base delle medie orarie.

Metodo di misura: gli ossidi di azoto sono analizzati con il metodo a chemiluminescenza. Il metodo si basa sulla reazione chimica tra il monossido di azoto e l'ozono, che produce una luminescenza caratteristica, di intensità proporzionale alla concentrazione di NO . La reazione è specifica per il monossido di azoto. In questo modo lo strumento misura alternativamente l' NO e la somma $\text{NO} + \text{NO}_2$ (NO_x). La concentrazione di biossido viene calcolata per differenza tra gli ossidi totali (NO_x) e il monossido di azoto (NO).

	<i>Numero dati validi</i>	<i>N° di superamenti valore limite orario (200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>N° di superamenti soglia di allarme (400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>Valore Medio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>Valore Massimo (media giornaliera) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>Valore Massimo orario ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>Valore Massimo del giorno medio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>
Biossido di Azoto	68 %	0	0	27	45	71	40
Monossido di Azoto	68 %	-	-	13	45	122	26

Tabella 3.4: Valori medi riassuntivi dell' NO_2 e NO

3.5 Monossido di Carbonio

Il monossido di carbonio è un gas tossico che si forma in tutti i processi di combustione che avvengono in difetto di ossigeno. La causa principale di inquinamento da monossido di carbonio è oggi indubbiamente costituita dal traffico veicolare. Si stima che il settore dei trasporti contribuisca per il 90% alle emissioni di CO di origine antropica. La quantità di CO prodotta dipende dal tipo di motorizzazione, dalla velocità di marcia e da altri fattori. Si verificano alte produzioni di questo inquinante in condizioni di traffico congestionato, con bassa velocità di scorrimento, che si realizzano tipicamente nei centri urbani. Fonti di emissione di minore importanza sono le attività industriali in cui sono coinvolti processi termici e gli impianti di riscaldamento delle abitazioni. La situazione del CO è in via di migiora-

mento con l'introduzione diffusa di auto dotate di marmitta catalitica, che permettono di ridurre le emissioni di CO fino al 90%.

Il monossido di carbonio ha la proprietà di fissarsi all'emoglobina del sangue, entrando in competizione con l'ossigeno, il cui legame con l'emoglobina è di circa 200 volte più debole, portando così ad un'alterazione del meccanismo di trasporto dell'ossigeno stesso dai polmoni a tutti i distretti dell'organismo. A concentrazioni molto elevate (che si rinvencono però in ambienti chiusi) il CO può portare a morte per asfissia; alle concentrazioni rilevabili nei centri urbani gli effetti tossici sono meno evidenti, ma possono provocare condizioni croniche di insufficienza respiratoria.

<i>Rif. Normativo: D.M. n° 60 del 02/04/2000</i>	<i>Periodo mediazione</i>	<i>Valore limite (mg/m³)</i>
Valore limite protezione salute umana	Media massima giornaliera su 8 ore	10

Tabella 3.5: Valori limite del *CO* secondo il D.M. n° 60 del 02/04/2000

Metodo di misura: l'analisi si basa sull'assorbimento da parte del monossido di carbonio della radiazione IR (infrarossa) a 4.7 μm .

	<i>Numero dati validi</i>	<i>N° di superamenti valore limite (10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>Valore Massimo orario ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>Valore Massimo del giorno medio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>
Monossido di Carbonio	67 %	0	2.0	1.2

Tabella 3.6: Valori medi riassuntivi di *CO*

3.6 Ozono

Si tratta di una forma di ossigeno molecolare altamente reattivo che si forma come inquinante secondario in un ciclo di reazioni che vede coinvolti anche gli ossidi di azoto. La reazione fondamentale di produzione di ozono è costituita dalla fotolisi del biossido di azoto:



L'ossigeno monoatomico liberato nel corso del processo reagisce poi rapidamente con l'ossigeno molecolare atmosferico formando ozono.

L'ozono di cui si tratta in questa relazione è quello troposferico, presente negli strati più bassi dell'atmosfera ed in prossimità del suolo e non va confuso con l'ozono presente nella stratosfera, la cui diminuzione (il "buco dell'ozono") costituisce invece un serio problema ambientale a scala mondiale e che presenta però modalità di formazione differenti. La formazione dell'ozono troposferico è legata dunque all'intensità della radiazione ultravioletta

al suolo (l'andamento giornaliero presenta infatti una curva a campana che va di pari passo con i valori di radiazione solare incidente), tuttavia la sua concentrazione finale è determinata anche dalla presenza di altre sostanze, quali gli ossidi di azoto ed i composti organici volatili (idrocarburi, aldeidi, chetoni, ecc. emessi in gran quantità da sorgenti naturali ed antropiche), specie dette perciò precursori. La sua elevata capacità ossidante lo rende direttamente in grado di reagire con i tessuti viventi: è un riconosciuto broncoirritante ed è in grado di alterare la funzionalità polmonare, nonché di causare disturbi agli occhi e alle mucose. Inoltre i vegetali sono particolarmente sensibili alla sua azione. L'ozono esplica però anche un'azione inquinante e nociva indiretta in quanto è coinvolto nella formazione dello smog fotochimico, una miscela complessa molto reattiva di composti organici a diverso stato di ossidazione, radicali liberi, particolato fine, che acquista particolare importanza ambientale soprattutto nelle giornate invernali a cielo sereno, caratterizzate da un'elevata stabilità atmosferica e forti immissioni antropiche di precursori.

A causa dei danni diretti ed indiretti alla salute, all'ecosistema ed anche al patrimonio artistico di cui è responsabile, l'ozono è oggetto di particolare attenzione dal punto di vista normativo, in sede nazionale e comunitaria. In Italia recentemente è stata recepita la Direttiva 2002/3/CE con il D. Lgs n° 183 del 21/5/2004 sono stati introdotti nuovi limiti, soglie e obiettivi a lungo termine. Il D. Lgs 183/04 introduce in particolare:

- Valore bersaglio per la protezione umana pari a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (massima media su 8 ore);
- Soglia di informazione, pari a $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (oraria), definita come “livello oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione e raggiunto il quale devono essere adottate specifiche misure”;
- Soglia di allarme, pari a $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (oraria), definita come “livello oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione

di breve durata e raggiunto il quale devono essere adottate specifiche misure”.

<i>Rif. D.Lgs. 21/05/2004</i>	<i>Normativo: n° 183 del</i>	<i>Periodo medi- azione</i>	<i>Valore limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>
Soglia di Informazione		Media Oraria	180
Soglia di Allarme		Media Oraria	240
Valore bersaglio per la protezione salute umana		Media massima giornaliera su 8 ore	120

Tabella 3.7: Valori limite dell' O_3 secondo il D.Lgs. n° 183 del 21/05/2004

La problematica dell'inquinamento da ozono si manifesta soprattutto nei mesi della tarda primavera e dell'estate, quando le concentrazioni al suolo di questo composto raggiungono livelli preoccupanti che richiedono l'attivazione di un continuo stato di sorveglianza ed informazione. Il profilo delle medie mensili riflette la dipendenza della concentrazione di ozono dall'intensità della radiazione solare. Un'altra caratteristica importante dell'inquinamento da ozono sta nella sua distribuzione piuttosto omogenea su ampie aree di territorio, che ne fa un problema di dimensione sicuramente sovracomunale e sovraprovinciale.

Ozono: indice di qualità dell'aria in Regione Piemonte ed in provincia di Biella. La Regione Piemonte ha definito per l'ozono un indice complessivo di qualità dell'aria che si esprime con l'assegnazione ad una determinata area geografica di un unico "livello di ozono" su una scala che va dal valore 0 (migliore qualità dell'aria) a 3 (peggiore qualità dell'aria). La rappresentazione indicizzata dello stato di qualità dell'aria mediante l'assegnazione giornaliera del "livello di ozono" complessivo permette così una visualizzazione sintetica ed immediata che tiene conto contemporaneamente dell'esistenza delle due differenti tipologie di valori limite per la protezione della salute.

CAPITOLO 3. RISULTATI DEL MONITORAGGIO

A ciascun livello di ozono corrisponde un intervallo di medie orarie e su 8 ore di riferimento, come indicato nella seguente tabella:

<i>Livello di Inquinamento</i>	<i>Tipo di dato</i>	<i>Intervallo di riferimento ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>
Livello 0	Media Oraria	Inf. 180
	Media Mobile su 8 ore	Inf. 110
Livello 1	Media Oraria	180 - 240
	Media Mobile su 8 ore	110 - 140
Livello 2	Media Oraria	240 - 360
	Media Mobile su 8 ore	140 - 220
Livello 3	Media Oraria	Sup. 360
	Media Mobile su 8 ore	Sup. 220

Tabella 3.8: Livelli di inquinamento da Ozono secondo la DGR n°.27-614 del 31/7/2000

I livelli di ozono sono dunque determinati per confronto con fasce di concentrazioni stabilite in base ai valori limite attualmente vigenti.

Inoltre a ciascun livello di ozono corrispondono differenti consigli e raccomandazioni per la popolazione, in particolare per i soggetti considerati più a rischio, secondo quanto riportato in Tabella:

Livello 0

- Nessuna precauzione

Livello 1

- Categorie sensibili (bambini, anziani, asmatici ecc): evitare attività fisica all'aperto durante le ore più calde della giornata.
- A tutta la popolazione: evitare sforzi fisici, nelle ore più calde della giornata e mangiare cibi ricchi di Selenio e di vitamina C ed E (es pomodori, peperoni rossi, uova, asparagi ecc).

Livello 2

- Categorie sensibili (bambini, anziani, asmatici ecc): evitare qualsiasi attività fisica nelle ore più calde della giornata.

- A tutta la popolazione: evitare sforzi fisici, nelle ore più calde della giornata e mangiare cibi ricchi di Selenio e di vitamina C ed E (es pomodori, peperoni rossi, uova, asparagi ecc).

Livello 3

- Categorie sensibili (bambini, anziani, asmatici ecc): evitare di uscire di casa durante le ore più calde della giornata.
- A tutta la popolazione: evitare sforzi fisici, anche moderati, nelle ore più calde della giornata e mangiare cibi ricchi di Selenio e di vitamina C ed E (es pomodori, peperoni rossi, uova, asparagi ecc).

Metodo di misura: l'analisi si basa sull'assorbimento da parte dell'ozono della radiazione UV (ultravioletta) a 254 nm.

	<i>Numero dati validi</i>	<i>N° di superamenti soglia di attenzione (180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>N° di superamenti soglia di allarme (240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>N° Superamenti valore protezione salute (120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>Valore Massimo (media giornaliera) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>Valore Massimo orario ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>Valore Massimo del giorno medio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>
Ozono	68 %	0	0	0	48	77	43

Tabella 3.9: Valori medi riassuntivi dell' O_3

3.7 Benzene

Il benzene appartiene alla classe degli idrocarburi aromatici, i cui componenti più noti sono oltre al benzene stesso, toluene e xileni. La loro concentrazione in atmosfera nelle aree urbane è direttamente correlabile al traffico veicolare: infatti il benzene è diventato un inquinante atmosferico di primaria importanza solo da alcuni anni, con l'introduzione sul mercato delle benzine verdi, di cui è un componente. L'entità delle emissioni di benzene con i gas di scarico è funzione della composizione del combustibile, in particolare della frazione di benzene e di idrocarburi aromatici (rispettivamente circa l'1% ed il 30%), ma è legata anche alla presenza ed alla funzionalità dei dispositivi di depurazione dei gas di scarico installati sui veicoli, in particolare un fattore importante risulta essere la temperatura del catalizzatore. Stime recenti indicano che le maggiori emissioni di benzene (in

termini di t/anno) provengono dalle auto non catalizzate e dai ciclomotori, seguiti dalle auto dotate di catalizzatore. Scarso è il contributo derivante dai motori diesel. Un'altra non trascurabile fonte di benzene è costituita dalle cosiddette emissioni evaporative (ad esempio, perdite dal serbatoio o durante i rifornimenti) che è stimabile attorno al 10% delle emissioni da combustione. Gli effetti del benzene sulla salute umana sono ormai accertati: il benzene è stato classificato dal 1982, dalla IARC (International Agency for Research on Cancer), in Classe 1 (cancerogeno certo per l'uomo). Toluene e xileni sono composti di tossicità inferiore che non sono soggetti a limiti di qualità dell'aria.

<i>Rif. Normativo: D.M. n° 60 del 02/04/2000</i>	<i>Periodo mediazione</i>	<i>Valore limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>
Valore limite protezione salute umana	Media annuale	5

Tabella 3.10: Valori limite del benzene secondo il D.M. n° 60 del 02/04/2000

Metodo di misura: il benzene viene misurato mediante la tecnica della cromatografia capillare in fase gassosa, che permette la separazione e l'identificazione in tempi brevi (15 min) dei componenti della miscela gassosa campione. L'utilizzo di un rivelatore selettivo per i composti aromatici permette di separare le eventuali sostanze interferenti e di giungere alla determinazione quantitativa del benzene in modo preciso, accurato e molto sensibile.

	<i>Numero dati validi</i>	Valore Medio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valore Minimo orario ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valore Massimo orario ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valore Massimo del giorno medio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Benzene	55 %	1.2	0.1	12.3	3.3

Tabella 3.11: Valori medi riassuntivi del Benzene

3.8 Particolato Atmosferico PM10

Con il termine particolato si indica in generale una sospensione di particelle in aria, particelle che possono essere solidi aerodispersi, fasi liquide, oppure possono avere una struttura più complessa costituita ad esempio da un nucleo solido circondato da una fase liquida in equilibrio con la fase gassosa circostante. Le particelle, soprattutto le più piccole (di diametro inferiore al micron) non costituiscono una fase eterogenea inerte rispetto al gas, ma sono in una situazione di interazione dinamica con esso, come è ad esempio nel caso dello smog fotochimico. Il particolato costituisce perciò un sistema estremamente eterogeneo e complesso dal punto di vista dello stato fisico, delle proprietà aerodinamiche, della composizione chimica (organica ed inorganica) dell'origine (antropica, animale, vegetale, minerale), della tossicità. Sicuramente i processi di combustione (veicolare, civile, industriale) ne sono una fonte significativa.

L'elemento comune che permette di classificare il particolato sono le sue dimensioni, espresse in termini di diametro aerodinamico delle particelle;

in base alla distribuzione dimensionale di un campione di particolato se ne definisce la capacità di raggiungere più o meno in profondità le vie respiratorie (e di conseguenza la valenza sanitaria) ed altre proprietà quali il tempo di permanenza nell'atmosfera. Possiamo distinguere allora le polveri totali sospese (PTS), oppure la frazione di polveri il cui diametro aerodinamico è inferiore o uguale al valore nominale di $10\ \mu\text{m}$ (indicate in sigla come PM10). La frazione PM10 è molto importante ai fini tossicologici perché rappresenta per convenzione la cosiddetta frazione toracica delle polveri, cioè la frazione che può superare la laringe e penetrare nei bronchi e pertanto è oggetto di recente di un notevole interesse da parte del legislatore, man mano che si stanno accumulando sempre maggiori informazioni sull'esposizione della popolazione e sulle implicazioni sanitarie, soprattutto a lungo termine. La capacità di tale frazione del particolato di aggravare le patologie a carico dell'apparato respiratorio (bronchi, asma, enfisema polmonare) e cardiaco è ormai associata, mentre sono allo studio le eventuali proprietà mutagene, cancerogene e gli effetti epidemiologici. La crescente importanza del PM10 ha fatto sì che la misura del particolato totale (PTS) per la valutazione della qualità dell'aria sia oggi quasi interamente abbandonata, anche in virtù del fatto che i nuovi valori limite di qualità dell'aria riguardano soltanto la frazione toracica del particolato. La tossicità del particolato è legata soprattutto alla composizione chimica ed in particolare alla capacità di trattenere sulla sua superficie sostanze tossiche, quali metalli pesanti, idrocarburi policiclici aromatici, ecc. che possono essere rilasciate nelle vie respiratorie una volta inalate. Questo fenomeno di assorbimento/rilascio avviene in maniera differente in funzione delle dimensioni del particolato stesso con diametro inferiore a, rispettivamente, $10\ \mu\text{m}$, $2,5\ \mu\text{m}$, $1\ \mu\text{m}$ (PM10, PM2.5, PM1).

<i>Rif. Normativo: D.M. n° 60 del 02/04/2000</i>	<i>Periodo mediazione</i>	<i>Valore limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>Commenti</i>
Valore limite su 24 ore per la protezione salute umana	24 ore	50	da non superare più di 35 volte l'anno
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40	

Tabella 3.12: Valori limite dell'*PM10* secondo il D.M. n° 60 del 02/04/2000

Tecnica di misura del PM10: La tecnica gravimetrica: costituisce metodica di riferimento per la misura del PM10 ai sensi del DM 60/02. Essa permette l'acquisizione delle concentrazioni di PM10 solo su base giornaliera (non è possibile disporre di medie orarie). E' la tecnica da utilizzare per confrontare i dati sperimentali tra stazioni diverse e con il valore limite e per stabilire l'accadimento di superamenti.

3.8. PARTICOLATO ATMOSFERICO PM10

	<i>Numero dati validi</i>	<i>Valore Medio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>Valore Minimo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>Valore Massimo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>N° Superamenti valore limite giornaliero ($50\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>
PM10	73 %	27	4	59	3

Tabella 3.13: Valori medi riassuntivi del PM10

Capitolo 4

Commenti e conclusioni

Condizioni meteorologiche

Si riportano di seguito i profili di temperatura e precipitazioni rilevati nella campagna di monitoraggio. La temperatura minima giornaliera registrata è stata di $-4.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ e la massima di $5.6\text{ }^{\circ}\text{C}$, con una temperatura media dell'intero periodo di misura di $1.9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Il periodo di misura è stato caratterizzato da media piovosità, le precipitazioni sono state pari a 128 mm.

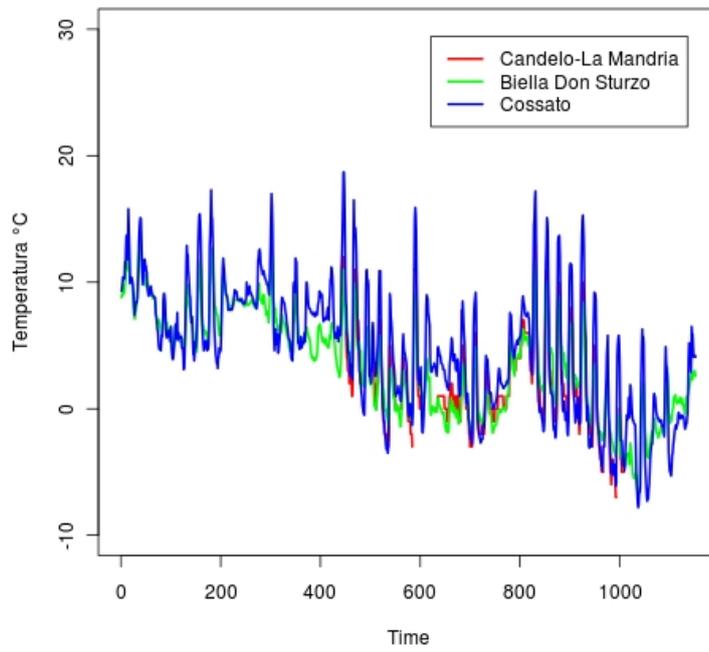


Figura 4.1: Grafico delle temperature registrate durante il periodo di rilevamento.

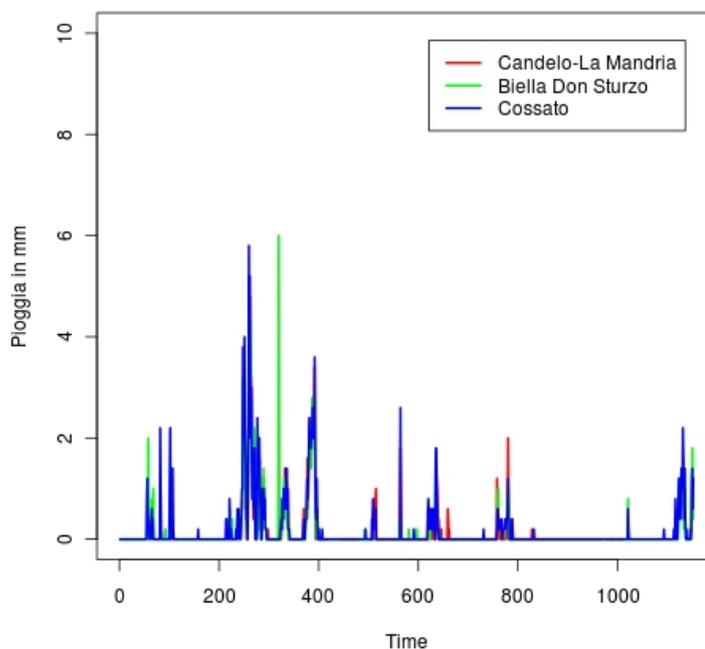


Figura 4.2: Grafico della pioggia registrata durante il periodo di rilevamento.

Biossido di Zolfo

L'analisi di dettaglio dei dati mostra che per tutto il periodo di misura, non si sono verificati superamenti dei valori limite. Il biossido di zolfo risulta basso (la media giornaliera massima è pari a $14 \mu g/m^3$) coerentemente con la stagione (gran parte del biossido di zolfo proviene dagli impianti di riscaldamento). Da un raffronto tra i risultati della presente indagine con quelli registrati a Biella Lamarmora, durante lo stesso periodo, emerge una situazione complessiva del tutto rassicurante, come di può osservare dai grafici 4.3 e 4.4: I valori massimi registrati presso Candelo-La Mandria sono simili a quelli registrati presso Biella Lamarmora, comunque abbondantemente al disotto dei limiti di legge.

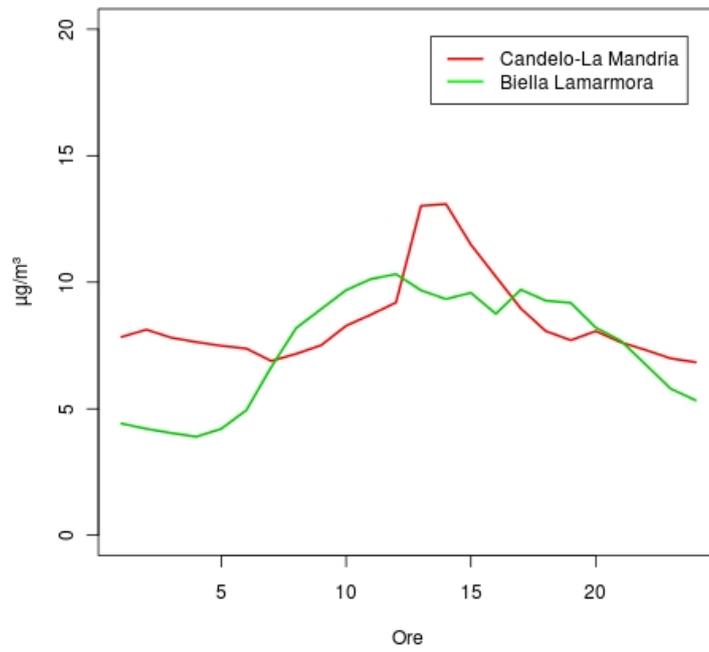


Figura 4.3: Grafico del giorno medio di SO_2 .

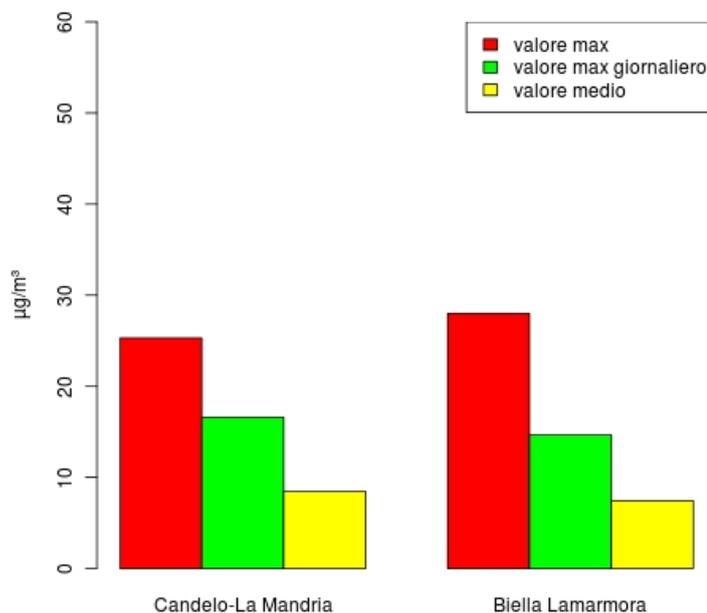


Figura 4.4: Grafico SO_2 confronto fra Candelo-La Mandria e Biella Lamarmora.

Ossidi di Azoto

Durante tutta la campagna non si sono mai raggiunte concentrazioni elevate nè di biossido nè di monossido di azoto. Per il biossido di azoto non si sono verificati superamenti del valore limite orario per la protezione della salute di $200 \mu g/m^3$ durante tutto il periodo di misura ed la concentrazione massima oraria misurata di $71 \mu g/m^3$ che è al disotto di tale limite. Non si sono registrati episodi acuti di inquinamento.

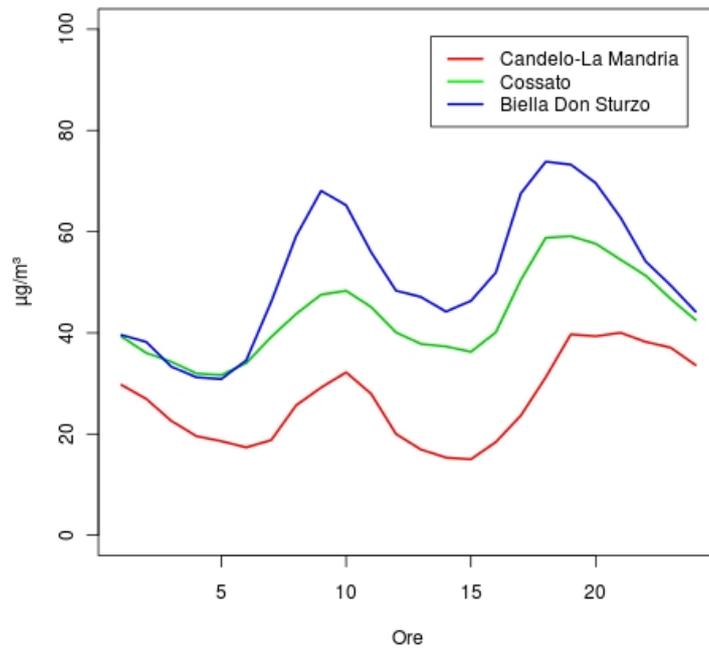


Figura 4.5: Grafico del giorno medio di NO_2 .

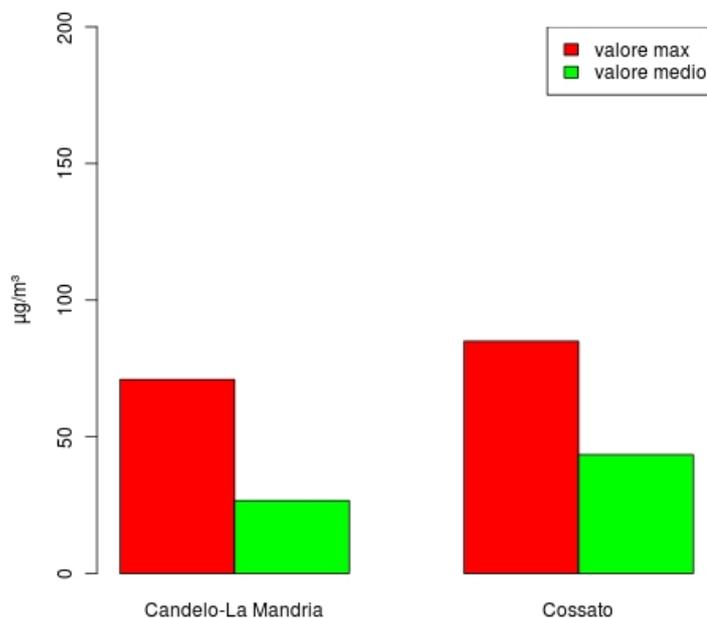


Figura 4.6: Grafico NO_2 confronto fra Candelo-La Mandria, Cossato e Biella Don Sturzo.

Monossido di Carbonio

La principale fonte di questo inquinante è costituita dalle emissioni del traffico veicolare. Durante la campagna di misura non si sono verificati superamenti del limite e le concentrazioni non salgono mai a concentrazioni da destare preoccupazioni sia nei valori di picco che in quelli mediati sulle 8 ore o sull'intero periodo di misura. Le concentrazioni si mantengono pressochè costanti durante tutto l'arco della giornata.

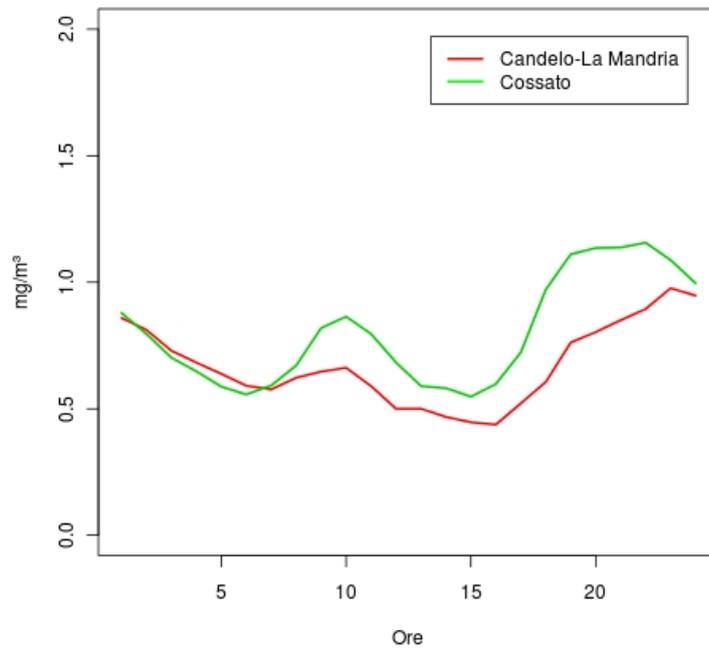


Figura 4.7: Grafico del giorno medio di *CO*.

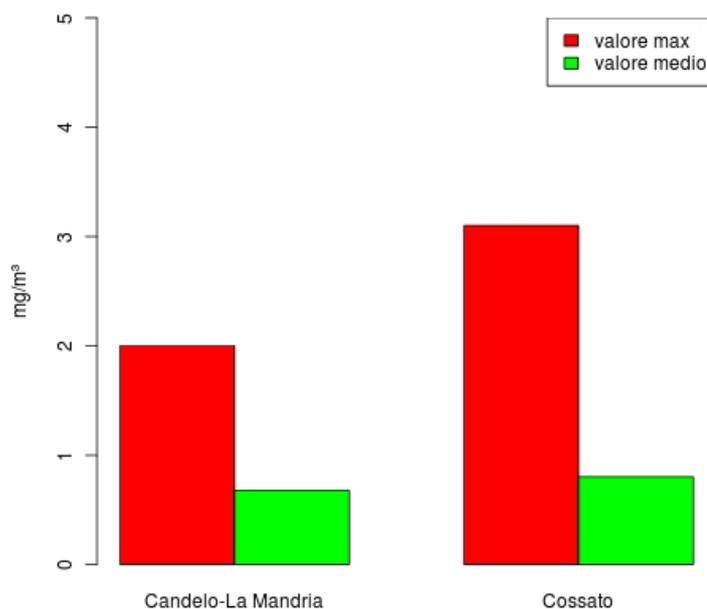


Figura 4.8: Grafico CO confronto fra Candelo-La Mandria e Cossato.

Ozono

Nel periodo primaverile-estivo il livello di ozono al suolo presenta caratteristiche di criticità. La formazione di elevate concentrazioni di ozono, infatti, è un fenomeno prettamente estivo, legato alla radiazione solare, alle alte temperature e alla presenza di sostanze chimiche precursori. L'ozono presenta il tipico profilo giornaliero "a campana" con un massimo intorno alle 14-16 e minimi nelle prime ore del mattino e della sera. I livelli di ozono rilevati sono praticamente uguali a quelli registrati a Biella 1 e coerenti con le caratteristiche del sito e della stagione. Durante la campagna di misura non si sono registrati superamenti del livello di protezione della salute su medie 8 ore ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

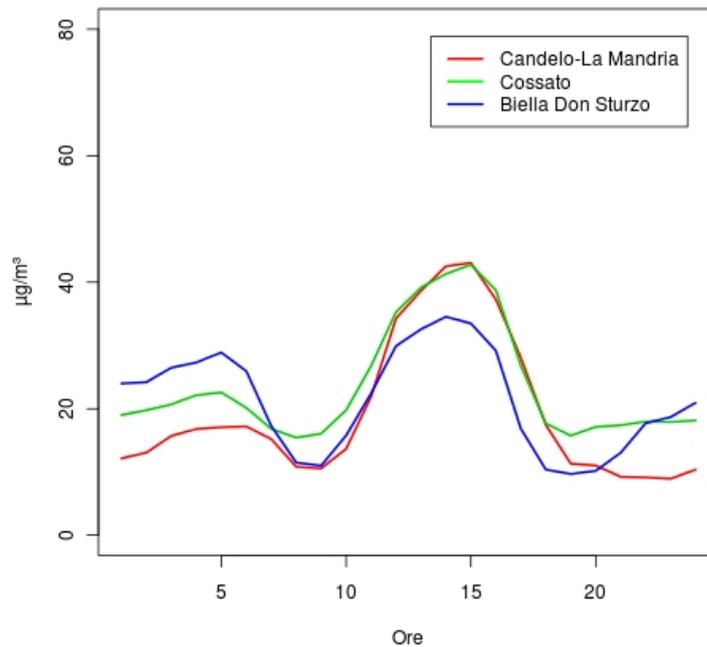


Figura 4.9: Grafico del giorno medio di O_3 .

Benzene

Il benzene e gli altri idrocarburi aromatici sono tipici inquinanti da traffico, risultando dalle emissioni dei veicoli alimentati a benzina. Dei composti aromatici monitorati (Benzene, Toluene e Xileni) solo il Benzene risulta normato; per questo inquinante, infatti, è previsto un limite per la protezione della salute umana pari a una media annuale di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Le concentrazioni di benzene rilevate sono basse, molto al di sotto del limite di legge. Nel complesso la qualità dell'aria si mantiene accettabile con valore medio del periodo uguale a $1.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

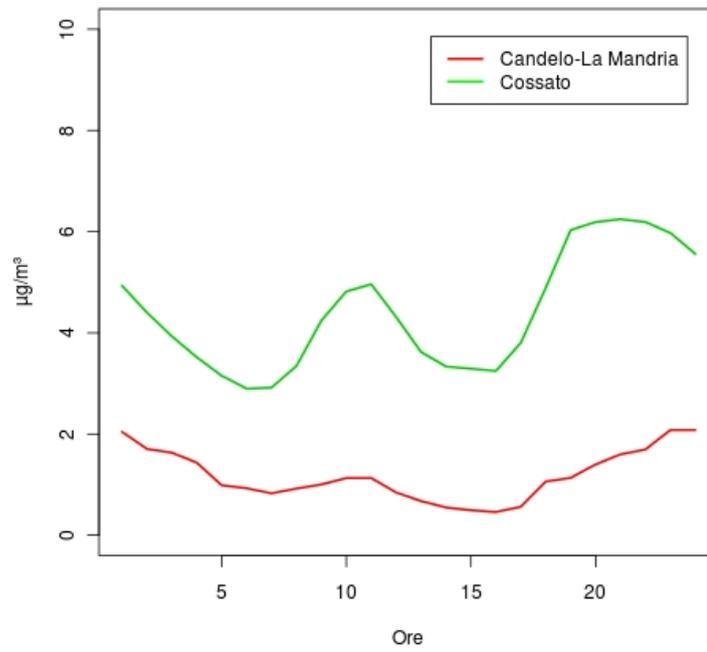


Figura 4.10: Grafico del giorno medio di *benzene*.

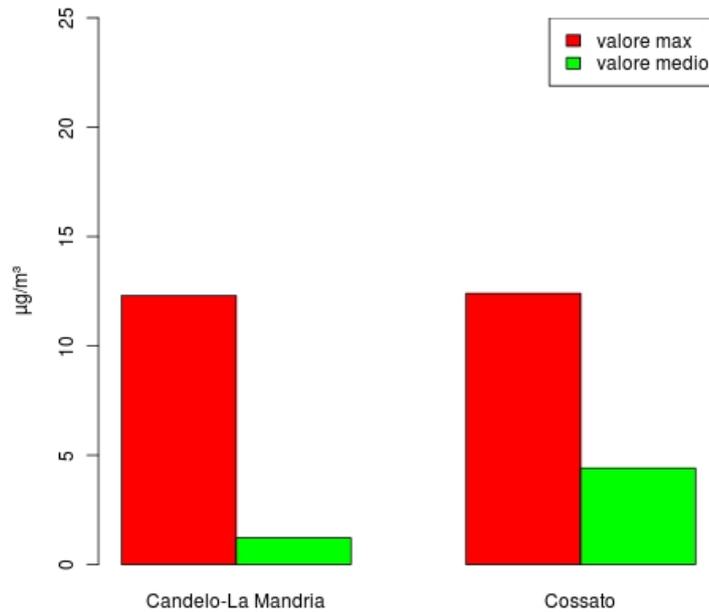


Figura 4.11: Grafico *benzene* confronto fra Candelo-La Mandria e Cossato.

Particolato Atmosferico PM10

L'andamento delle medie giornaliere del PM10 rilevate durante il periodo di misure è riportato di seguito. Per tutto il periodo in esame si sono verificati tre superamenti del valore limite giornaliero ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), la criticità del PM10 è massima nei periodi invernali, e l'andamento è molto simile a quello rilevato a Biella Don Sturzo e Cossato con valori di picco meno pronunciati.

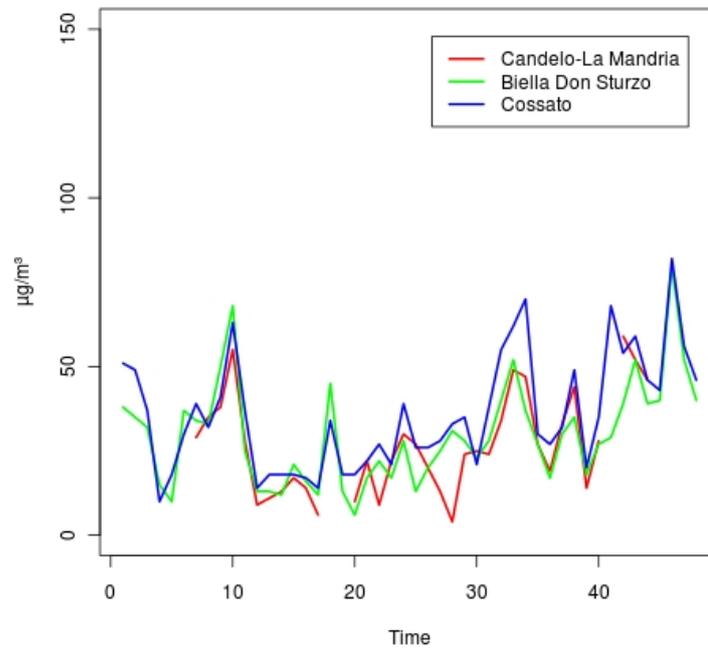


Figura 4.12: Grafico delle concentrazioni di *PM10* rilevate.

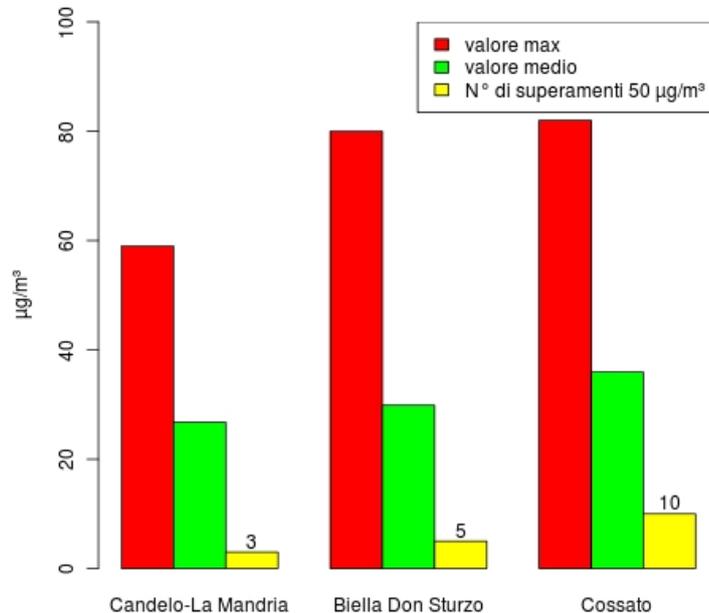


Figura 4.13: Grafico PM_{10} confronto fra Candelo-La Mandria, Cossato e Biella Don Sturzo.

Metalli e Idrocarburi Policiclici Aromatici

Benzo[a]pirene

Gli IPA (idrocarburi policiclici aromatici), di cui fa parte il Benzo[a]pirene, sono composti organici la cui struttura è caratterizzata dalla fusione di due o più anelli aromatici, si originano per combustione incompleta di materiale organico (es. idrocarburi); la fonte principale in ambito urbano è costituita dallo scarico autoveicolare. Dopo emissione, gli IPA condensano adsorbendosi sulle particelle di origine carboniosa presenti in aria. La maggior parte degli IPA si trova nelle $PM_{2,5}$, particelle in grado di penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. Gli IPA sono composti tossici: la IARC (Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro) ha classificato come possibili cancerogeni per l'uomo sette IPA in particolare il Benzo[a]pirene considerato il più pericoloso, viene utilizzato come indicatore del contenuto di IPA

nelle matrici ambientali. Per il benzo[a]pirene atmosferico è stata emanato un Decreto Legislativo che prevede un valore obiettivo pari ad una media annuale di 1 ng/m³ (Decreto Legislativo n. 152 del 03 Agosto 2007)

Presso il sito di monitoraggio è stato riscontrato un valore di B[a]P medio del periodo di 1.66 ng/m³.

	<i>Candelo-La Mandria</i>	<i>Biella Don Sturzo</i>	<i>Cossato</i>	<i>Valori obiettivo annuale</i>
<i>Benzo[a]pirene</i>	1.66	1.52	2.55	1 ng/m ³

Tabella 4.1: Tabella dei Valori medi di IPA nel PM10

Metalli

Molti metalli sono ubiquitari e si ritrovano sia allo stato naturale (ove rientrano nei processi geologici che interessano la crosta terrestre) sia in innumerevoli manufatti prodotti dall'uomo. Alcuni di essi sono micronutrienti essenziali per il metabolismo degli organismi viventi cosa che comporta, sulla scala dei tempi geologici, l'accumulo di metalli nei giacimenti di combustibili fossili. L'uomo è intervenuto sull'equilibrio naturale di questi cicli, incrementando, con l'inizio dell'era industriale, il contenuto dei metalli nell'ecosistema. Nell'ambiente atmosferico i metalli pesanti hanno generalmente concentrazioni bassissime dell'ordine del nanogrammo per metro cubo (ng/m³). Essi sono emessi in atmosfera in associazione con il particolato da sorgenti naturali quali eruzioni vulcaniche, erosione di suoli e rocce, aerosol marini, sollevamento della polvere ad opera del vento, ecc., mentre le principali fonti antropiche di immissione sono le attività di combustione fissa a scopo civile, industriali o di produzione di energia elettrica; l'incenerimento di rifiuti, l'estrazione e la lavorazione di metalli, la produzione di cementi;

inceneritori di rifiuti, combustioni mobili (traffico veicolare e ferroviario). A queste possibili fonti occorre aggiungere anche gli specifici impianti industriali di produzione/lavorazione dei metalli (fonderie, acciaierie), l'usura meccanica dei manufatti metallici, l'impiego di fertilizzanti e fitofarmaci in agricoltura. Sono dunque molteplici le possibili fonti naturali ed antropiche di metalli atmosferici, ma in riferimento al territorio in esame ed ai fattori di pressione esistenti nel Biellese meritano particolare menzione i processi di combustione fissa e mobile. E' noto infatti che i combustibili fossili contengono metalli in piccole quantità, che possono essere presenti sia come additivi del combustibile stesso (Pb e Mn nelle benzine) sia come costituenti naturali del combustibile fossile originale che si ritrovano, magari arricchiti a seguito della raffinazione, nel combustibile derivato. Una porzione di questi metalli è emessa al camino durante la combustione, sia sotto forma di particelle inorganiche (ceneri), sia in associazione a particolato carbonioso incombusto. Generalmente i metalli appaiono comunque associati alla frazione fine del particolato (diametro aerodinamico $<2.5 \mu\text{m}$).

Di seguito si riportano alcune informazioni sui metalli monitorati.

Piombo (Pb)

Il Piombo è un metallo conosciuto ed utilizzato fin dall'antichità. A partire dagli anni '30 del XX secolo, a seguito della scoperta che alcuni composti organici del Piombo (i piombo-alchili) miglioravano le prestazioni della combustione dei motori a benzina, il Pb organico ne divenne un indispensabile additivo. A partire da allora le emissioni del traffico veicolare sono diventate la principale fonte di Pb atmosferico e tale situazione si è mantenuta per circa 50 anni. L'inquinamento da Piombo è stato un rilevante problema ambientale fino agli anni '90, cioè fino al momento dell'introduzione e diffusione delle benzine "verdi" (così chiamate appunto perché non additivate di piombo-alchili) e dei catalizzatori per la depurazione dei gas di scarico. I nuovi carburanti hanno via via sostituito la vecchia "super" e di conseguenza sia le immissioni di metallo nell'ambiente (in termini di tonnellate/anno) sia la sua concentrazione atmosferica sono drasticamente diminuite (indicativamente si può assumere un calo del 90 rispetto a 15 anni fa). Attualmente i livelli di Pb atmosferico nei centri urbani non destano più preoccupazioni

sotto l'aspetto ambientale e sanitario. Rimane ancora presente in molte emissioni industriali quali fonderie o fabbriche che producono batterie; inoltre è contenuto in vernici, nei coloranti chimici, pigmenti delle plastiche e negli insetticidi. La sua tossicità è legata all'affinità con i gruppi solfidrici delle proteine. Diversi sono gli effetti sull'uomo quali le alterazioni della biosintesi dell'eme e della eritropoiesi, tossicità a livello del sistema nervoso centrale e periferico, effetti sui reni, alterazioni del metabolismo della vitamina D. Una volta assorbito esso tende ad accumularsi nelle ossa (90) mentre il rimanente viene distribuito uniformemente negli altri tessuti. Per il piombo atmosferico è stata emanato un Decreto Ministeriale che prevede un valore limite pari ad una media annuale di $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Decreto n. 60 del 02 Aprile 2002)

Arsenico (As)

L'arsenico è ampiamente distribuito nella crosta terrestre, esso si accumula grazie all'erosione di rocce. L'elemento viene utilizzato in alcune produzioni commerciali (come i conservanti per il legno). I combustibili fossili sono un'altra causa della dispersione di arsenico nell'atmosfera. Dai dati scientifici disponibili risulta che l'arsenico (così come il cadmio, il nickel e alcuni idrocarburi policiclici aromatici) è un agente cancerogeno umano genotossico e che non esiste una soglia identificabile al di sotto della quale queste sostanze non comportano un rischio per salute umana. L'impatto sulla salute umana e sull'ambiente è dovuto alle concentrazioni nell'aria ambiente e alla deposizione. Per l'arsenico atmosferico è stata emanato un Decreto Legislativo che prevede un valore obiettivo pari ad una media annuale di $6 \text{ ng}/\text{m}^3$ (Decreto Legislativo n. 152 del 03 Agosto 2007)

Cadmio (Cd)

E' presente, a bassissime concentrazioni su tutta la crosta terrestre. E' frequentemente associato a Zn e Pb sia in natura che negli impianti di lavorazione dello zinco e nei relativi effluenti. Trova ampia applicazione industriale in campo automobilistico, nella produzione di componenti ad elevata tecnologia, pigmenti, leghe e batterie e come additivo nei materiali plastici. Dal punto di vista tossicologico il Cadmio è considerato un metallo molto

pericoloso per la salute. A differenza di altri metalli non sembra rivestire alcun ruolo biologico e la sua tossicità è legata essenzialmente alla capacità di accumularsi nei tessuti in modo pressoché irreversibile nel corso degli anni a causa del lungo tempo di dimezzamento nei tessuti, stimato in 20-40 anni, che comporta un graduale incremento del contenuto di Cd nell'organismo lungo l'arco della vita. Fegato e reni sono i principali organi bersaglio dell'elemento (WHO, 2000). La quasi totalità del Cadmio atmosferico origina da fonti antropiche (combustione di carbone e altri combustibili fossili, incenerimento di rifiuti, fonderie ed impianti di lavorazione di materiali non ferrosi), mentre la principale fonte naturale è costituita dalle emissioni vulcaniche, che però contribuisce probabilmente per un 10 al totale delle emissioni. I livelli di cadmio atmosferico in aree urbane sono compresi tra 0.2 e 2.5 ng/m³, mentre nei pressi di installazioni industriali possono salire anche di un ordine di grandezza. Per il cadmio atmosferico è stata emanato un Decreto Legislativo che prevede un valore obiettivo pari ad una media annuale di 5 ng/m³ (Decreto Legislativo n. 152 del 03 Agosto 2007)

Nichel (Ni)

Le sue leghe sono conosciute fin dall'antichità ma è con il XX secolo che si assiste ad un incremento esponenziale dell'utilizzo di questo metallo. Il Nichel trova largo impiego in una gran varietà di materiali: nell'acciaio inossidabile impiegato per produrre recipienti, nelle leghe ferrose e non ferrose (nelle quali il metallo entra a far parte in percentuali molto variabili); l'elettrodeposizione di un sottile strato di Ni sulle superfici metalliche preliminare alla successiva cromatura ne rappresenta un utilizzo importantissimo. La gamma di manufatti che contengono Nichel anche soltanto in superficie è pertanto amplissima: si va dai componenti di apparecchiature elettriche ed elettroniche, alle applicazioni per la tecnologia aerospaziale ai componenti meccanici e ad oggetti di suo comune. È largamente diffuso negli ecosistemi naturali. Per quanto riguarda il Nichel atmosferico, le principali sorgenti antropiche sono la combustione del carbone, del petrolio e derivati (a livello europeo l'apporto da combustione fissa è stimato intorno al 55 del totale), oltre alle acciaierie, le fonderie e gli inceneritori, mentre non è ancora noto

con precisione il contributo del traffico. Le concentrazioni di Ni nell'aria dei centri urbani sono dell'ordine di 10-50 ng/m³, mentre in aree ad elevata industrializzazione si possono rinvenire concentrazioni più elevate (110-180 ng/m³) (WHO, 2000). Il Ni è presente nel fumo di sigaretta che per i forti fumatori rappresenta un importante fattore di esposizione al metallo. La normativa italiana stabilisce dei valori limite al contenuto massimo della somma di Ni+V nei combustibili ad uso civile ed industriale: si va dai 15 mg/kg del gasolio ai 230 mg/kg dell'olio combustibile denso ATZ. Per il nichel atmosferico è stata emanato un Decreto Legislativo che prevede un valore obiettivo pari ad una media annuale di 20 ng/m³ (Decreto Legislativo n. 152 del 03 Agosto 2007)

Di seguito si riportano i dati relativi ai metalli monitorati.

	<i>Candelo-La Mandria</i>	<i>Biella Don Sturzo</i>	<i>Cossato</i>	<i>Valori obiettivo annuale</i>
Arsenico	1.26	0.72	0.72	6 ng/m ³
Cadmio	0.18	0.14	0.13	5 ng/m ³
Nickel	4.30	7.85	4.99	20 ng/m ³
Piombo	0.0090	0.0093	0.0098	0.5 µg/m ³

Tabella 4.2: Tabella dei Valori medi dei metalli nel PM10

Conclusioni

Concludendo si può affermare che il sito monitorato non presenta particolari criticità. I livelli medi rispecchiano le caratteristiche del sito e della stagione. I dati rilevati confermano il buon stato della qualità dell'aria. Infatti, le concentrazioni dei traccianti del traffico veicolare (benzene e monossido di

carbonio) sono molto basse se confrontate con le concentrazioni monitorate presso le stazioni di Cossato e Biella Don Sturzo. Il particolato atmosferico PM10 è risultato in linea con le concentrazioni rilevate presso il capoluogo e Cossato, comunque si sono mantenute basse per la piovosità medio alta che ha caratterizzato il periodo di misura. Inoltre, v'è considerato che qualitativamente, osservando le concentrazioni di Benzo[a]pirene, il particolato atmosferico PM10 campionato presso Candelo-La mandria si colloca fra Biella Don Sturzo e Cossato; questo fenomeno si può interpretare considerando la maggiore propensione dei cittadini dei centri periferici al capoluogo ad usare biomasse come combustibile.

Elenco delle tabelle

3.1	Tabella dei valori limite dell' SO_2	13
3.2	Tabella dei valori medi riassuntivi dell' SO_2	14
3.3	Tabella dei valori limite degli ossidi di azoto	17
3.4	Tabella dei valori medi riassuntivi dell' NO_2 e NO	18
3.5	Tabella dei valori limite del Monossido di Carbonio	20
3.6	Tabella dei valori medi riassuntivi di Monossido di Carbonio .	21
3.7	Tabella dei valori limite dell'Ozono	23
3.8	Tabella dei livelli d'inquinamento da Ozono	25
3.9	Tabella dei valori medi riassuntivi dell' O_3	27
3.10	Tabella dei valori limite del Benzene	29
3.11	Tabella dei valori medi riassuntivi del Benzene	30
3.12	Tabella dei valori limite dell' PM_{10}	32
3.13	Tabella dei valori medi riassuntivi del PM_{10}	33
4.1	Tabella dei valori medi di IPA nel PM_{10}	48
4.2	Tabella dei valori medi dei metalli nel PM_{10}	52

Elenco delle figure

1.1	Cartina della Provincia di Biella	3
1.2	Cartina del Comune di Candelo con evidenziato il sito di monitoraggio	4
4.1	Grafico delle temperature	35
4.2	Grafico della pioggia	36
4.3	Grafico del giorno medio di SO_2	37
4.4	Grafico SO_2 confronto fra Candelo-La Mandria e Biella Lamarmo- ra	38
4.5	Grafico del giorno medio di NO_2	39
4.6	Grafico NO_2 confronto fra Candelo-La Mandria, Cossato e Biella Don Sturzo	40
4.7	Grafico del giorno medio di CO	41
4.8	Grafico CO confronto fra Candelo-La Mandria e Cossato . . .	42
4.9	Grafico del giorno medio di O_3	43
4.10	Grafico del giorno medio di <i>benzene</i>	44
4.11	Grafico <i>benzene</i> confronto fra Candelo-La Mandria e Cossato	45
4.12	Grafico del giorno medio di PM_{10}	46
4.13	Grafico PM_{10} confronto fra Candelo-La Mandria, Cossato e Biella Don Sturzo	47

Bibliografia

- Atkinson R. (2000). Atmospheric chemistry of VOCs and NO_x. *Atmospheric Environment*, **34**(12-14), 2063–2101.
- Atkinson R.; Arey J. (1998). Atmospheric chemistry of biogenic organic compounds. *Acc. Chem. Res*, **31**(9), 574–583.
- Finlayson-Pitts B.; Pitts J.; Corporation E. (2000). *Chemistry of the upper and lower atmosphere: Theory, experiments, and applications*, volume 1040. Academic press San Diego.
- Hinds W. (1999). *Aerosol technology: properties, behavior, and measurement of airborne particles*. Wiley-Interscience, New York, NY.
- Seinfeld J.; Pandis S. (1998). *Atmospheric chemistry and physics: From air pollution to climate change*, 1326 pp. John Wiley, New York.