



ARPAT

Agenzia regionale
per la protezione ambientale
della Toscana

PROVINCIA DI AREZZO

**CAMPAGNA DI MISURAZIONE DELLA
QUALITÀ DELL'ARIA**

AUTOLABORATORIO

ANNO 2014-2015

**P.ZA G. VERDI – BADIA AL PINO
COMUNE DI CIVITELLA IN VAL DI CHIANA**

**Area Vasta Toscana Costa –
Settore “Centro Regionale per la Tutela della Qualità
dell’Aria”**

REGIONE
TOSCANA



PROVINCIA DI AREZZO

Campagna di Misurazione della qualità dell'aria Autolaboratorio.
Anno 2014-2015.

P.ZA G. VERDI – BADIA AL PINO
COMUNE DI CIVITELLA IN VAL DI CHIANA

A cura di :
Bianca Patrizia Andreini
Centro Regionale per la Tutela della Qualità dell'Aria

Autori:
David Magliacani
Guglielmo Tanganelli
Centro Regionale per la Tutela della Qualità dell'Aria

Hanno collaborato

- Dipartimento di Arezzo per il supporto logistico;
- Settore Laboratorio – Area Vasta Sud per la determinazione dei BTEX e dei metalli;
- Laboratorio CRRQA - per la determinazione gravimetrica del materiale particolato PM10.

Si ringrazia il Dipartimento di Arezzo per aver fornito i dati dei metalli nei suoli e la Società Chimet S.p.A. di Badia al Pino per aver fornito i dati meteorologici registrati dalla propria stazione di misurazione.

30 NOVEMBRE 2015

SINTESI

La campagna di misurazione relativa alla postazione di P.za G. Verdi- Badia al Pino nel Comune di Civitella in Val di Chiana, è stata realizzata in attuazione del piano di utilizzo dell'autolaboratorio per il periodo 2014-2015 programmato dall'Amministrazione Provinciale di Arezzo, Comune di Civitella in Val di Chiana, e Dipartimento ARPAT di Arezzo in base al disciplinare sottoscritto dall'Amministrazione Provinciale di Arezzo ed ARPAT.

La postazione di misurazione di Badia al Pino è caratterizzata da valori degli indicatori conformi ai valori limite fissati a tutela della salute umana. In particolare, alcuni inquinanti come benzene, monossido di carbonio e biossido di zolfo, registrano valori largamente inferiori al relativo limite (oltre il -80 %).

Il materiale particolato PM10 (indicatore media annuale) si colloca su valori, inferiori al relativo valore limite del 50 %. Il valore medio annuale di PM10, indirettamente, fornisce informazioni sulla conformità al limite dei livelli medi annuali di PM2,5, giacché il valore di PM10 registrato a Badia al Pino ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$), è già di per se inferiore al valore limite fissato per la media annuale di PM2,5 ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$), che del PM10 è una frazione (valori di letteratura indicano che il PM2,5 rappresenta circa il 70 % del PM10).

Il biossido di azoto risulta essere l'inquinante con uno scarto rispetto al valore limite (indicatore media annuale) più basso rispetto agli altri inquinanti (-28 %).

La situazione di conformità ai valori limite, obiettivo o di riferimento, riguarda anche i metalli nel PM10, sia quelli disciplinati dalla legislazione italiana ed europea, sia quelli estrapolati da documenti prodotti dall'Environmental Agency UK (Horizontal Guidance note IPPC H1, UK Environment Agency 6/07/03); nel dettaglio, gli scarti rispetto al limite riferiti all'indicatore della media annuale, superano per la prevalenza dei casi l'80% (ad esempio: nichel -84 %, cadmio -91 %, piombo -99 %). L'analisi comparativa dei valori medi annuali dei metalli di Badia al Pino rispetto ad una serie di postazioni del territorio italiano, mette in rilievo, da una parte, valori significativamente più bassi di alcune postazioni industriali (Venezia Sacca Fisola, Brescia V. Sereno, Terni Carrara - Badia al Pino: cadmio -76 %, cromo -89 %, nichel -83 %, piombo -66 %), e dall'altra, ad esempio per cadmio, nichel e piombo, valori intermedi rispetto alla serie di postazioni esaminate (scarto % di Badia al Pino rispetto al valore medio di tutte le postazioni: cadmio = -46 %, nichel = -44 %, piombo = -48 %).

Il raffronto con i valori degli indicatori elaborati nella precedente campagna di rilevamento indicativa effettuata nella stessa postazione mediante mezzo mobile (2010 - 2011), mette in rilievo variazioni temporali caratterizzate da una generalizzata riduzione dei valori; fra gli inquinanti più significativi (indicatore media annuale), si evidenziano i seguenti decrementi: biossido di azoto (-24 %), PM10 (-13 %). Si valuta positivamente l'andamento nella stessa direzione di tutti gli inquinanti misurati, il quale risulta allineato al trend regionale.

Rispetto alle stazioni di misurazione fisse di rete regionale di Arezzo - P.za Repubblica (urbana-traffico) e Acropoli (urbana-fondo) appartenenti alla stessa zona "Valdarno aretino e Valdichiana", la valutazione dei dati puntuali (orari e giornalieri) e dei valori degli indicatori di qualità dell'aria (registrati nello stesso periodo di osservazione della presente campagna di misurazione indicativa), evidenzia da una parte, una discontinuità dei livelli di concentrazione degli indicatori di Badia al Pino rispetto alla stazione di traffico di P.za Repubblica (Badia al Pino: media biossido di azoto -33 %; media PM10 -26 %), e dall'altra, una sostanziale continuità ai valori di PM10 alla stazione di fondo urbano di Acropoli (Badia al Pino: media PM10 -5 %). Tuttavia, nello stesso tempo, i livelli di biossido di azoto (indicatore media annuale) si relazionano in maniera diversa, giacché si collocano in una posizione intermedia rispetto alle tipologie (urbana e traffico) di siti fissi relative all'area urbana di Arezzo (Badia al Pino vs Arezzo P.za Repubblica -33 %; Badia al Pino vs Arezzo Acropoli +71 %).

Si fa presente che i valori degli indicatori elaborati per l'intero anno 2014 dalle stazioni fisse di P.za Repubblica ed Acropoli hanno fornito una situazione conformità ai rispettivi valori limite.

Il raffronto su scala regionale, è caratterizzato da una situazione di invarianza rispetto a quanto valutato a livello provinciale, poiché si osserva, da una parte, una coerenza dei valori medi di PM10 di Badia al Pino ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) alle stazioni di fondo (media regionale fondo $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – media regionale traffico $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e dall'altra, un'incoerenza dei valori medi di biossido di azoto (Badia al Pino $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$), sia alle stazioni di fondo, che a quelle di traffico (media regionale fondo $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – media regionale traffico $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Per il biossido di azoto, si determina pertanto un proprio livello (intermedio), non riconducibile a quelli delle normali categorie di classificazione (urbana e traffico) delle stazioni fisse.

Le elaborazioni grafiche polari riguardanti il biossido di azoto mettono in rilievo contributi dai settori nord occidentali (Nord, Nord-Ovest, Ovest-Nord-Ovest) ed orientali (Nord-Nord-Est, Nord-Est, Est); i più significativi appaiono quelli nord occidentali. Si osserva che in questi settori sono ubicate le sorgenti lineari e puntuali più significative dell'area.

I valori giornalieri dei metalli, presentano, in generale, una forte variabilità (bario, cromo, antimonio ed argento) evidenziata, fra l'altro, da valori di scarto tipo maggiori della media.

Per quanto attiene le abbondanze relative dei metalli riferiti al PM10, deposizioni atmosferiche e suolo, i rapporti fra valori dei metalli nel PM10 e nelle deposizioni variano su un'estensione molto elevata. Nello specifico, si rileva che il PM10, rispetto alle deposizioni atmosferiche, è arricchito di tellurio, antimonio, selenio, argento e cadmio; sebbene i rapporti relativi a PM10 e suolo abbiano un minor peso rispetto a quelli PM10/deposizioni atmosferiche, si rileva che il PM10, rispetto al suolo è arricchito di antimonio. Questa casistica farebbe ipotizzare per il PM10 un contributo rilevante di altre sorgenti, indipendente, sia dalle deposizioni atmosferiche, sia dal suolo.

Nel quadro della situazione di conformità ai valori limite, valori obiettivo o di riferimento definiti dalla normativa e documenti che disciplinano la materia, la campagna di monitoraggio focalizza informazioni peculiari della postazione di Badia al Pino riguardanti alcuni agenti inquinanti:

- per i macroinquinanti il biossido di azoto presenta livelli più elevati delle zone di fondo urbano, sia a livello provinciale, che regionale;
- per i microinquinanti, il nichel registra gli scarti più bassi sul relativo valore obiettivo; in relazione ad una serie di postazioni del territorio italiano (urbane ed industriali) i livelli di Badia al Pino si assestano complessivamente in una posizione intermedia giacché, mediamente, il 55 % delle postazioni messe ha confronto registrano livelli più elevati.

Le elaborazioni sia del giorno tipo, sia polari biossido di azoto/velocità del vento evidenziano, da una parte, una significativa impronta antropica sulle evoluzioni orarie degli inquinanti primari quali biossido di azoto, monossido di carbonio ed anidride solforosa, e dall'altra una connessione dei livelli di concentrazione di biossido di azoto alle principali sorgenti di emissione della zona.

Sommario

Introduzione	6
1- Postazione di misurazione	7
2. Piano di utilizzo dell'autolaboratorio	11
3. Inquinanti monitorati	12
4. Riferimenti Normativi	14
5. Obiettivo di qualità dei dati	14
Raccolta minima dei dati	14
Periodo minimo di copertura	15
6. Dati rilevati nella campagna di misurazione	15
6.1 Confronto con i valori limite definiti dalla normativa	16
6.2 Metalli nel PM10	18
6.3 Confronto con i valori degli indicatori relativi alla precedenti campagne di misurazione nella postazione di misurazione	22
6.4 Confronto con i livelli rilevati dalle stazioni di misurazione di P.za Repubblica ed Acropoli.....	24
6.5 Analisi dei dati meteorologici rilevati durante la campagna di monitoraggio	25
7- Valutazione dei risultati	27
Raffronto con i livelli registrati dalle stazioni di misurazione di P.za Repubblica ed Acropoli.....	28
Raffronto con valori medi annuali di metalli determinati in alcune postazioni del territorio italiano.....	28
Andamenti temporali.....	29
Giorno tipo.....	29
Distribuzione dei livelli di concentrazione diagrammi a scatola.....	30
Distribuzione in classi di concentrazione	30
Elaborazione con i dati meteorologici.....	30
Profili dei metalli nel PM10, deposizioni atmosferiche e suolo ed abbondanze relative.....	31
8 - Considerazioni riassuntive e finali	34
Allegato 1. Elaborazioni integrative	34
1.1 Distribuzione dei livelli di concentrazione - diagrammi a scatola	34
1.2 Giorni tipo	41
1.3 Confronto con gli andamenti registrati dalle stazione fisse di P.za Repubblica ed Acropoli.....	43
Biossido di azoto NO ₂ – valori medi orari	43
Materiale particolato PM10 - valori medi giornalieri	43
1.4 Grafici a dispersione P.za G. Verdi- Badia al Pino/P.za Repubblica ed Acropoli.....	44
Materiale Particolato PM10.....	45
Biossido di azoto - NO ₂	46
1.5 Distribuzione in classi di concentrazione.....	47
1.6 Andamenti stagionali 2014-2015.....	52
1.7 Metalli.....	53
1.8 Profili metalli, nel PM10, nelle deposizioni atmosferiche e nel suolo ed abbondanze relative.....	62
Allegato 2. Elaborazione dei dati meteorologici	71
Allegato 3. Caratteristiche tecniche analizzatori/sensori	744
Allegato 4. Meccanismi di formazione degli inquinanti	74
Allegato 5. Limiti normativi	78

Introduzione

La presente campagna di misurazione della qualità dell'aria relativa alla postazione di P.za G. Verdi- Badia al Pino nel Comune di Civitella in Val di Chiana, è stata realizzata in attuazione del piano di utilizzo dell'autolaboratorio per il periodo 2014-2015 programmato dall'Amministrazione Provinciale di Arezzo, Comune di Civitella in Val di Chiana, e Dipartimento ARPAT di Arezzo in base al disciplinare sottoscritto dall'Amministrazione Provinciale di Arezzo ed ARPAT.

La postazione di Badia al Pino, è stata monitorata in precedenza, sia mediante campagne di misurazione indicative, sia mediante campagne di misurazione puntuali effettuate con il mezzo mobile:

- anno 1992 - campagna puntuale;
- 2002-2003 – campagna di misurazione indicativa - periodo di osservazione 11 giugno 2002 – 12 giugno 2003;
- 2006-2007 – campagna indicativa - periodo di osservazione 27 aprile 2006 – 4 gennaio 2007;
- 2009-2010 - campagna indicativa - periodo di osservazione 4 giugno 2009 – 29 marzo 2010;
- 2010-2011 - campagna indicativa - periodo di osservazione 6 luglio 2010 – 5 aprile 2011.

Per quanto attiene il materiale particolato, nell'arco temporale 1992 – 2015 sono state misurate, sia le polveri totali, sia le frazioni PM10 e PM2,5 come sotto specificato:

- campagne 1992 e 2003-2004 - polveri sospese totali;
- campagne 2006-2007 e 2014-2015 - PM10;
- campagne 2009-2010 e 2010-2011 - PM2,5;

Nella frazione PM10 relativa alla campagna di misurazione 2014-2015, è stata inoltre effettuata la determinazione dei metalli (Ag, Al, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Pd, Pt, Rh, Sb, Se, Sn, Te, Ti, Tl, V, Zn) mediante appropriata analisi di laboratorio in coerenza al metodo UNI – EN 14902:2005.

Il processo di monitoraggio della qualità dell'aria è inserito nel sistema di gestione per la qualità di ARPAT ed è conforme alla UNI EN ISO 9001:2008 e certificato da CERMET con registrazione n° 3198-A.

La valutazione dei dati raccolti nella presente campagna di misurazione è stata effettuata adottando una doppia chiave di lettura, ossia riferendosi:

- ai valori limite definiti dalla legislazione nazionale che disciplina la qualità dell'aria;
- ai valori degli indicatori di qualità dell'aria elaborati nello stesso periodo di osservazione dalle stazioni di misurazione fisse di Arezzo – P.za Repubblica (stazione classificata urbana – traffico) ed Arezzo Acropoli (stazione classificata urbana - fondo) appartenenti alla stessa Zona Valdarno aretino e Valdichiana definita dalla legislazione regionale (DGRT 1025/2010) nel quale è inserito anche il Comune di Civitella in Val di Chiana.

Per quanto attiene i metalli, l'analisi comparativa è stata riferita, sia a dati relativi a postazioni di misura regionali (dati tratti dalla relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria nella Regione Toscana anno 2014), che a dati relativi a postazioni di misura ubicate nel territorio nazionale (dati tratti da: ISPRA - Qualità dell'ambiente urbano - X Rapporto. Edizione 2014, ARPA Emilia Romagna - la qualità dell'aria in Provincia di Modena: report sintetico anno 2013 Edizione giugno 2014, ARPA Valle d'Aosta - Qualità dell'aria in Valle d'Aosta - Aggiornamento a dicembre 2014, ARPA Umbria - Valutazione della qualità dell'aria in Umbria Anno 2014 – maggio 2015).

Questa metodologia di confronto, in particolare per i macroinquinanti, permette di fornire informazioni con buona approssimazione sullo stato della qualità dell'aria della zona oggetto del rilevamento, giacché il contesto definito dal quadro di dati raccolti, viene relazionato a quello relativo alle stazioni fisse di Arezzo P.za Repubblica ed Acropoli, stazioni supportate da una serie di misure più solide perché continuative nell'arco dell'anno.

1- Postazione di misurazione

Tabella 1.1 informazioni generali postazione di misurazione

Nome Postazione	BADIA AL PINO – P.ZZA G. VERDI
Coordinate Geografiche (Gauss Boaga)	LONG E 1724216,2 LAT N 4809622,5
Quota (metri s.l.m.)	278
Altezza punto di campionamento (mt)	2,5
Periodo Osservazione	04 giugno 2014 – 17 marzo 2015
Zona di riferimento fissata dalla legislazione regionale (DGRT 1025/2010)	Valdarno aretino e Valdichiana



CARATTERIZZAZIONE DEL CONTESTO TERRITORIALE

Le informazioni riportate nella tabella che segue forniscono una caratterizzazione del contesto territoriale e ne delineano le principali condizioni al contorno.

Tabella 1.2 informazioni generali contesto territoriale

INFORMAZIONI GENERALI	
Popolazione residente	1460
Estensione Centro Abitato (Km ²)	0,14

La presente postazione di misurazione è di tipo urbana a carattere tipicamente residenziale; la postazione di misurazione è localizzata in un parcheggio di modeste dimensioni ubicato di fronte all'Istituto Comprensivo "Martiri di Civitella" di Badia al Pino. I flussi di traffico delle strade del contesto urbano sono attribuibili al traffico locale. Le fonti emissive più significative

della zona sono da riferire alla sorgente lineare dell'autostrada del Sole A1, contraddistinta da consistenti flussi veicolari, distante dalla postazione di misurazione 450 mt nelle direzioni Nord-Ovest, Ovest ed Sud-Ovest e dalla sorgente puntuale relativa agli impianti di incenerimento di rifiuti (pericolosi e non pericolosi), finalizzati anche al recupero di metalli preziosi della ditta CHIMET, distante circa 700 metri in direzione Nord-Est e Nord-Nord-Est dalla postazione di misura.

Per quanto riguarda l'aspetto emissivo, l'Inventario Regionale delle Sorgenti Emissive (IRSE) aggiornato al 2010 riferito al Comune di Civitella in Val di Chiana, individua per le emissioni totali comunali delle sorgenti lineari (riferiti proprio al tratto di A1 - TGM¹ tratto Arezzo - Monte San Savino anno 2014 relativo alle direzioni nord e sud = 37183 veicoli/giorno; rispetto al 2010 il TGM ha registrato una flessione del 13 %) e puntuali (macrosettori processi produttivi e trattamento e smaltimento rifiuti) i seguenti contributi espressi in tonnellate/anno:

Tabella 1.3 contributi sorgenti lineari e puntuali - CO, COV, NOx, PM10, PM2,5 ed SOx

Tipo sorgente	Monossido di carbonio CO (t/anno)	Composti Organici Volatili COV (t/anno)	Ossidi di Azoto NOx (t/anno)	Materiale Particolato PM10 (t/anno)	Materiale Particolato PM2,5 (t/anno)	Ossidi di zolfo SOx (t/anno)
lineari	292,03	29,97	333,60	17,95	15,27	0,29
puntuali	0,80	0,45	35,17	2,38	2,37	2,78

Dall'esame dei dati mostrati nella tabella sovrastante traspare, che per quanto attiene i macroinquinanti, i contributi più significativi sono forniti prevalentemente dalle sorgenti lineari rispetto a quelle puntuali, ad esclusione degli ossidi di zolfo (sorgenti lineari: CO più elevato di 365 volte, COV più elevato di 67 volte, NOx più elevati di 849 volte, PM10 più elevato di 8 volte, PM2,5 più elevati di 6 volte, SOx -90 %).

Si rammenta che i meccanismi di diffusione degli inquinanti nell'aria ambiente da parte delle due tipologie di sorgenti sono differenti poiché le sorgenti lineari emettono a pochi metri dal suolo, mentre quelle puntuali in quota (mediante un camino) nel quale l'effluente gassoso in relazione alle specifiche caratteristiche fisiche (temperatura e velocità dei fumi) determina ampiezze diverse dell'area di ricaduta al suolo degli inquinanti. Pertanto, a prescindere dai fenomeni di trasporto da parte del vento, le emissioni da sorgenti puntuali hanno di norma una più ampia zona di ricaduta rispetto a quelle lineari.

La zona è piuttosto aperta e pertanto influenzata favorevolmente all'azione dispersiva degli eventi meteorologici. Le direzioni di provenienza del vento prevalenti nel periodo 2014-2015 hanno riguardato i settori di Nord-Nord-Est, Sud-Est ed Ovest-Sud-Ovest.

¹ Fonte: Autostrade per l'Italia

VISTE DEL TERRITORIO CIRCOSTANTE LA POSTAZIONE



VISTA NORD



VISTA EST



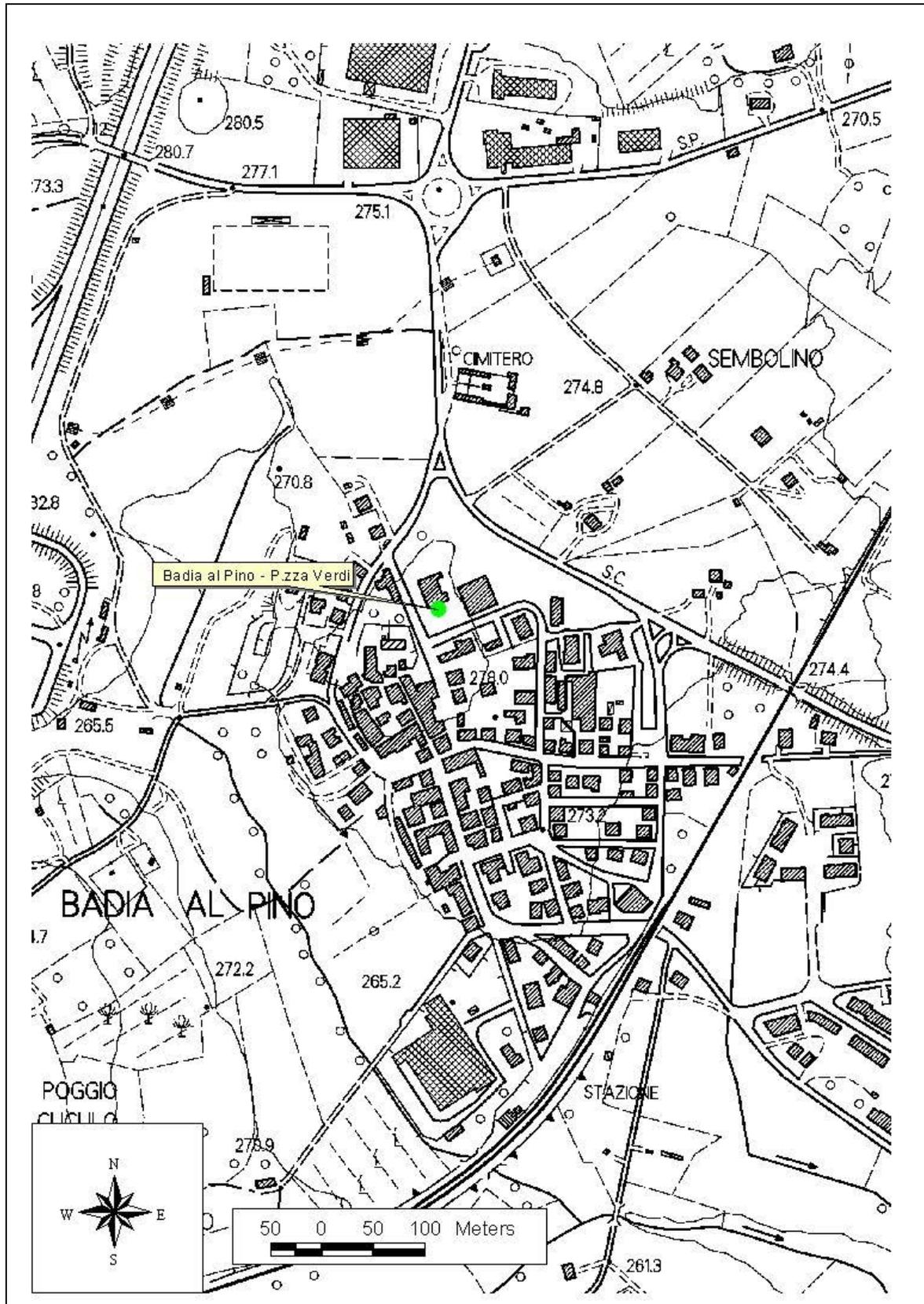
VISTA SUD



VISTA OVEST

LOCALIZZAZIONE DELLA POSTAZIONE DI MISURAZIONE INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Mappa 1.1 localizzazione della postazione di misurazione



2. Piano di utilizzo dell'autolaboratorio

Al fine di ottenere dati rappresentativi che considerino le variazioni temporali in funzione delle condizioni meteorologiche, che determinano i fenomeni di dispersione e di diluizione degli inquinanti, l'indagine è stata articolata in singole campagne stagionali dalla durata indicativa di 18 giorni, distribuite nelle quattro stagioni meteorologiche dell'anno. Tale pianificazione permette di ottenere un insieme minimo di dati, ma rappresentativo per essere confrontato con i valori limite degli indicatori di qualità dell'aria definiti dalla normativa, i quali si riferiscono ad un periodo di osservazione annuale continuativo.

Il piano di utilizzo dell'autolaboratorio, predisposto in accordo al documento di processo di ARPAT DP SGQ.99.016 "monitoraggio della qualità dell'aria mediante reti di rilevamento" è stato organizzato in conformità agli obiettivi di qualità dei dati definiti per le misure indicative, i quali prevedono un periodo minimo di copertura di almeno il 14 % (articolato su almeno 8 settimane di misurazioni distribuite equamente nell'arco dell'anno) ed una raccolta minima dei dati pari almeno al 90 %.

La legislazione che definisce le linee di indirizzo riguardanti le campagne di monitoraggio mediante mezzi mobili è la seguente:

- allegato I paragrafo 1, tabella 1 D.Lgs. n. 155/2010 e smi;
- punto 4 Deliberazione Giunta Regione Toscana N° 450/2009
- allegato I della Direttiva 2008/50/CE del Parlamento europeo e del Consiglio.

Relativamente alla postazione di Civitella in Val di Chiana P.za G. Verdi- Badia al Pino sono stati effettuati complessivamente 72 giorni di misurazione distribuiti nell'arco di un anno.

La tabella 2.1 mostra i periodi di osservazione della campagna di misurazione effettuata nella postazione di P.za G. Verdi- Badia al Pino nell'intervallo temporale 4 giugno 2014 – 17 marzo 2015:

tabella 2.1 piano di utilizzo autolaboratorio Civitella in Val di Chiana - P.za G. Verdi - Badia al Pino

Stagione	Periodo	numero giorni
Estate	04 – 29/06/2014	26
Autunno	23/9 - 8/10/2014	16
Inverno	2 - 17/12/2014	16
Primavera	4 - 17/3/2015	14
TOTALE		72

Il piano di campionamento del materiale particolato PM10, caratterizzato dalla sola attività di campionamento, ha seguito una programmazione leggermente diversa da quella mostrata nella tabella 2.1 (che riguarda in maniera sostanziale gli analizzatori automatici). In dettaglio, per il materiale particolato PM10, sono stati effettuati 58 giorni di campionamento nel periodo di osservazione 5 giugno 2014 – 17 marzo 2015. Nei campioni di materiale particolato PM10, sono stati determinati una serie di metalli (23), in maniera speculare rispetto alla campagna di monitoraggio delle deposizioni atmosferiche effettuate sulla stessa postazione di misurazione nel periodo di osservazione 2011-2013. Informazioni specifiche sono indicate nel capitolo riguardante i metalli. Questo approfondimento permette di completare il quadro informativo relativo ai metalli della zona, poiché integra le informazioni riguardanti l'aria ambiente (materiale particolato e deposizioni atmosferiche) ed il suolo.

3. Inquinanti monitorati

In relazione alle disposizioni della normativa che disciplina la qualità dell'aria ambiente, sono stati monitorati i seguenti parametri (riferimento Allegato IV D.Lgs. 155/2010):

- **ossidi di azoto (NO-NO_x-NO₂)** – UNI EN 14211:2012 "Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di diossido di azoto e monossido di azoto mediante chemiluminescenza;
- **materiale particolato** con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm (**PM10**) – UNI EN 12341:2014 Determinazione del particolato in sospensione PM10;
- **biossido di zolfo (SO₂)** – UNI EN 14212:2012 "Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di diossido di zolfo mediante fluorescenza ultravioletta;
- **monossido di carbonio – (CO)** - UNI EN 14626:2012 - "Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di monossido di carbonio mediante spettroscopia a raggi infrarossi non dispersiva;
- **ozono – (O₃)** - UNI EN 14625:2012 "Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di ozono mediante fotometria ultravioletta";
- **metalli** - UNI EN 14902:2005 "Qualità dell'aria ambiente - Metodo normalizzato per la misurazione di Pb, Cd, As e Ni nella frazione PM10 del particolato in sospensione".

ed i parametri meteorologici di direzione e velocità del vento; i sensori meteorologici sono installati in campo libero su palo telescopico avente un'altezza di circa 10 metri da terra.

Al fine di ottenere una maggiore copertura temporale dei dati meteorologici, sono stati in parte utilizzati i dati forniti dalla Società Chimet S.p.A. registrati dalla relativa stazione meteo ubicata nelle vicinanze della postazione dell'autolaboratorio.

La scheda nell'allegato 4 alla presente relazione, riporta i meccanismi di formazione nonché il significato degli inquinanti misurati nella presente campagna di misurazione.

Per il **campionamento** del materiale particolato PM10 è stato utilizzato il campionatore automatico Skypost PM HV n. serie 716416, prodotto dalla ditta TCR Tecora, Italia, mezzo di filtrazione rappresentato da membrane in fibra di quarzo. Lo strumento non effettua il riscaldamento della linea di prelievo e del filtro di campionamento, i quali sono mantenuti alla temperatura ambiente. E' stato impiegato il dispositivo di separazione granulometrica PM10 (TCR TECORA) conforme alle specifiche previste della norma tecnica europea UNI EN 12341. La determinazione gravimetrica della massa campionata del particolato in sospensione nel mezzo di filtrazione, è stata effettuata in laboratorio mediante operazioni di condizionamento e pesatura effettuate, sia precedentemente, che successivamente al campionamento, secondo le specifiche prescrizioni previste della norma tecnica europea UNI EN 12341 (72 ore a T = 20 °C e U.R. da 45 a 50 %). I singoli valori medi giornalieri sono mostrati nella tabella 1.6.1, capitolo 1.6, allegato 1.

Il monitoraggio del benzene e degli altri idrocarburi aromatici è stato effettuato, mediante campionamento con campionatori passivi (Radiello) riferito ad un tempo di esposizione equivalente ad ogni campagna di misurazione stagionale (circa 17 giorni), e successiva determinazione analitica di laboratorio mediante gascromatografia a rivelatore FID (metodo interno).

Le caratteristiche tecniche della strumentazione automatica di cui è dotato l'autolaboratorio sono indicate nell'allegato 3.

3.1 Metalli

La determinazione dei metalli nel materiale particolato PM10 è stata articolata in due fasi, nella prima, è stato effettuato il campionamento presso la postazione di misurazione e nella seconda, le analisi di laboratorio. Durante il campionamento delle particelle contenenti i metalli, sono stati annotati i volumi di aria che hanno attraversato il filtro di campionamento, montato in un campionatore progettato per raccogliere la frazione PM10 delle particelle in sospensione. I filtri campionati sono stati trasportati in laboratorio ed i relativi metalli sono stati solubilizzati mediante un sistema di digestione a microonde con acido nitrico e perossido di idrogeno. La soluzione contenente i metalli è stata analizzata mediante spettrometria di massa al plasma accoppiato induttivamente (ICP-MS).

La tabella sottostante mostra le informazioni riguardanti il limite di quantificazione (LOQ), il metodo di riferimento e l'incertezza dei metalli analizzati in laboratorio.

Tabella 3.1 metodi di prova metalli

Parametro	Metodo di analisi	Limite di quantificazione (LOQ) - µg
Alluminio	UNI EN 14902-2005 applicazione della spettrometria di massa al plasma accoppiato induttivamente (ICP-MS)	1,25
Antimonio		0,05
Argento		0,05
Arsenico		0,05
Bario		0,25
Berillio		0,005
Cadmio		0,005
Cobalto		0,05
Cromo		0,05
Ferro		1,25
Manganese		0,25
Nichel		0,05
Palladio		0,0025
Piombo		0,0025
Platino		0,0025
Rame		0,05
Rodio		0,0025
Selenio		0,05
Stagno		0,05
Tallio		0,0025
Tellurio		0,0025
Titanio		0,05
Vanadio		0,05
Zinco	1,25	

L'incertezza di misura finale per i metalli è del 20 %.

4. Riferimenti Normativi

La valutazione dei valori degli indicatori elaborati a partire dai dati raccolti dalla presente campagna di misurazione, è stata effettuata riferendosi ai valori limite fissati dal D.Lgs. n° 155/2010 e smi. Tale norma recepisce la Direttiva della Comunità Europea 2008/50/CE del 21/05/2008.

Relativamente al PM10, come stabilito dall'allegato I paragrafo 1, tabella 1 D.Lgs. n. 155/2010, al fine di verificare la conformità dell'indicatore della media giornaliera, è stato valutato il 90,4° percentile anziché il numero di superamenti; questo perché i superamenti sono fortemente influenzati dalla copertura temporale dei dati, che nelle misure indicative (come ad esempio la presente campagna di misurazione mediante mezzo mobile), non è effettuata in maniera continuativa per tutto l'anno civile.

Per quanto attiene i valori limite relativi ai metalli, la legislazione europea e nazionale che disciplina la qualità dell'aria (D.Lgs. n. 155/2010 - D.Lgs. n. 250/2012 - Direttiva 2015/1480 della Commissione) ha fissato valori limite o valori obiettivo unicamente per arsenico, cadmio, nichel e piombo nel PM10; per quanto attiene gli altri 20 metalli determinati nella campagna non disciplinati dalla normativa di cui sopra, sono stati estrapolati dall'Horizontal Guidance note IPPC H1, UK Environment Agency 6/07/03 i valori limite annuali dei metalli (o loro composti) da considerarsi come valori di riferimento.

Lo schema dei limiti previsti dalla normativa per ciascun inquinante è riportata nell'allegato 5.

5. Obiettivo di qualità dei dati

Raccolta minima dei dati

La tabella 5.1 presenta la raccolta minima dei dati per singolo analizzatore relativa al periodo di osservazione dell'intera campagna di misurazione (72 giorni).

La normativa che disciplina la qualità dell'aria (allegato I del D.Lgs. 155/2010) ed il documento "criteri di validazione ed elaborazione degli indicatori relativi agli inquinanti in aria ambiente" previsto dal Documento di Processo di ARPAT riguardante il monitoraggio della qualità dell'aria, richiede, al fine della significatività del dato prodotto da reti di misurazione fisse, una raccolta minima dei dati (che rappresenta l'efficienza dell'analizzatore) su base annuale non inferiore al 90 %.

Questo indice è elaborato per singolo analizzatore al netto delle attività di manutenzione ordinaria e di taratura periodica. Tale valore di riferimento è richiesto anche per le misure indicative a cui si riferiscono le misurazioni ottenute nella presente campagna.

La raccolta minima dei dati è calcolata come percentuale di dati generati e validati rispetto al totale teorico (per es. 24 dati orari per ogni giorno di monitoraggio, che nella presente campagna comportano 1.728 dati orari teorici). Una parte dei dati è inevitabilmente perduta per le attività di verifica automatica giornaliera di zero e span, per le tarature periodiche e per le operazioni di manutenzione ordinaria; la perdita dei dati dovuta alle sopracitate attività è stimabile in misura del 5 % sulla base dei dati validi raccolti.

tabella 5.1 raccolta minima dei dati % al netto delle attività di manutenzione e taratura

Postazione	NO ₂	PM10	CO	O ₃	SO ₂	DV	VV	
Civitella in Val di Chiana P.za G. Verdi- Badia al Pino	91	100	88	94	97	98	96	
Riferimento	≥ 90							

NO₂ = biossido di azoto PM10 = materiale particolato PM10 VV = velocità vento
CO = monossido di carbonio SO₂ = biossido di zolfo O₃ = ozono DV = direzione vento

Considerato che il valore di riferimento della raccolta minima dei dati per singolo analizzatore ($\geq 90\%$) si riferisce alle reti caratterizzate da stazioni di misurazione fisse, i singoli rendimenti forniti dalla strumentazione automatica della presente campagna di monitoraggio sono complessivamente da ritenersi buoni (rendimento totale medio della campagna 95 %) tenuto presente che trattasi di un'indagine articolata in singole campagne stagionali nel quale lo spegnimento, lo spostamento ed il riavvio della strumentazione rappresentano elementi di criticità per la componente elettronica della strumentazione.

La raccolta minima dei dati elaborata per ogni analizzatore risulta, conforme ai criteri stabiliti dal D.Lgs. 155/2010 e smi ad esclusione del monossido di carbonio, il quale presenta un rendimento di poco inferiore a causa del malfunzionamento del sistema di condizionamento dell'autolaboratorio. Considerato tuttavia che attualmente il monossido di carbonio riveste una minore valenza sotto il profilo sanitario ed ambientale, si ritiene comunque esaustivo il quadro delle informazioni raccolte per quanto attiene l'aria ambiente della postazione di Badia al Pino.

Periodo minimo di copertura

Il periodo minimo di copertura (su base annuale) raggiunto in relazione al piano di utilizzo predisposto per la postazione di misura in oggetto (72 giorni distribuiti nell'anno) pari al 20 %, è conforme ai criteri degli obiettivi di qualità dei dati definiti per le misure indicative (allegato 1 del D.Lgs. 155/2010 e dall'allegato I della Direttiva 2008/50/CE del Parlamento e del Consiglio Europeo) il cui riferimento è pari al 14 %.

Per quanto attiene il PM10 ed i metalli, il periodo di copertura raggiunto è stato, rispettivamente del 16 % (PM10) e del 15 % (metalli).

Per misure indicative, si intendono misurazioni che rispettano obiettivi di qualità meno stringenti rispetto a quelli richiesti per le misurazioni in siti fissi.

6. Dati rilevati nella campagna di misurazione

Nella presente relazione sono riportati gli elaborati grafici relativi a:

- confronto dei risultati con i relativi valori limite;
- confronto con gli indicatori elaborati nelle precedenti campagne di misurazione indicative effettuate nella postazione di misura (1992 - 2011);
- confronto con i valori degli indicatori registrati dalle stazioni fisse di rete regionale di ubicate nella stessa zona del Valdarno aretino e Valdichiana (Arezzo P.za Repubblica ed Acropoli);
- giorni tipo biossido di azoto, monossido di carbonio, ozono ed anidride solforosa;
- diagrammi a scatola;
- distribuzione in classi di concentrazione;
- elaborazioni polari biossido di azoto;
- elaborazioni relative ai metalli.

Standardizzazione

Tutti i valori di concentrazione espressi in unità di massa (ng, μg o mg) per metro cubo di aria (m^3) sono riferiti alla temperatura di 293°K e alla pressione atmosferica di 101.3 kPa ad esclusione del materiale particolato PM10 ed i metalli, il cui volume di campionamento si riferisce alle condizioni ambiente in termini di temperatura e di pressione atmosferica alla data delle misurazioni.

Al fine di elaborare la media annuale dei metalli, è stato applicato il criterio del "medium bound" per il quale si attribuisce un valore pari ad $\frac{1}{2}$ del LOQ ai singoli valori giornalieri dei metalli inferiori al rispettivo limite di quantificazione (LOQ).

La tabella sottostante, fornisce quale premessa alla valutazione della qualità dell'aria, un'indicazione del livello medio registrato per ciascun inquinante nella postazione di misurazione.

Tabella 6.1 valori medi della postazione P.za G. Verdi- Badia al Pino nell'intera campagna 2014- 2015

NO₂ µg/m ³	NO_x µg/m ³	PM10 µg/m ³	CO mg/m ³	Benzene µg/m ³	O₃ µg/m ³	SO₂ µg/m ³
29	46	20	0,5	0,8	41	4

NO₂ = biossido di azoto

NO_x = ossidi di azoto totali

PM10 = materiale particolato PM10

CO = monossido di carbonio

O₃ = ozono

SO₂ = biossido di zolfo

6.1 Confronto con i valori limite definiti dalla normativa

Periodo di osservazione: dal 4 giugno 2014 al 17 marzo 2015.

Indicatori significativi per la salute umana

Tabella 6.1.1 indicatori di protezione della salute umana

INDICATORE	Civitella in Val di Chiana P.za G. Verdi- Badia al Pino 4/06/2014 – 17/03/2015	LIMITE	Scarto % sul limite
NO₂ Max Orario (µg/m³)	107	200	-47
NO₂ Media (µg/m³)	29	40	-28
PM10 90,4° percentile valori medi giornalieri (µg/m³)	32	50	-36
PM10 Media (µg/m³)	20	40	-50
CO media mobile 8 ore max (mg/m³)	1,2	10	-88
O₃ media mobile 8 ore max (µg/m³)	121	120	
O₃ Max Orario (µg/m³)	141	180¹	-22
SO₂ Max Media giornaliera (µg/m³)	7	125	-94
SO₂ Max Orario (µg/m³)	11	350	-97
C₆H₆ Media (µg/m³)	0,8	5	-84

NO₂ = biossido di azoto

NO_x = ossidi di azoto totali

PM10 - PM2,5= materiale particolato PM10 - PM2,5

SO₂ = biossido di zolfo

C₆H₆ = benzene

1 valore relativo alla soglia di informazione

La tabella 6.1.1 riassume gli indicatori significativi per la salute umana, le concentrazioni misurate ed i valori limite.

I valori limite si riferiscono al D.Lgs. 155/2010 e smi e sono confrontati visivamente nei Grafici 6.1.1 e 6.1.2 presentati nella pagina successiva.

Indicatori di protezione della vegetazione (NOx)

Tabella 6.1.2 media annuale ossido di azoto NOx espressi come NO₂

Postazione di misurazione	P.za G. Verdi-Badia al Pino	LIMITE
NOx media (µg/m ³)	46	30

Il valore limite relativo agli ossidi di azoto NOx (espressi come NO₂) si riferisce alla protezione per la vegetazione ed ha valenza per le stazioni rurali.

Figura 6.1.1 istogramma valori degli indicatori di qualità dell'aria ozono, biossido di azoto, ossidi di azoto, materiale particolato PM10, biossido di zolfo e benzene

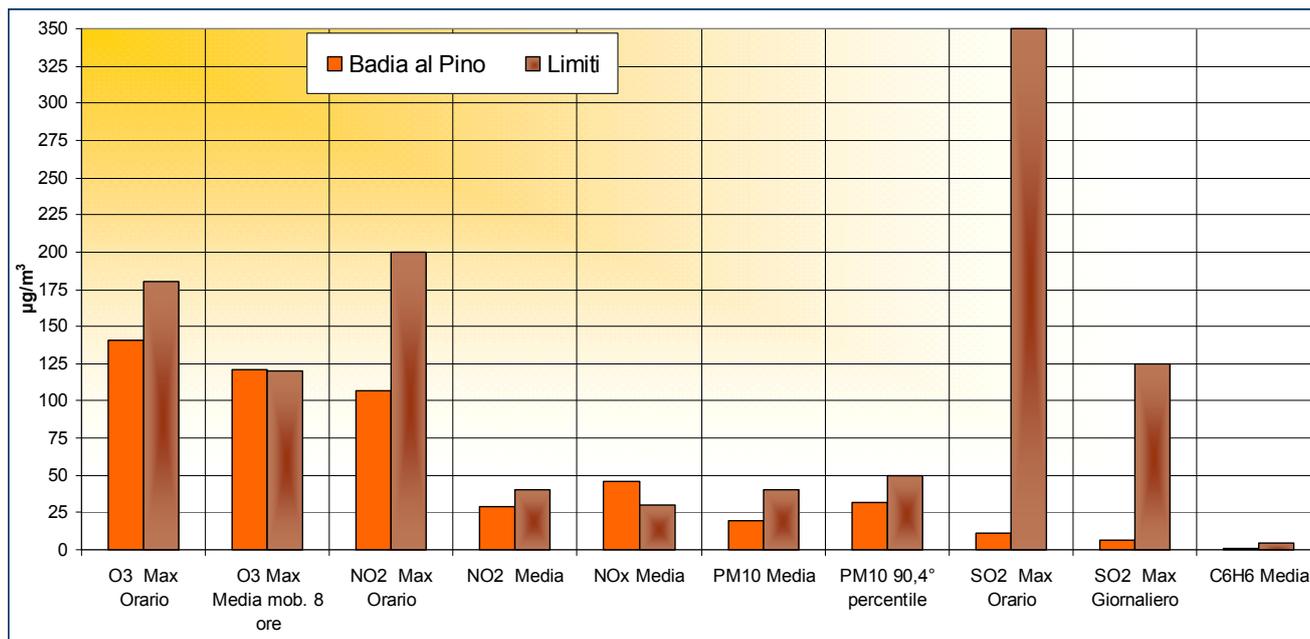
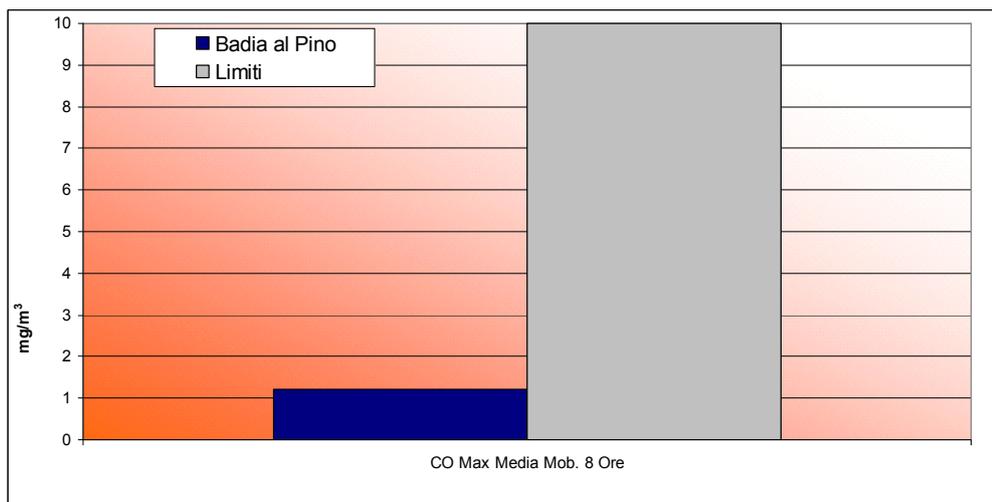


Figura 6.1.2 istogramma valori degli indicatori di qualità dell'aria monossido di carbonio



NO₂ = biossido di azoto
 NOx = ossidi di azoto totali
 PM10 = materiale particolato PM10
 SO₂ = biossido di zolfo
 C₆H₆ = benzene
 O₃ = ozono
 CO = monossido di carbonio

6.2 Metalli nel PM10

Il presente capitolo mostra i valori medi annuali dei metalli determinati nella campagna di misurazione indicativa effettuata presso la postazione di Badia al Pino; la media annuale è stata determinata sulla base dei 53 campioni giornalieri di materiale particolato PM10 raccolti nel periodo di osservazione 5 giugno 2014 – 11 marzo 2015. I dati sono presentati su due tabelle distinte, la prima riguarda arsenico, cadmio, nichel e piombo espressi in **ng/m³** per il quale la legislazione europea e nazionale che disciplina la materia ha definito valori obiettivo (arsenico, cadmio, nichel) o valori limite (piombo) nel PM10; la seconda tabella, riferita agli altri 20 metalli per i quali la legislazione di cui sopra non ha definito i relativi valori limite, presenta i valori medi annuali di riferimento espressi in **µg/m³** estrapolati dai valori limite in aria ambiente fissati dall'Horizontal Guidance note IPPC H1, UK Environment Agency 6/07/03. Al fine di elaborare la media annuale, è stato applicato il criterio del "medium bound" per il quale si attribuisce un valore pari ad ½ del LOQ ai valori giornalieri dei metalli inferiori al rispettivo limite di quantificazione (LOQ). Per alcuni metalli, i cui valori giornalieri hanno presentato, nella prevalenza dei casi, valori inferiori al LOQ (berillio, cobalto, platino e rodio), non è stato calcolato il valore medio annuale applicando il criterio del medium bound, e pertanto, il relativo livello di concentrazione, è stato espresso come inferiore al limite di quantificazione in µg/m³.

Tabella 6.2.1 valori medi annuali arsenico, cadmio, nichel e piombo nel PM10 - ng/m³

metalli	Media annuale (ng/m ³)	Valore obiettivo/Limite – D.Lgs. 155/2010 (ng/m ³)	Scarto % su limite
Arsenico	0,5	6,0	-92
Cadmio	0,4	5,0	-91
Nichel	3,2	20,0	-84
Piombo	4,6	500	-99

Tabella 6.2.2 valori medi annuali metalli - µg/m³

	media annuale nel PM10 (µg/m ³)	Valore Riferimento IPPC H1 – UK aria ambiente (µg/m ³)	Scarto % limite
Alluminio	0,14	20	-99
Antimonio	0,002	5	-100
Argento	0,001	0,1	-99
Bario	0,02	5	-100
Berillio	< 0,0001 (< LOQ)	0,004	
Cobalto	< 0,001	0,2	
Cromo	0,004	5	-100
Ferro	0,2	10	-98
Manganese	0,004	1	-100
Palladio	0,0001	nd	
Platino	< 0,00005 (< LOQ)	50	
Rame	0,02	10	-100
Rodio	< 0,00005 (< LOQ)	1	
Selenio	0,002	1,0	-100
Stagno	0,002	nd	
Tallio	0,00004	1	-100
Tellurio	0,001	1	-100
Titanio	0,01	40	-100
Vanadio	0,001	5	-100
Zinco	0,02	50	-100

Informazioni più dettagliate riguardanti i valori medi giornalieri dei metalli sono mostrati nell'allegato 1 capitolo 1.7.

Figura 6.2.1 medie annuali arsenico, cadmio e nichel nel PM10 – ng/m³

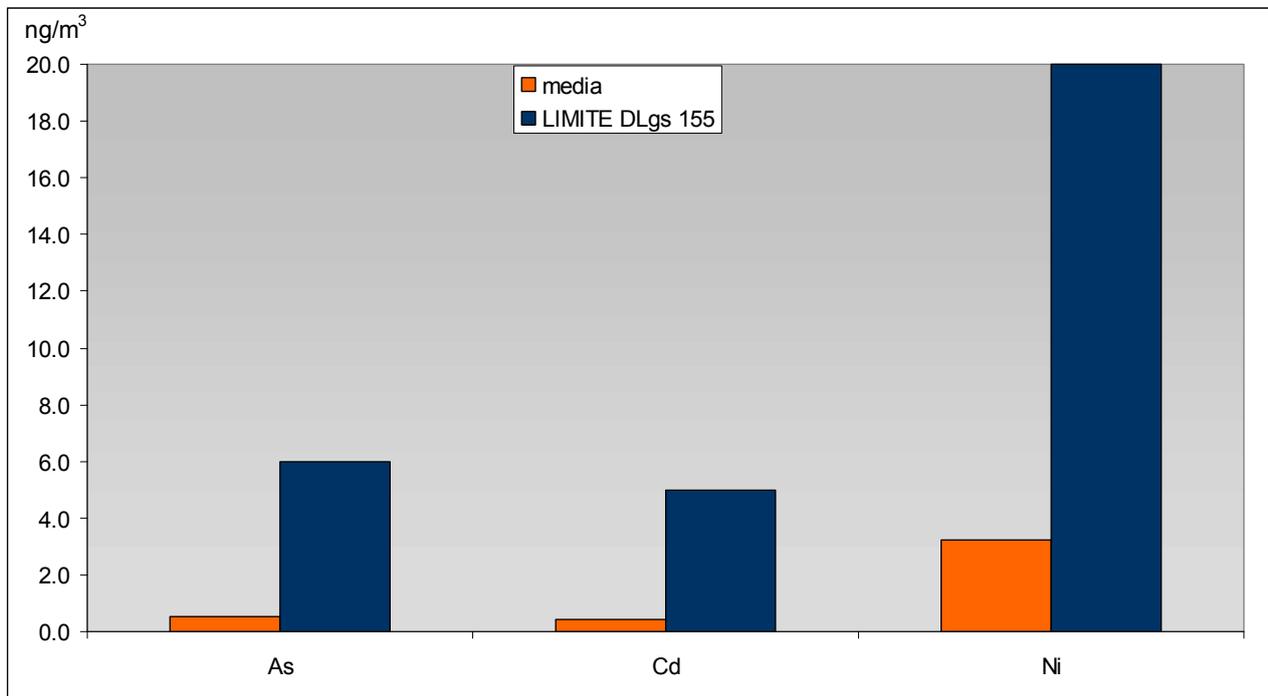


Figura 6.2.2 media annuale piombo nel PM10 – µg/m³

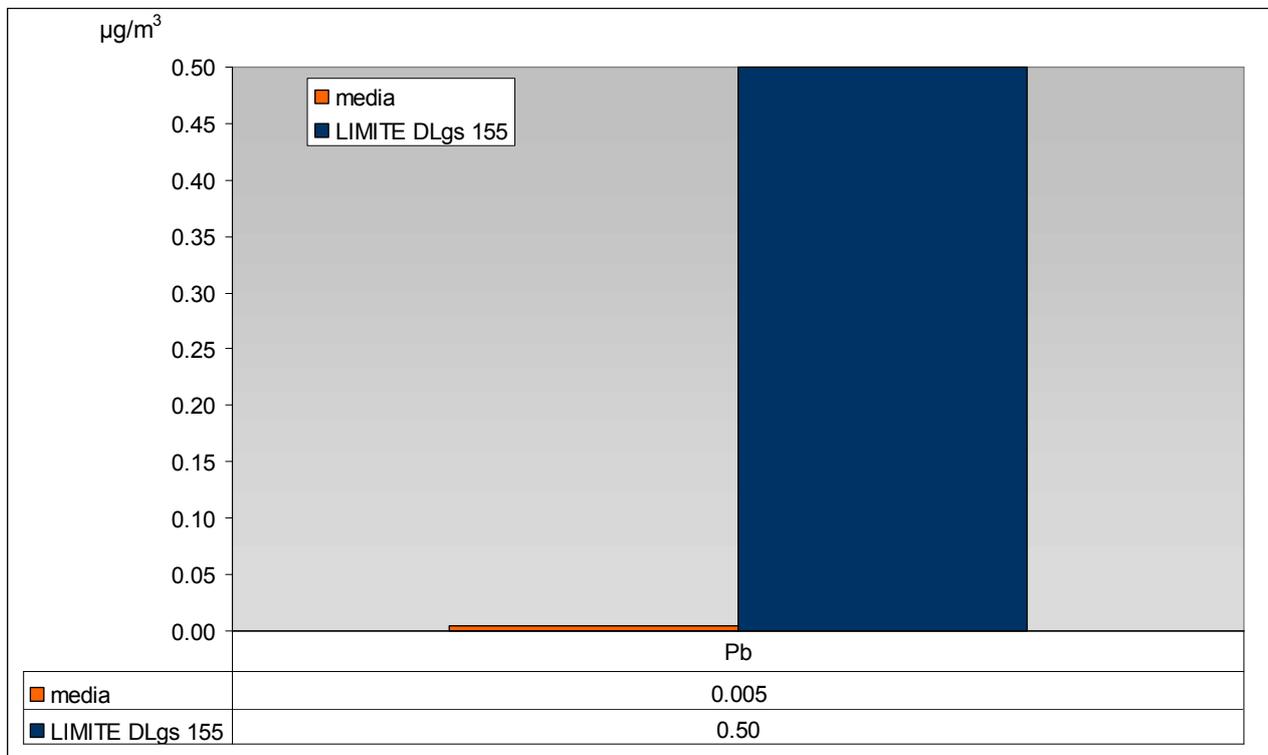
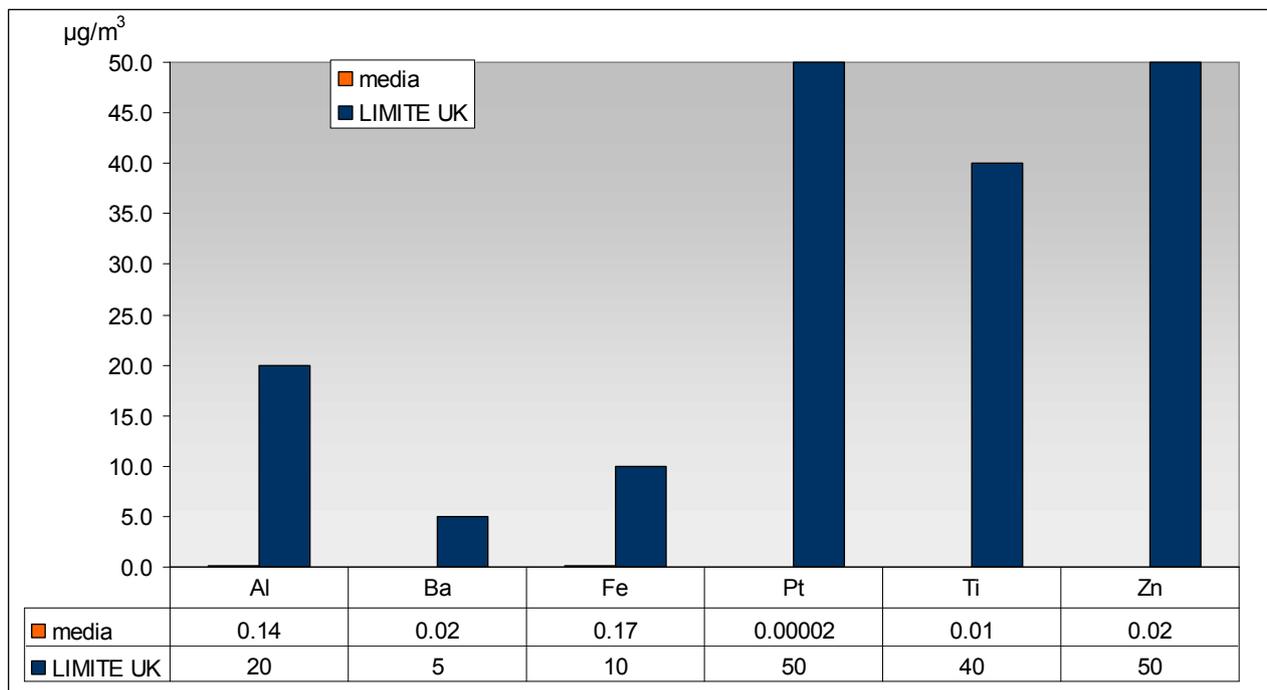


Figura 6.2.3 media annuali alluminio, bario, ferro, platino, titanio e zinco nel PM10 – $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Confronto con i valori determinati in altre postazioni del territorio italiano

Gli istogrammi presentati nei grafici successivi mostrano i valori annuali dei metalli determinati, sia a Badia al Pino, sia in altre postazioni del territorio italiano nel periodo di osservazione 2012 – 2014; quest'ultime postazioni, si riferiscono a più tipologie di siti (urbani, fondo e traffico ed industriali), in relazione alla tipologia di sorgenti di emissione che ne caratterizza la zona.

Figura 6.2.4 media zinco e ferro Badia al Pino ed Aosta – P.za Plouves – ng/m^3

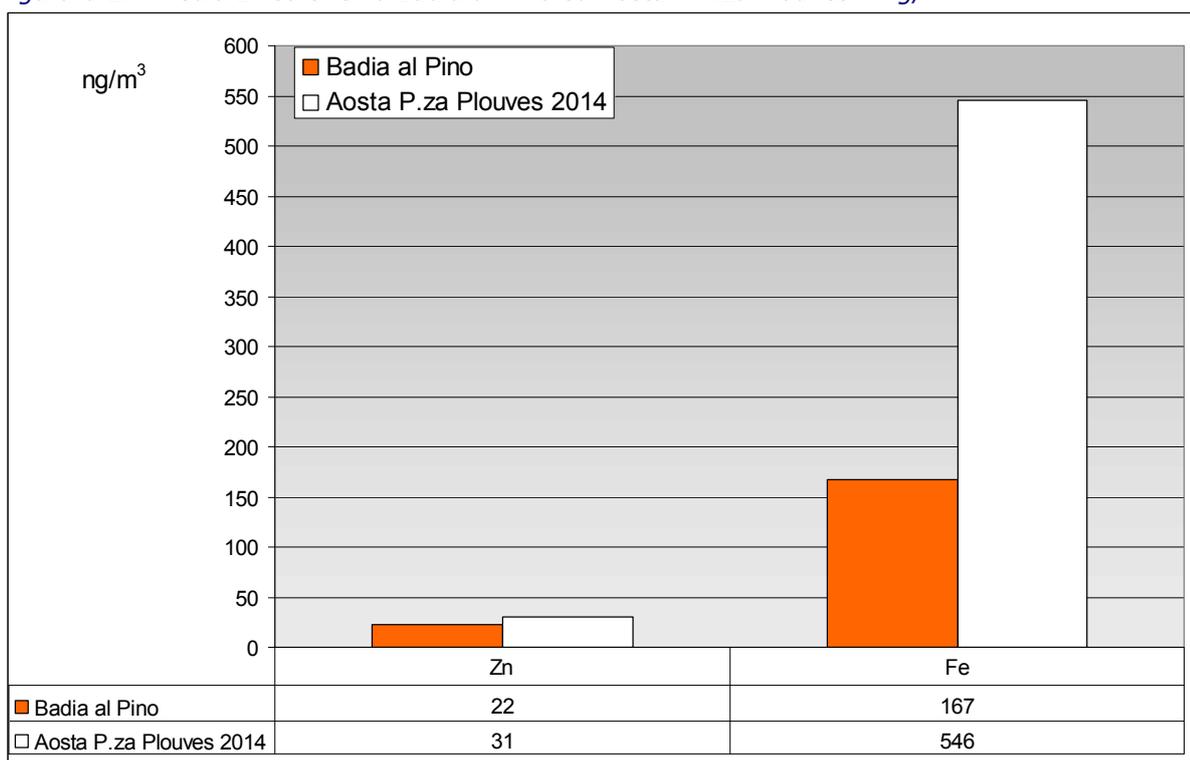
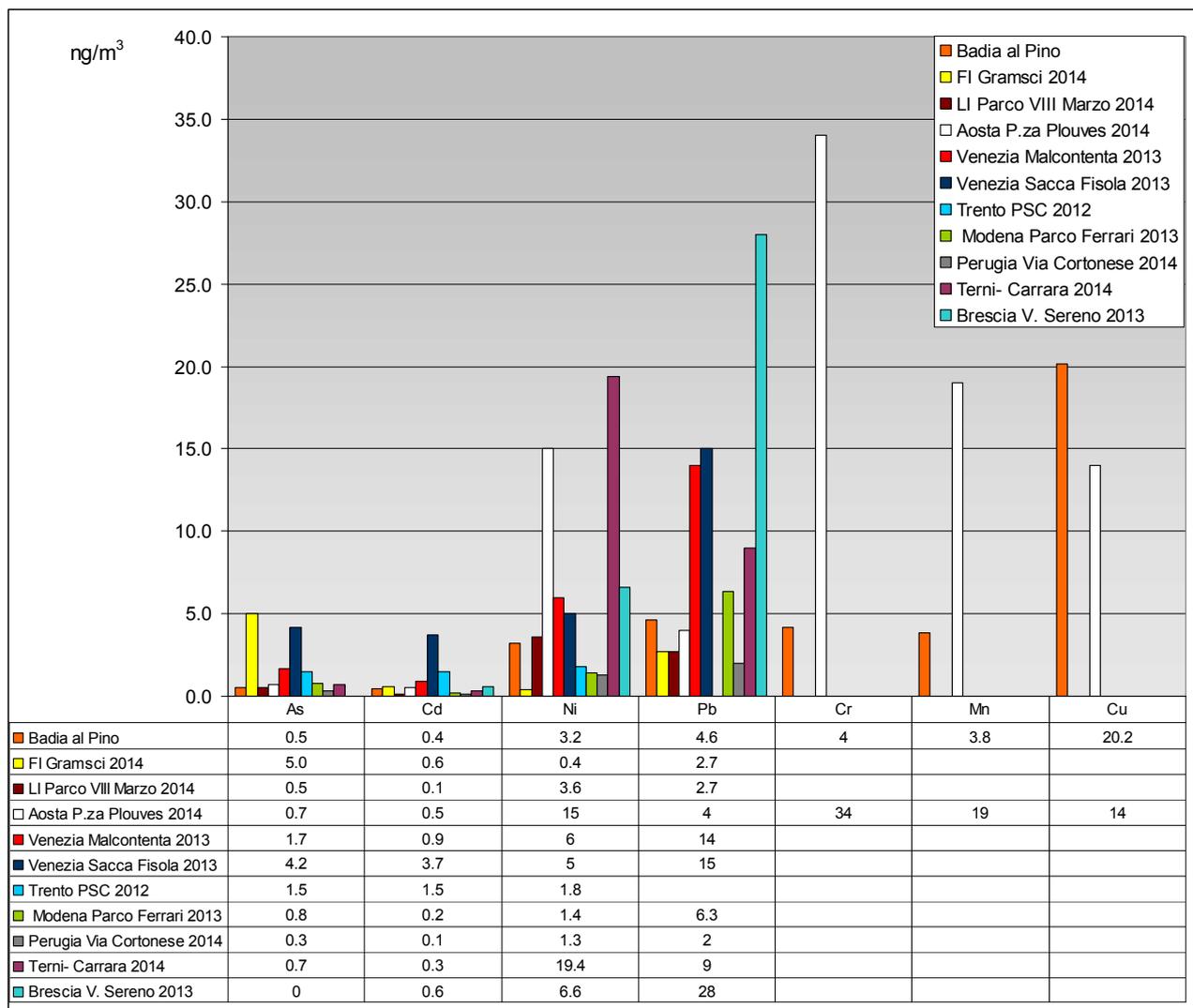


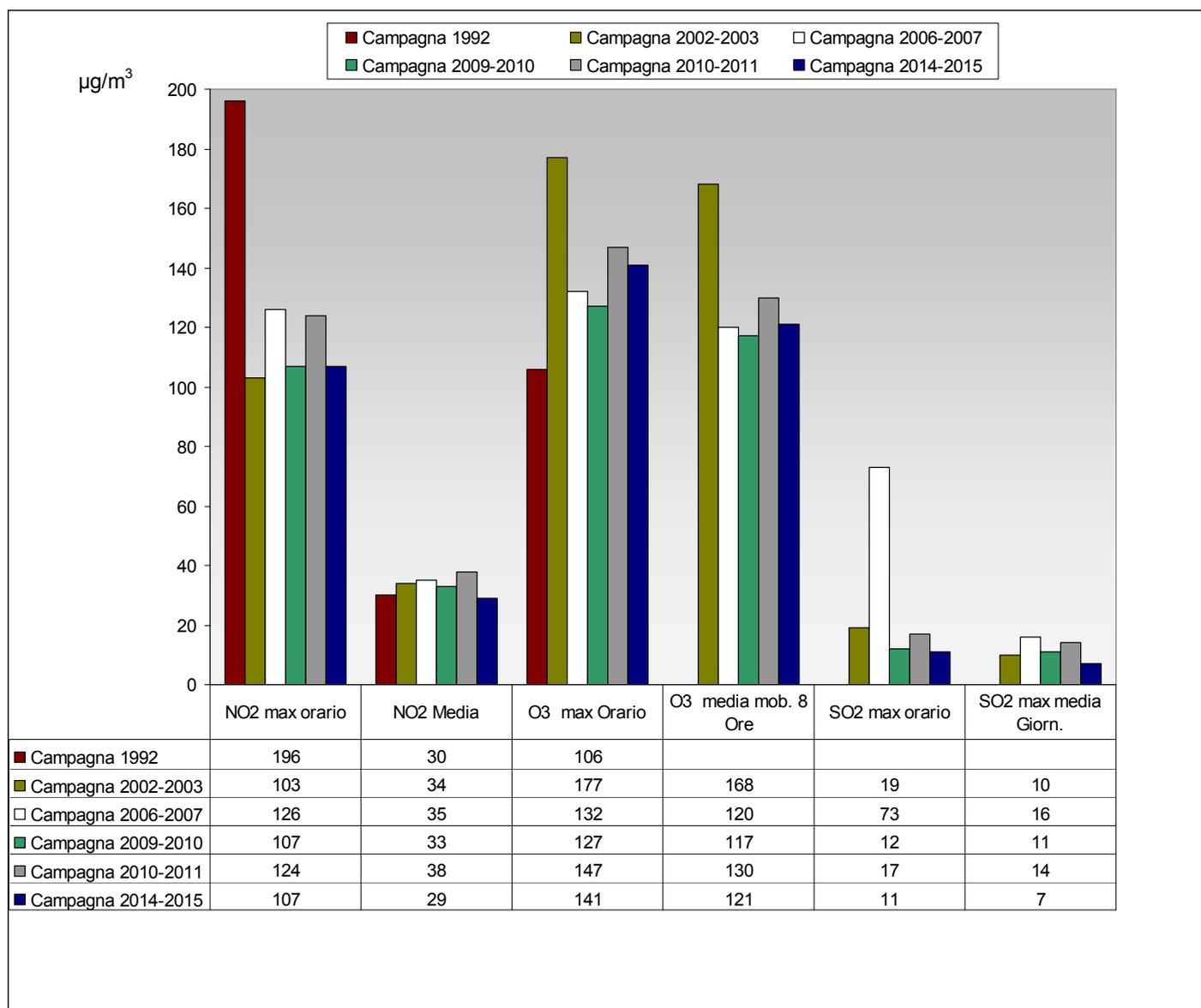
Figura 6.2.5 media arsenico, cadmio, nichel, piombo, cromo, manganese e rame Badia al Pino – Firenze Gramsci, Livorno Parco VIII marzo, Aosta – P.za Plouves, Venezia Malcontenta, Venezia Sacca Fisola, Trento PSC, Modena Parco Ferrari, Perugia Via Cortonese, Terni zona Carrara, Brescia V. Sereno – ng/m³



6.3 Confronto con i valori degli indicatori relativi alle precedenti campagne di misurazione nella postazione di misurazione

Nelle tabelle incluse negli elaborati grafici che seguono, si riportano gli indicatori di qualità dell'aria relativi alla postazione di Badia al Pino P.za G. Verdi, riferiti, sia della campagna 2014 - 2015, che alle precedenti campagne di misurazione indicative e puntuali effettuate nell'arco temporale (1992 - 2011).

Figura 6.3.1 istogramma valori degli indicatori di qualità dell'aria P.za G. Verdi - Badia al Pino e campagne (1992, 2002-2003, 2006-2007, 2009-2010, 2010-2011) - biossido di azoto, ossidi di azoto ozono e biossido di zolfo



NO₂ = biossido di azoto PM10 = materiale particolato PM10 SO₂ = biossido di zolfo NO_x = ossidi di azoto totali

Media di secondo ordine biossido di azoto (media delle medie di biossido di azoto campagne dal 1992 al 2015) = 33 µg/m³

Figura 6.3.2 istogramma valori medi annuali postazione P.za G. Verdi - Badia al Pino e campagne (1992, 2002-2003, 2006-2007, 2009-2010, 2010-2011) - materiale particolato

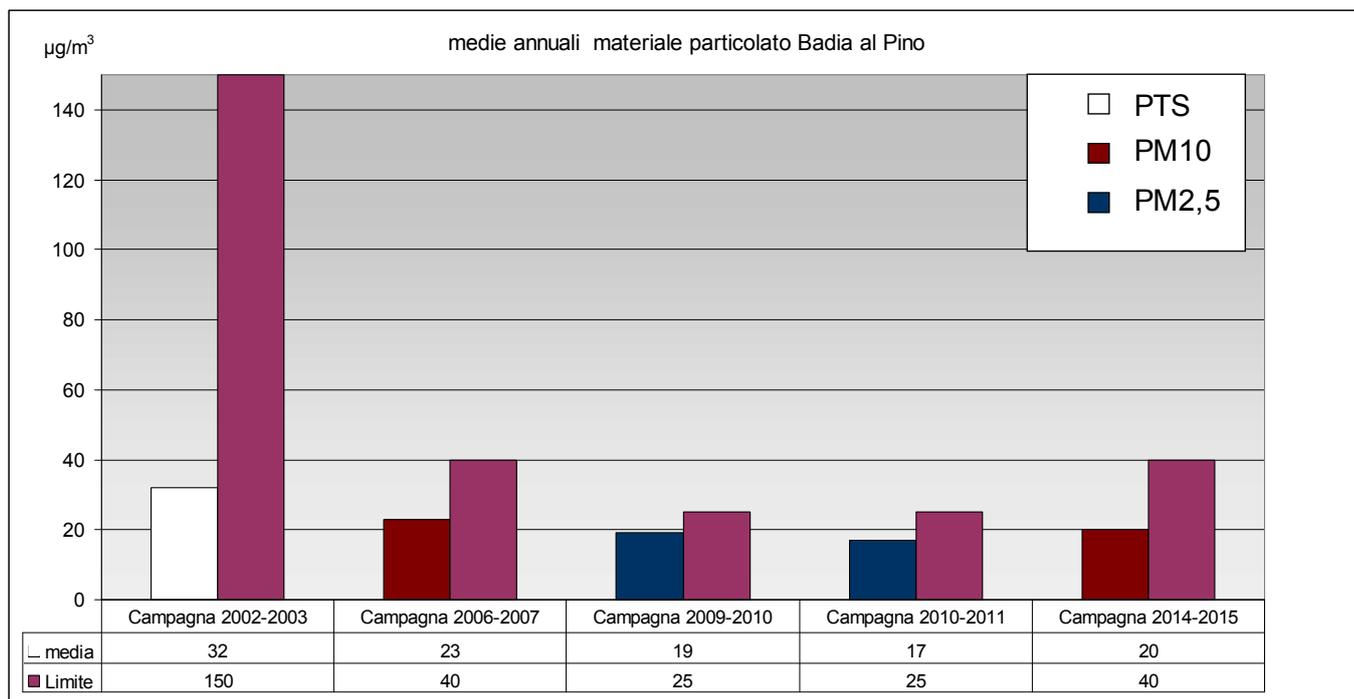
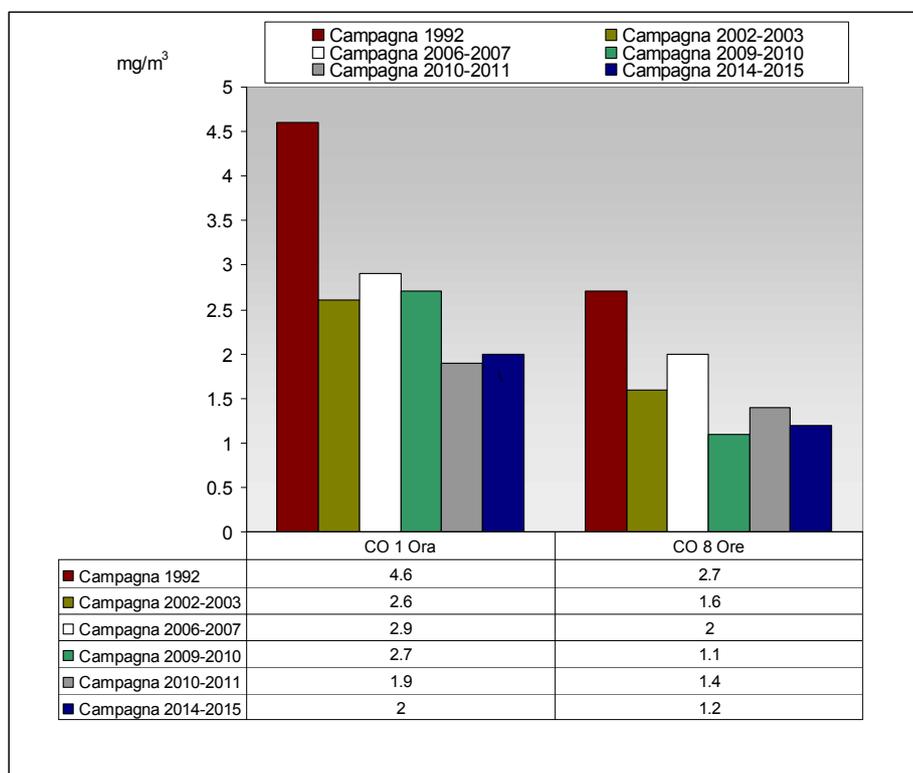


Figura 6.3.3 istogramma valori degli indicatori di qualità dell'aria P.za G. Verdi - Badia al Pino e campagne (1992, 2002-2003, 2006-2007, 2009-2010, 2010-2011) - monossido di carbonio



6.4 Confronto con i livelli rilevati dalle stazioni di misurazione di P.za Repubblica ed Acropoli – Zona Valdarno aretino e Valdichiana

Figura 6.4.1. istogramma valori degli indicatori di monossido di carbonio - CO Badia al Pino P.za G. Verdi e P.za Repubblica, Acropoli – Arezzo

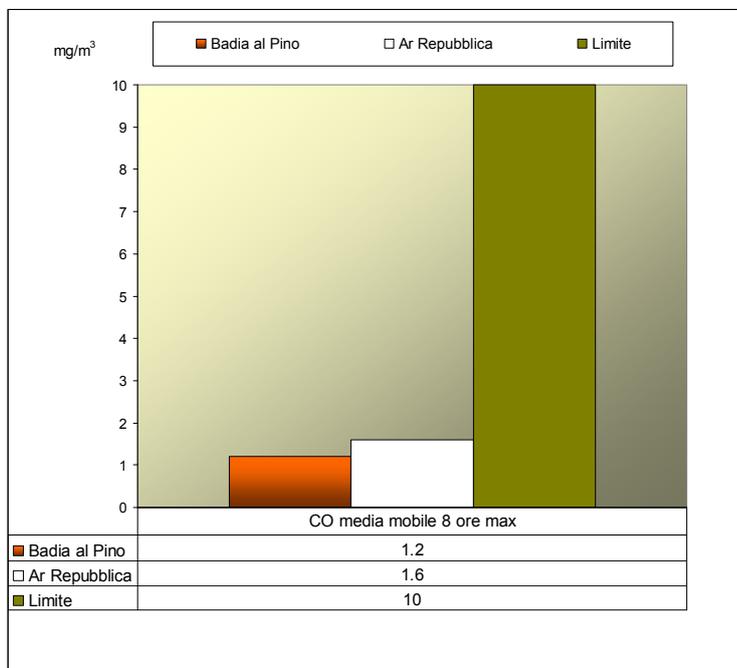
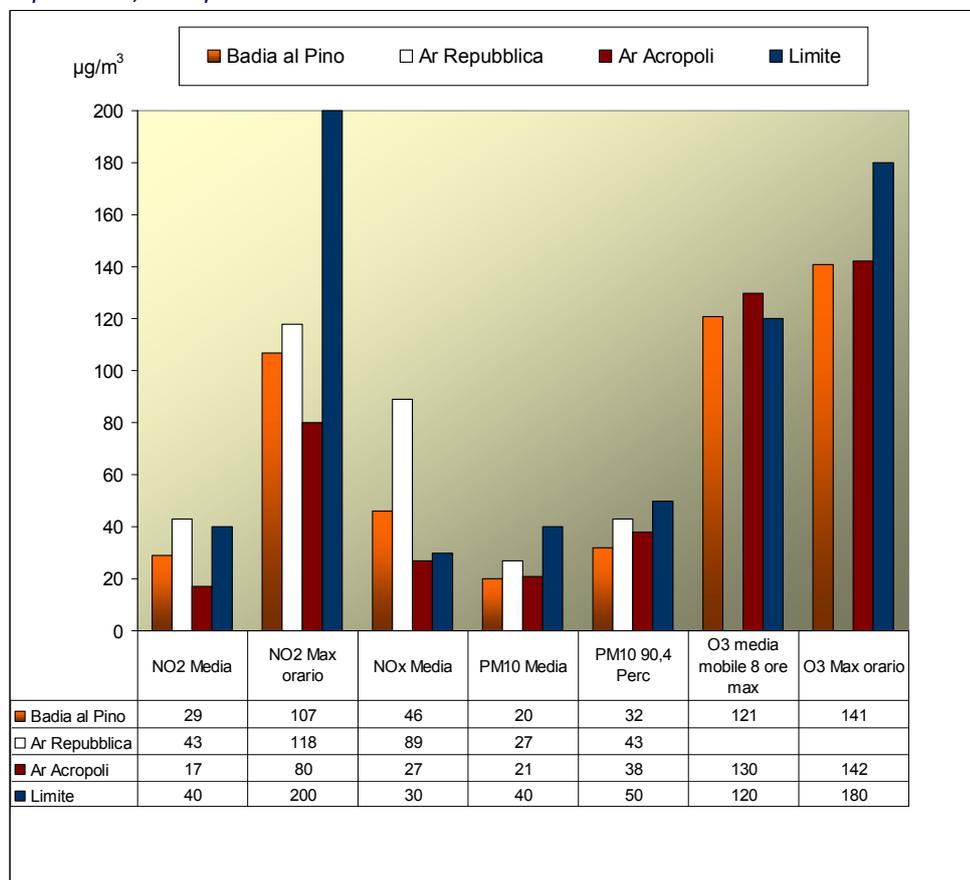


Figura 6.4.2. istogramma valori degli indicatori di NO₂, O₃ e PM10 - Badia al Pino P.za G Verdi e P.za Repubblica, Acropoli - Arezzo



NO₂ = biossido di azoto O₃ = ozono PM10 = materiale particolato PM10

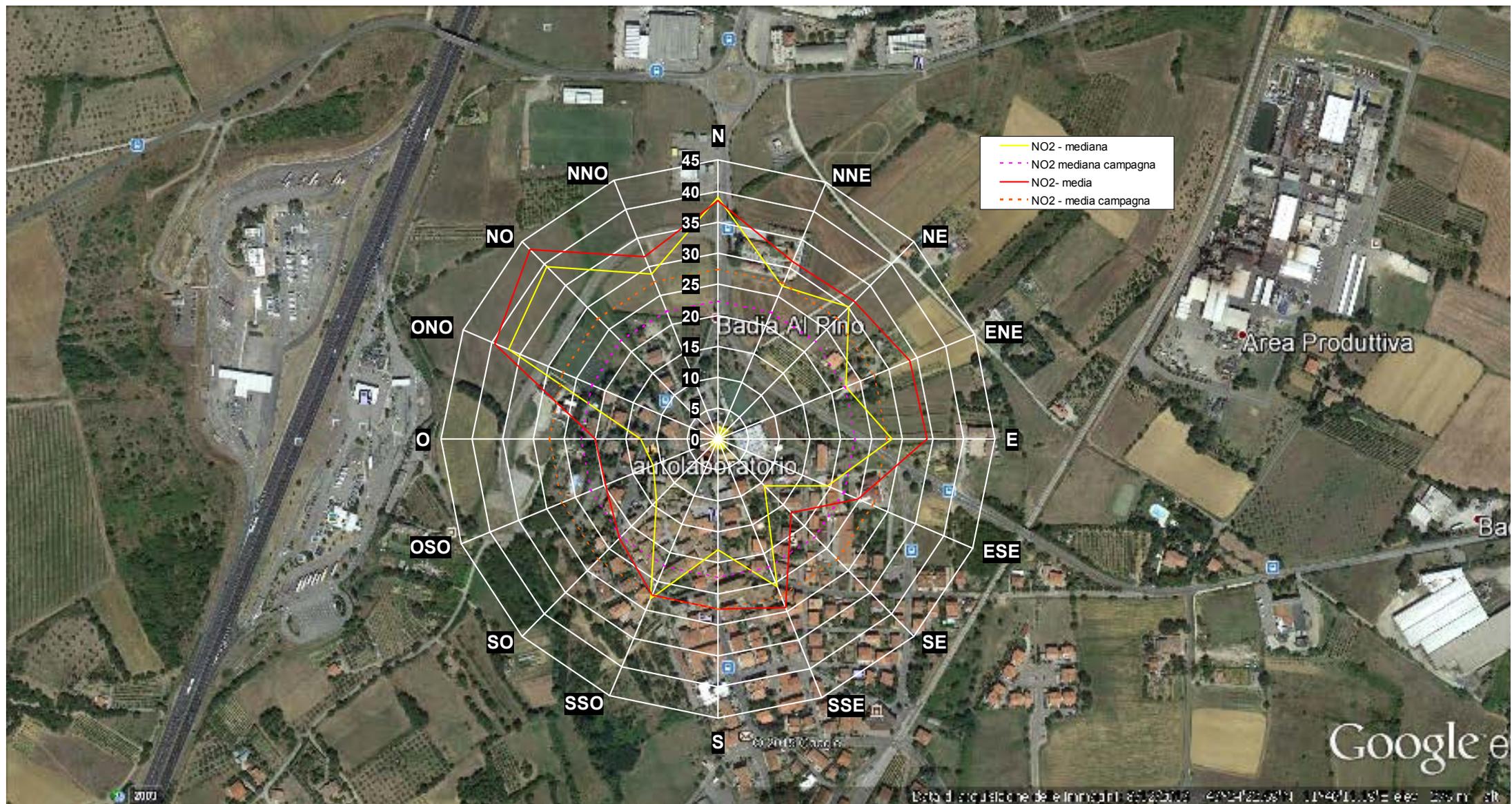
6.5 Analisi dati meteorologici rilevati durante la campagna di monitoraggio

In relazione ai dati registrati dai sensori meteo di direzione e velocità del vento nella campagna di misurazione indicativa di Badia al Pino, è stato elaborato il grafico polare sovrapposto alla mappa della zona, il quale mette in relazione la direzione del vento e le concentrazioni di biossido di azoto (mediana e media delle concentrazioni medie orarie rilevate). La mediana è un indicatore della distribuzione che esprime meno informazioni rispetto alla media, giacché non tiene conto del valore effettivo di ogni misura, bensì considera solo la posizione ordinale di ciascun dato all'interno della distribuzione (rango); tuttavia offre il vantaggio di essere meno influenzata dai valori estremi (outliers o dati fuori linea). Per queste sue caratteristiche viene spesso preferita come indicatore della tendenza centrale quando occorre trattare dati che presentano una distribuzione fortemente asimmetrica, come nel caso in questione.

Nella figura di pagina successiva, sono rappresentati i valori delle mediane (linea gialla) e delle medie (linea rossa) dei valori di concentrazione di biossido di azoto relativi dallo stesso settore di provenienza del vento; a titolo di confronto, sono riportati anche i valori delle rispettive mediane (linea tratteggiata fucsia) e medie (linea tratteggiata arancione) relative all'intero campione di dati rilevati della campagna di misurazione (poiché tale valore non è riferito a nessun settore di provenienza del vento, risulta distribuito uniformemente ad ogni settore della rosa dei venti).

In merito al biossido di azoto, i valori della mediana molto superiori alla mediana riferita all'intero campione di dati, mettono in rilievo contributi dai settori nord occidentali (Nord, Nord-Ovest, Ovest-Nord-Ovest) ed orientali (Nord-Nord-Est, Nord-Est, Est); i più significativi appaiono quelli nord occidentali. Si osserva che in questi settori sono ubicate le sorgenti lineari e puntuali più significative dell'area.

Figura 6.5.1 – elaborazione polare medie e mediane NO₂ Civitella in Val di Chiana - Badia al Pino



7- Valutazione dei risultati

Gli indicatori di qualità dell'aria finalizzati alla tutela della salute umana elaborati per la campagna di misurazione di P.za G. Verdi- Badia al Pino, sono conformi ai valori limite previsti alla normativa vigente.

Si riscontra inoltre, per alcuni inquinanti quali **biossido di zolfo - SO₂**, **monossido di carbonio - CO** e **benzene**, che l'ordine di grandezza dei valori degli indicatori si attesta decisamente al di sotto del 50 % dei rispettivi valori limite (Tabella 6.1.1 indicatori di protezione della salute umana); gli indicatori di biossido di zolfo, ad esempio, presentano mediamente valori inferiori ai relativi valori limite del 96 %.

Il materiale particolato **PM10** (Tabella 6.1.1), registra valori degli indicatori inferiori ai relativi limiti, con scarti percentuali rispetto al limite compresi fra il -36 % (indicatore 90,4° percentile delle concentrazioni giornaliere: valore misurato = 32 µg/m³ - valore limite = 50 µg/m³) ed il -50 % (indicatore media annuale: valore misurato = 20 µg/m³ - valore limite = 40 µg/m³). Il valore relativo alla media annuale di PM10 (20 µg/m³), fornisce indirettamente anche informazioni sulla situazione per la frazione di PM2,5, giacché tale valore, risulta già conforme anche al valore limite previsto per la media annuale del PM2,5 (25 µg/m³); si rammenta che il PM2,5 è una frazione del PM10 e ne rappresenta indicativamente circa il 70% (valore di letteratura - le misurazioni relative all'anno 2014 riferiti all'intera rete regionale hanno messo in evidenza valori percentuali medi di PM2,5 sul PM10 del 64% per le stazioni di fondo e del 56 % per le stazioni di traffico).

I valori di **biossido di azoto** (Tabella 6.1.1), registrano, per l'indicatore relativo al valore massimo orario, livelli attorno al 50 % del relativo limite (-47 %), e per l'indicatore relativo alla media annuale, valori inferiori al limite del 28 %.

L'indicatore riguardante la media annuale degli **ossidi di azoto - NO_x** (espressi come NO₂) - (Tabella 6.1.2), finalizzato alla **protezione della vegetazione**, che ha valenza solo per le stazioni di misurazione suburbane, rurali e rurali di fondo è stato superato; al di fuori delle zone rurali, come nel caso della postazione di Badia al Pino, questo indicatore non è solitamente mai rispettato.

Anche per i **metalli** nel PM10 (figure 6.2.1-6.2.3) si rileva una diffusa ed ampia conformità ai valori di riferimento, in particolare, per **arsenico, cadmio, nichel e piombo** per i quali la normativa europea e nazionale ha definito valori obiettivo e valori limite (D.Lgs. 155/2010 e smi e Direttiva del Consiglio 2015/1480); in dettaglio, lo scarto percentuale del valore medio annuale rispetto al limite, oscilla, dal -84 % per il nichel, al -91 % per il cadmio, e al -99 % per il piombo. I restanti 20 metalli (fra cui argento, bario, cromo, zinco, vanadio, o ecc.), relazionati ai valori di riferimento annuali dei metalli in aria ambiente (estrapolati dai valori limite fissati dall'Horizontal Guidance note IPPC H1, UK Environment Agency 6/07/03), presentano un quadro non dissimile da quello visto prima, con scarti significativi sul valore di riferimento per la prevalenza dei metalli (antimonio, cobalto, cromo, titanio, vanadio, zinco - 100 %; alluminio, berillio, ferro, manganese, argento da -89 a -99 %).

In merito alle **precedenti campagne di misurazione indicative** effettuate nella postazione di Badia al Pino (1992 - 2011), si rilevano, con particolare riferimento all'ultima campagna di misurazione 2010-2011, variazioni temporali caratterizzate da un generale decremento dei valori di tutti gli indicatori. In particolare, per quanto attiene gli inquinanti più significativi, si registra una riduzione per il biossido di azoto (media annuale -24 %, valore massimo orario -14 %), per gli ossidi di azoto totali (media annuale -32 %) e per il materiale particolato PM10 (media annuale -13 % riferito alla campagna 2006-2007). Se si amplia il campo di osservazione agli inquinanti meno rilevanti, si riscontrano altri decrementi per il biossido di zolfo (valore massimo giornaliero -50 %), e per il monossido di carbonio (media mobile 8 ore massima giornaliera -14 %).

L'analisi sul lungo periodo (2002-2015) evidenzia un intervallo temporale abbastanza lungo (2002-2010) di sostanziale stabilità delle medie annuali di biossido di azoto, seguito da un incremento occorso nel 2011, e si conclude con una riduzione nel 2014-2015; complessivamente si conferma l'andamento al decremento visto per il breve periodo, giacché i valori di tutti gli inquinanti misurati nella campagna 2014-2015 rappresentano i valori più bassi dell'intero periodo di osservazione 2002-2015.

Raffronto con i livelli registrati dalle stazioni di misurazione fisse di P.za Repubblica ed Acropoli - Arezzo

Il confronto con i valori degli indicatori di qualità dell'aria (Figura 6.3.1.) registrati nello stesso periodo di osservazione dalle stazioni fisse di rete regionale di P.za Repubblica (tipologia urbana-traffico) ed Acropoli (tipologia urbana-fondo), appartenenti alla stessa zona definita dalla legislazione regionale che disciplina la qualità dell'aria (entrambi i territori comunali di Civitella in Val di Chiana e Arezzo sono inclusi nella Zona Valdarno aretino e Valdichiana, definita dalla DGRT 1025/2010), evidenzia, da una parte, una significativa differenza con la stazione di traffico di P.za Repubblica (Badia al Pino: -33 % media annuale biossido di azoto; -26 % media annuale ossidi di azoto; -48 % media annuale PM10; -25 % media mobile 8 ore massima giornaliera CO) e dall'altra, un rapporto di relazione non definitivo con la stazione di fondo di Acropoli, contraddistinto, sia da valori più elevati di ossidi di azoto (Badia al Pino: +71 % media annuale biossido di azoto; +70 % media annuale ossidi di azoto), sia da valori quasi equivalenti di PM10 (-5 % media annuale).

In relazione alle elaborazioni grafiche riguardanti il raffronto fra gli andamenti temporali dei valori orari di biossido di azoto e monossido di carbonio (Allegato 1, Figura 1.3.1.-2) e dei valori medi giornalieri di materiale particolato PM10 (Allegato 1, Figura delle differenze 1.3.3.-4), si rileva una buona corrispondenza degli andamenti, in particolare per il materiale particolato e biossido di azoto.

Si evidenzia, come peraltro già valutato per gli indicatori di qualità dell'aria, che i livelli massimi più elevati sono registrati nella prevalenza dei casi dalla stazione di traffico di Arezzo P.za Repubblica e che la postazione di Badia al Pino si colloca, in un caso, su valori di ossidi di azoto superiori alla stazione di fondo urbano di Arezzo - Acropoli, e nell'altro, su valori di PM10 quasi equivalenti (o poco inferiori) alla medesima stazione di fondo urbano.

I grafici delle differenze (Allegato 1, figure 1.3.3.-4) relativi al materiale particolato PM10 consolidano questo quadro:

- media delle differenze PM10 Badia al Pino/Repubblica = $-8 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- media delle differenze PM10 Badia al Pino/Acropoli = $-1 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- media delle differenze NO₂ Badia al Pino/Repubblica = $-14 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- media delle differenze NO₂ Badia al Pino/Acropoli = $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le correlazioni dei valori medi giornalieri di materiale particolato PM10 (Allegato 1, Figura 1.4.1.-2) sono definite da coefficienti di correlazione buoni per entrambe le stazioni ubicate nell'area urbana di Arezzo (coefficiente correlazione delle concentrazioni medie giornaliere Badia al Pino/Ar - P.za Repubblica: $R^2 = 0,74$; coefficiente correlazione delle concentrazioni medie giornaliere P.za G. Verdi- Badia al Pino/Ar - Acropoli: $R^2 = 0,80$). Relativamente agli inquinanti di natura gassosa (biossido di azoto e monossido di carbonio) non sono rilevate correlazione fra i dati delle stazioni dell'area urbana di Arezzo e della postazione di Badia al Pino.

Comparazione medie annuali metalli con i valori registrati sul territorio nazionale

Il raffronto dei valori medi annuali dei metalli nel PM10 rilevati presso la postazione di Badia al Pino (figure 6.2.4-5) con quelli registrati in altre postazioni riferite, sia a siti urbani (traffico e fondo), che industriali, mette in evidenza un quadro differenziato in relazione al tipo di metallo. Ad esempio, per quanto attiene l'arsenico, Badia al Pino presenta livelli in linea con una buona parte di postazioni, ed inferiori al valore massimo dell'88 % (scarto sul valore massimo registrato dalla postazione di Venezia Sacca Fisola), per quanto attiene cadmio e piombo, i valori annuali risultano sostanzialmente allineati alle rispettive mediane calcolate sull'intera

serie di dati riferiti alle postazioni messe a confronto (cadmio: mediana complessiva postazioni = 0,5 ng/m³ - valore Badia al Pino = 0,4 ng/m³; piombo: mediana complessiva postazioni = 5,5 ng/m³ - valore Badia al Pino = 4,6 ng/m³) rispetto al valore massimo invece, il valore medio annuale di Badia al Pino risulta inferiore dell'88 % per il cadmio (scarto sul valore massimo relativo alla postazione di Venezia Sacca Fisola), e dell'84 % per il piombo (scarto sul valore massimo relativo alla postazione di Brescia Sereno). La situazione del nichel è rappresentata da una condizione di sostanziale invarianza rispetto a cadmio e piombo, giacché il valore di Badia al Pino risulta quasi allineato alla mediana delle postazioni, con sei postazioni caratterizzate da valori superiori e quattro da valori inferiori (scarto sul valore massimo relativo alla postazione di Terni - Carrara -83 %- mediana complessiva postazioni = 3,6 ng/m³ - valore Badia al Pino = 3,2 ng/m³). Infine, rispetto alla postazione di Aosta P.za Pleuves, Badia al Pino registra, da un lato, valori più bassi di cromo (-88 %), manganese (-80 %), ferro (-69 %) e zinco (-27 %), e dall'altro, valori più elevati di rame (+44 %).

A livello regionale, Badia al Pino presenta valori di arsenico in linea con Livorno Parco VIII marzo e più bassi di Firenze Gramsci (-90 %), valori di cadmio più elevati di Livorno Parco VIII marzo (+339 %), ma più bassi di Firenze Gramsci (-27 %), valori di nichel poco più bassi di Livorno Parco VIII marzo (-10 %) e più alti di Firenze Gramsci (+707 %) ed infine valori di piombo più elevati, sia di Livorno Parco VIII marzo, che di Firenze Gramsci (+70 %).

Andamenti temporali

Gli andamenti dei valori orari e giornalieri (Allegato 1, figure 1.3.2-3), mettono in rilievo per alcuni agenti inquinanti, la presenza di livelli di concentrazione più elevati in determinate stagioni: in particolare, si rileva la tendenza all'incremento nelle stagioni dell'inverno e della primavera per biossido di azoto, materiale particolato PM10 e monossido di carbonio. Questo andamento è confermato, in sostanza, anche dalle variazioni stagionali dei valori degli indicatori di qualità dell'aria (allegato 1 figure 1.6.1-2) nelle quali, per la prevalenza degli inquinanti (PM10, CO e benzene) i valori degli indicatori relativi al valore medio stagionale dell'inverno e della primavera sono più elevati delle altre stagioni.

I metalli (Allegato 1 capitolo 1.7 figure 1.7.6-8), mettono in rilievo un quadro di andamenti temporali eterogeneo, nel quale sono evidenziati incrementi:

- in autunno ed inverno per argento ed antimonio;
- in inverno di rame, piombo e zinco;
- in estate di alluminio, nichel, titanio e bario;
- in primavera di cromo.

Anche gli andamenti medi stagionali seguono nella prevalenza dei casi questa impostazione.

Nel periodo invernale la direzione prevalente dei venti ha riguardato i settori Nord-Nord-Est e Sud-Est mentre nella primavera i settori Nord-Nord-Est e Nord-Nord-Ovest.

Giorno tipo

Queste elaborazioni mostrano gli andamenti tipici orari (media dei valori registrati alla stessa ora).

Dalle elaborazioni inerenti il giorno tipo (Allegato 1, grafici 1.2.1-2) si rileva, in relazione ai particolari meccanismi di formazione stagionali dell'ozono catalizzati dalla radiazione solare e dalla temperatura dell'aria, il peculiare andamento a campana contraddistinto da valori orari più elevati nelle ore di massima insolazione della stagione dell'estate, per gli altri inquinanti si evidenzia:

- biossido di azoto - andamenti medi stagionali sostanzialmente sovrapponibili, dal quale emergono tuttavia differenze per quanto attiene i livelli massimi orari. Si nota che i livelli di picco più elevati si riferiscono alla mattina (fascia oraria 7 - 9) ed alla sera (fascia oraria 20 - 22), tipiche fasce orarie coincidenti con le attività antropiche. Le stagioni dell'autunno e dell'inverno registrano tendenzialmente valori più elevati, ma caratterizzati da fasce orarie riferite ai valori massimi contrapposte (massimo autunnale al mattino e massimo invernale alla sera). La stagione dell'estate presenta invece i valori più elevati prevalentemente nelle ore notturne (fascia oraria 23 - 6);

- biossido di zolfo – gli andamenti medi stagionali sono distribuiti in una fascia di livelli di concentrazione piuttosto ristretta (circa $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$), si nota la presenza di andamenti caratteristici con livelli più elevati riconducibili alle attività antropiche per la sola stagione dell'inverno (fasce orarie 8-9 e 20), stagione che peraltro registra i valori più elevati delle altre; le stagioni della primavera e dell'estate presentano andamenti e valori (i più bassi della campagna di misurazione) sostanzialmente equivalenti;
- monossido di carbonio – anche in questo caso gli andamenti relativi alla stagione dell'inverno sono caratterizzati dalla presenza dei valori massimi nelle fasce orarie riconducibili alle attività antropiche e che rappresentano i valori più elevati rispetto alle altre stagioni.

Distribuzione dei livelli di concentrazione – diagrammi a scatola

I numeri di sintesi (Allegato 1, tabella 1.2.1), mettono in evidenza una distribuzione dei dati asimmetrica per monossidi di carbonio, ossidi di azoto, biossido di azoto ed ozono ad indicare che, probabilmente, sotto il profilo statistico, i valori estremi (o dati fuori linea) hanno un peso rilevante sull'andamento normale dei valori medi orari di questi inquinanti. Questa considerazione, è confermata, nella prevalenza dei casi, anche dall'osservazione che per questi inquinanti il valore medio è più elevato della mediana.

I diagrammi a scatola stagionali riferiti ad ogni agente inquinante (Allegato 1, figure 1.1.1-6), mettono in rilievo la presenza di livelli massimi di materiale particolato PM10 nelle stagioni dell'inverno e della primavera, di biossido di zolfo nella stagione dell'autunno dell'inverno, di monossido di carbonio nella stagione dell'inverno, e di biossido di azoto nelle stagioni dell'estate, autunno ed inverno (per quanto riguarda invece i livelli medi, quelli più elevati sono registrati nelle stagioni dell'inverno e dell'autunno).

Per quanto attiene i metalli, si nota una diffusa asimmetria delle distribuzioni, contraddistinte peraltro, da valori della media più elevati della mediana, in particolare per bario, cromo, selenio, antimonio, argento e cadmio; tale situazione indicherebbe che i valori estremi (o dati fuori linea) hanno un peso significativo sulla normale distribuzione dei valori giornalieri. Si rilevano inoltre anche valori di deviazione standard maggiori della media (bario, cromo, antimonio, ed argento) ad indicare, dal punto di vista statistico, che gli andamenti di questi metalli sono caratterizzati da forte variabilità.

Distribuzione in classi di concentrazione

Biossido di azoto ed ozono presentano andamenti asimmetrici caratterizzati dalla massima distribuzione dei livelli di concentrazione nelle categorie caratterizzate dai valori più bassi, significativamente distanti dal relativo valore limite (Allegato 1, figure 1.5.1-8). Non seguono questa distribuzione, il biossido di zolfo, monossido di carbonio e materiale particolato PM10, dove, la distribuzione segue un andamento più omogeneo attorno alla classe di concentrazione dalla frequenza più elevata, tipicamente corrispondente al valore medio annuale.

Elaborazioni con i dati meteorologici

Le elaborazioni grafiche polari riguardanti il biossido di azoto mettono in rilievo contributi dai settori nord occidentali (Nord, Nord-Ovest, Ovest-Nord-Ovest) ed orientali (Nord-Nord-Est, Nord-Est, Est); i più significativi appaiono quelli nord occidentali. Si osserva che in questi settori sono ubicate le sorgenti lineari e puntuali più significative dell'area.

Profili dei metalli nel PM10, deposizioni atmosferiche e suolo ed abbondanze relative

Il profilo dei metalli nel PM10, è caratterizzato dalla presenza di ferro (42 %), alluminio (34 %) zinco (6 %), rame (5 %) e bario (4 %); altri metalli significativi quali piombo, titanio, nichel e cromo si assestano su percentuali comprese fra l'1 ed il 2 %. L'analisi comparativa dei profili dei metalli relativi al PM10, alle deposizioni atmosferiche ed al suolo (relativi a periodi di osservazione diversi), mette in rilievo una sostanziale similitudine, in particolare per PM10 e deposizioni atmosferiche, riferita ad alluminio, bario, ferro, titanio zinco, e manganese. Sotto il profilo quantitativo, si riscontrano specificità in relazione al tipo di matrice: il bario, ad esempio, è rappresentato in maniera equivalente, sia sulle deposizioni atmosferiche, che sul PM10 (4 %). L'alluminio è leggermente più elevato nel PM10 (+8 %), mentre il ferro è più elevato nelle deposizioni atmosferiche (+16 %). Infine, le percentuali relative degli altri metalli, sono prevalentemente più elevate nel PM10 rispetto alle deposizioni atmosferiche.

Per quanto attiene il profilo del suolo, il cromo (28 %), il vanadio (24 %), il rame (14 %) ed il nichel (17 %), sono i metalli più significativi; alluminio, ferro e manganese non sono stati però determinati nel suolo.

In merito alle abbondanze relative dei metalli riferite al PM10, deposizioni atmosferiche e suolo, i rapporti fra valori dei metalli nel PM10 e nelle deposizioni variano su un'estensione molto elevata. Nello specifico, si rileva che il PM10, rispetto alle deposizioni atmosferiche, è arricchito di tellurio, antimonio, selenio argento e cadmio; se si passa alla valutazione delle abbondanze del PM10 rispetto al suolo, si rileva che il PM10 è più arricchito di antimonio. Si evidenzia che i rapporti che hanno maggior peso (significativamente maggiori di 1), riguardano le abbondanze relative a PM10 e deposizioni atmosferiche (il valore più elevato, relativo al tellurio, corrisponde a 327), mentre i rapporti fra PM10 e suolo, sono caratterizzati da valori adimensionali meno significativi (il valore più elevato, relativo all'antimonio, corrisponde a 4,6). L'analisi evidenzia anche rapporti uguali ad 1 per il titanio (abbondanze PM10/deposizioni atmosferiche) e per il rame (abbondanze PM10/soilo); tale rapporto indicherebbe, nel primo caso, che nel PM10 è ipotizzabile un contributo di titanio dalle deposizioni, e nell'altro, che nel PM10 è ipotizzabile un contributo di rame dal suolo. Il caso contrario pertanto, riferito a rapporti significativamente maggiori di 1, farebbe supporre un contributo di altre sorgenti. Le abbondanze riguardanti deposizioni atmosferiche e suolo fornirebbero informazioni che le deposizioni siano particolarmente arricchite rispetto al suolo di mercurio, rame, stagno, antimonio e cadmio; in merito al nichel, sarebbe plausibile invece un contributo del suolo (rapporto vicino ad 1).

8 - Considerazioni riassuntive e finali

La postazione di misurazione di Badia al Pino è caratterizzata da valori degli indicatori conformi ai valori limite fissati a tutela della salute umana. In particolare, alcuni inquinanti come benzene, monossido di carbonio e biossido di zolfo, registrano valori largamente inferiori al relativo limite (oltre il -80 %).

Il materiale particolato PM10 (indicatore media annuale) si colloca su valori, inferiori al relativo valore limite del 50 %. Il valore medio annuale di PM10, indirettamente, fornisce informazioni sulla conformità al limite dei livelli medi annuali di PM2,5, giacché il valore di PM10 registrato a Badia al Pino ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$), è già di per se inferiore al valore limite fissato per la media annuale di PM2,5 ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$), che del PM10 è una frazione (valori di letteratura indicano che il PM2,5 rappresenta circa il 70 % del PM10).

Il biossido di azoto risulta essere l'inquinante con uno scarto rispetto al valore limite (indicatore media annuale) più basso rispetto agli altri inquinanti (-28 %).

La situazione di conformità ai valori limite, obiettivo o di riferimento, riguarda anche i metalli nel PM10, sia quelli disciplinati dalla legislazione italiana ed europea, sia quelli estrapolati da documenti prodotti dall'Environmental Agency UK (Horizontal Guidance note IPPC H1, UK Environment Agency 6/07/03); nel dettaglio, gli scarti rispetto al limite riferiti all'indicatore della media annuale, superano per la prevalenza dei casi l'80% (ad esempio: nichel -84 %,

cadmio -91 %, piombo -99 %). L'analisi comparativa dei valori medi annuali dei metalli di Badia al Pino rispetto ad una serie di postazioni del territorio italiano, mette in rilievo, da una parte, valori significativamente più bassi di alcune postazioni industriali (Venezia Sacca Fisola, Brescia V. Sereno, Terni Carrara - Badia al Pino: cadmio -76 %, cromo -89 %, nichel -83 %, piombo -66 %), e dall'altra, ad esempio per cadmio, nichel e piombo, valori intermedi rispetto alla serie di postazioni esaminate (scarto % di Badia al Pino rispetto al valore medio di tutte le postazioni: cadmio = -46 %, nichel = -44 %, piombo = -48 %).

Il raffronto con i valori degli indicatori elaborati nella precedente campagna di rilevamento indicativa effettuata nella stessa postazione mediante mezzo mobile (2010 - 2011), mette in rilievo variazioni temporali caratterizzate da una generalizzata riduzione dei valori; fra gli inquinanti più significativi (indicatore media annuale), si evidenziano i seguenti decrementi: biossido di azoto (-24 %), PM10 (-13 %). Si valuta positivamente l'andamento nella stessa direzione di tutti gli inquinanti misurati, il quale risulta allineato al trend regionale.

Rispetto alle stazioni di misurazione fisse di rete regionale di Arezzo - P.za Repubblica (urbana-traffico) e Acropoli (urbana-fondo) appartenenti alla stessa zona "Valdarno aretino e Valdichiana", la valutazione dei dati puntuali (orari e giornalieri) e dei valori degli indicatori di qualità dell'aria (registrati nello stesso periodo di osservazione della presente campagna di misurazione indicativa), evidenzia da una parte, una discontinuità dei livelli di concentrazione degli indicatori di Badia al Pino rispetto alla stazione di traffico di P.za Repubblica (Badia al Pino: media biossido di azoto -33 %; media PM10 -26 %), e dall'altra, una sostanziale continuità ai valori di PM10 alla stazione di fondo urbano di Acropoli (Badia al Pino: media PM10 -5 %). Tuttavia, nello stesso tempo, i livelli di biossido di azoto (indicatore media annuale) si relazionano in maniera diversa, giacché si collocano in una posizione intermedia rispetto alle tipologie (urbana e traffico) di siti fissi relative all'area urbana di Arezzo (Badia al Pino vs Arezzo P.za Repubblica -33 %; Badia al Pino vs Arezzo Acropoli +71 %).

Si fa presente che i valori degli indicatori elaborati per l'intero anno 2014 dalle stazioni fisse di P.za Repubblica ed Acropoli hanno fornito una situazione conformità ai rispettivi valori limite.

Il raffronto su scala regionale, è caratterizzato da una situazione di invarianza rispetto a quanto valutato a livello provinciale, poiché si osserva, da una parte, una coerenza dei valori medi di PM10 di Badia al Pino ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) alle stazioni di fondo (media regionale fondo $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - media regionale traffico $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e dall'altra, un'incoerenza dei valori medi di biossido di azoto (Badia al Pino $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$), sia alle stazioni di fondo, che a quelle di traffico (media regionale fondo $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - media regionale traffico $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Per il biossido di azoto, si determina pertanto un proprio livello (intermedio), non riconducibile a quelli delle normali categorie di classificazione (urbana e traffico) delle stazioni fisse.

Le elaborazioni grafiche polari riguardanti il biossido di azoto mettono in rilievo contributi dai settori nord occidentali (Nord, Nord-Ovest, Ovest-Nord-Ovest) ed orientali (Nord-Nord-Est, Nord-Est, Est); i più significativi appaiono quelli nord occidentali. Si osserva che in questi settori sono ubicate le sorgenti lineari e puntuali più significative dell'area.

I valori giornalieri dei metalli, presentano, in generale, una forte variabilità (bario, cromo, antimonio ed argento) evidenziata, fra l'altro, da valori di scarto tipo maggiori della media.

Per quanto attiene le abbondanze relative dei metalli riferiti al PM10, deposizioni atmosferiche e suolo, i rapporti fra valori dei metalli nel PM10 e nelle deposizioni variano su un'estensione molto elevata. Nello specifico, si rileva che il PM10, rispetto alle deposizioni atmosferiche, è arricchito di tellurio, antimonio, selenio, argento e cadmio; sebbene i rapporti relativi a PM10 e suolo abbiano un minor peso rispetto a quelli PM10/deposizioni atmosferiche, si rileva che il PM10, rispetto al suolo è arricchito di antimonio. Questa casistica farebbe ipotizzare per il PM10 un contributo rilevante di altre sorgenti, indipendente, sia dalle deposizioni atmosferiche, sia dal suolo.

Nel quadro della situazione di conformità ai valori limite, valori obiettivo o di riferimento definiti dalla normativa e documenti che disciplinano la materia, la campagna di monitoraggio focalizza informazioni peculiari della postazione di Badia al Pino riguardanti alcuni agenti inquinanti:

- per i macroinquinanti il biossido di azoto presenta livelli più elevati delle zone di fondo urbano, sia a livello provinciale, che regionale;
- per i microinquinanti, il nichel registra gli scarti più bassi sul relativo valore obiettivo; in relazione ad una serie di postazioni del territorio italiano (urbane ed industriali) i livelli di Badia al Pino si assestano complessivamente in una posizione intermedia giacché, mediamente, il 55 % delle postazioni messe a confronto registrano livelli più elevati.

Le elaborazioni sia del giorno tipo, sia polari biossido di azoto/velocità del vento evidenziano, da una parte, una significativa impronta antropica sulle evoluzioni orarie degli inquinanti primari quali biossido di azoto, monossido di carbonio ed anidride solforosa, e dall'altra una connessione dei livelli di concentrazione di biossido di azoto alle principali sorgenti di emissione della zona.

L'andamento degli indicatori rispetto alla campagna precedente (2010-2011) è caratterizzato da una generale flessione dei valori, la quale potrebbe essere messa in relazione anche ad un sensibile decremento dei flussi di traffico della sorgente lineare A1, che rispetto al 2010 ha registrato un decremento del TGM del 13 % (tratto Arezzo – Monte San Savino).

Allegato 1. Elaborazioni integrative

1.1 Distribuzione dei livelli di concentrazione – diagrammi a scatola

La tabella sottostante visualizza i dati di sintesi (comprensivi della media annuale) elaborati nell'intero periodo di osservazione, per biossido di zolfo, ossidi di azoto, biossido di azoto, benzene, toluene, biossido di zolfo (medie orarie) e materiale particolato PM10 (medie giornaliere).

Tabella 1.1.1 dati di sintesi biossido di zolfo, ossidi di azoto totali, biossido di azoto, materiale particolato PM10, ozono e monossido di carbonio

	SO ₂ µg/m ³	NO _x µg/m ³	NO ₂ µg/m ³	PM10 µg/m ³	O ₃ µg/m ³	CO mg/m ³
1 Quartile	2,8	15	11	14	12	0,3
Minimo	0,5	2	0,4	7	0	0,0
Media	4,0	46	29	20	41	0,5
Mediana	4,1	30	25	20	32	0,4
Massimo	10,7	434	107	43	141	2,0
3 Quartile	5,4	61	43	23	68	0,6
Deviazione standard	2	46	20	8	34	0,3

NO₂ = biossido di azoto

NO_x = ossidi di azoto totali

SO₂ = biossido di zolfo

PM10 = materiale particolato PM10

CO = monossido di carbonio

O₃ = ozono

Figura 1.1.1 Diagramma a scatola campagna di misurazione biossido di zolfo, biossido di azoto, materiale particolato PM10 ed ozono

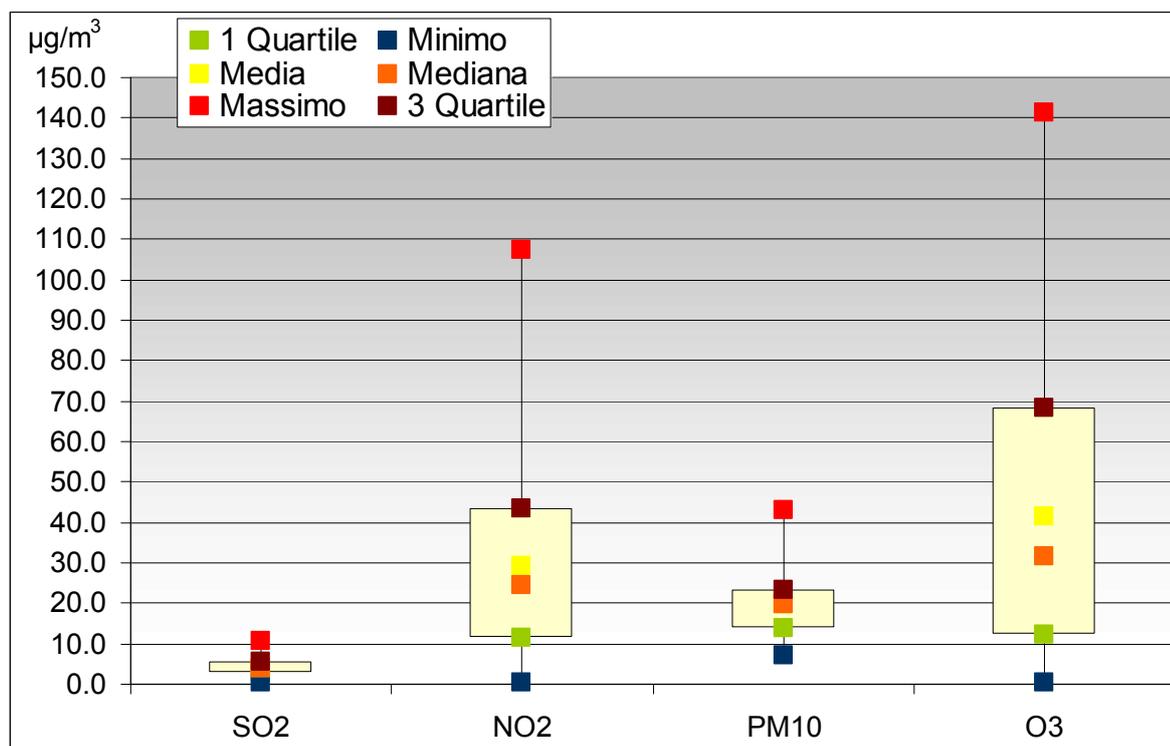


Figura 1.1.2 Diagramma a scatola stagionale biossido di zolfo

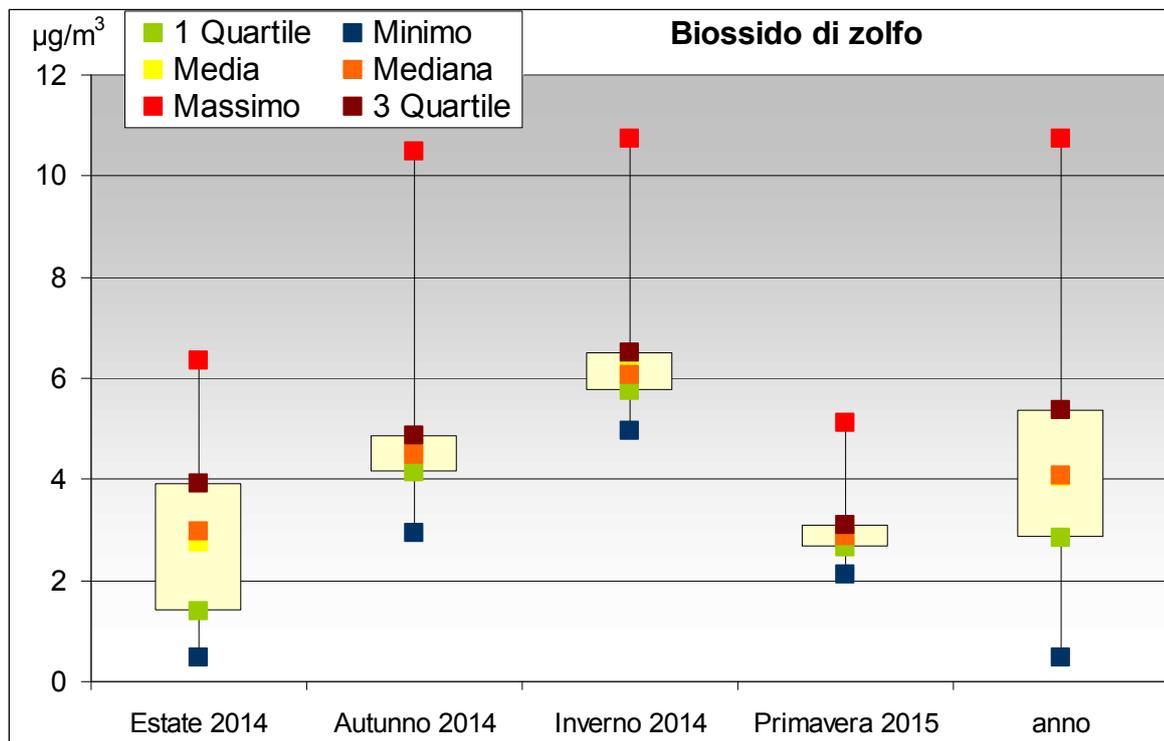


Figura 1.1.3 diagramma a scatola stagionale biossido di azoto

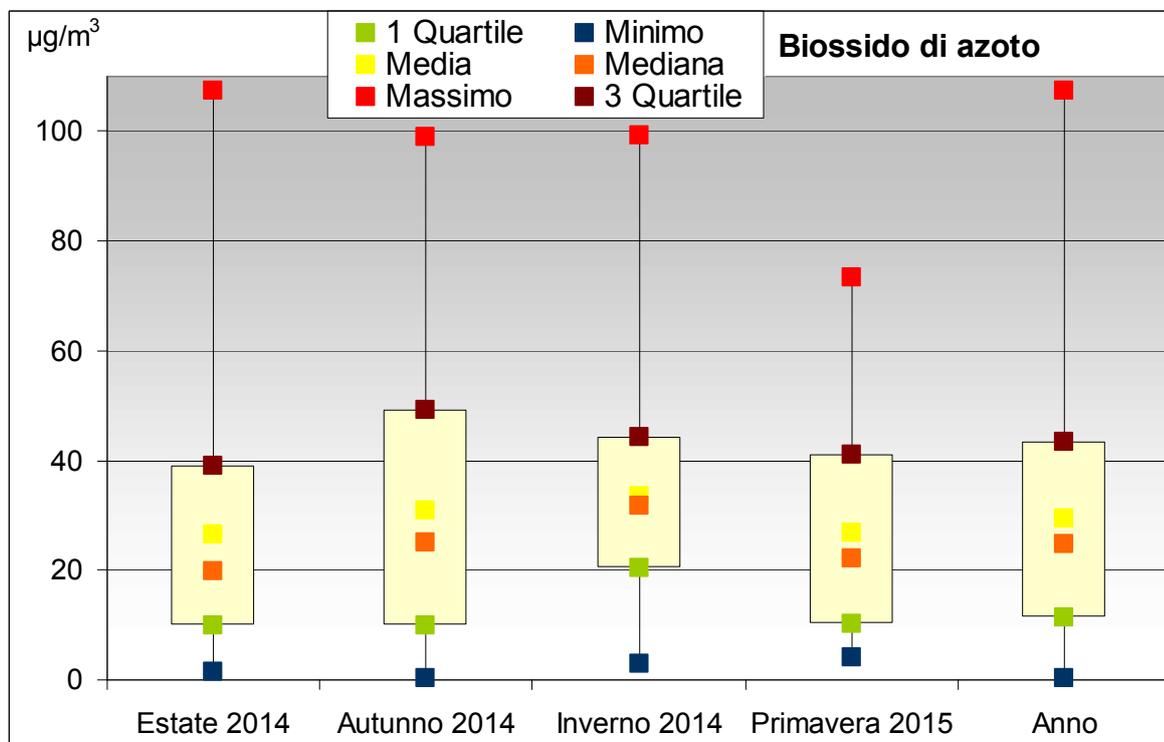


Figura 1.1.4 diagramma a scatola stagionale materiale particolato PM10

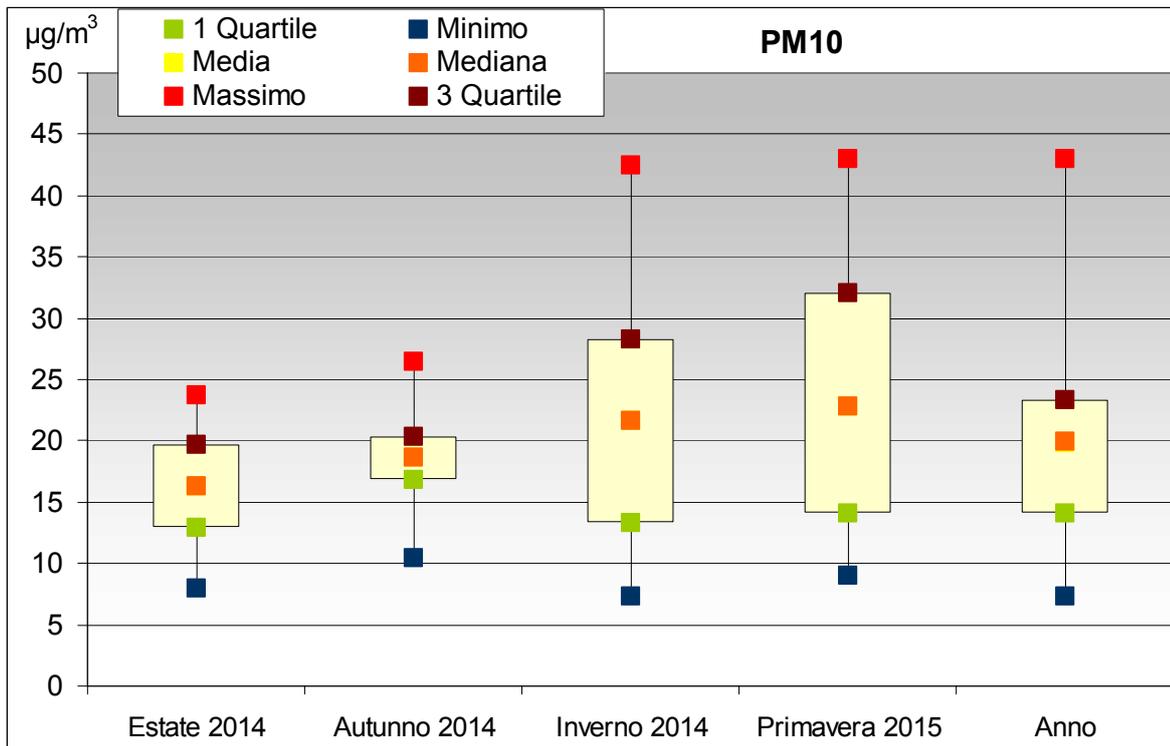


Figura 1.1.5 diagramma a scatola stagionale monossido di carbonio

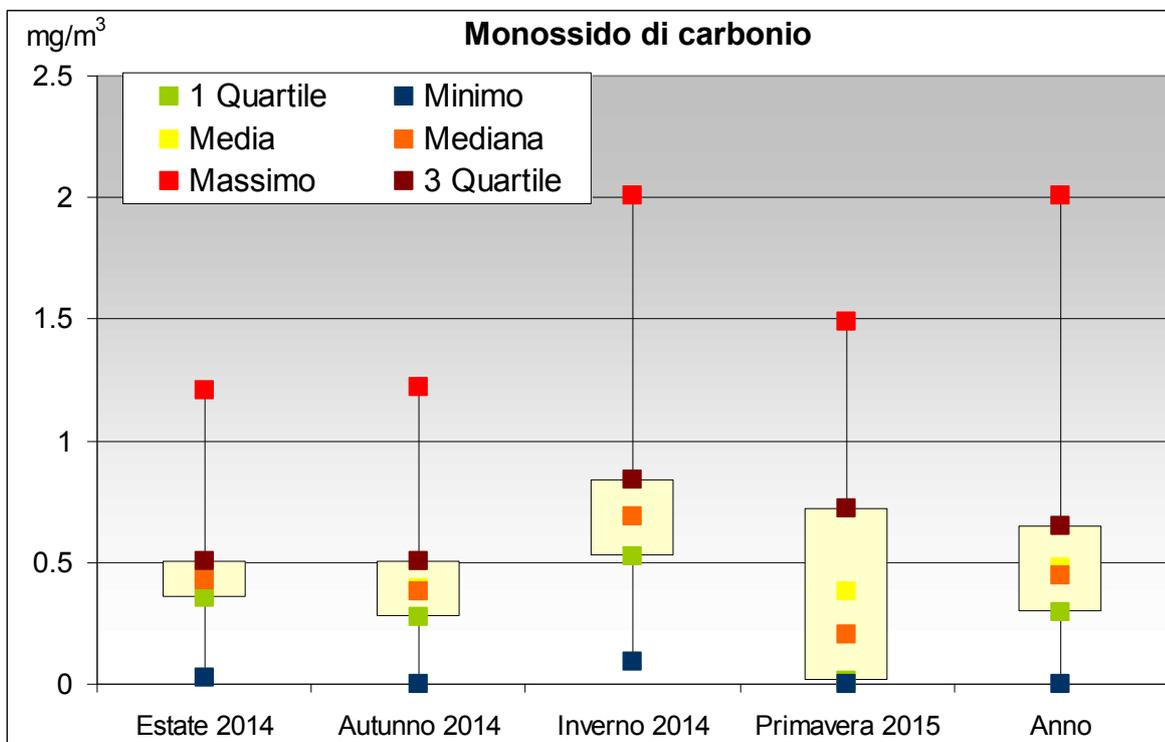
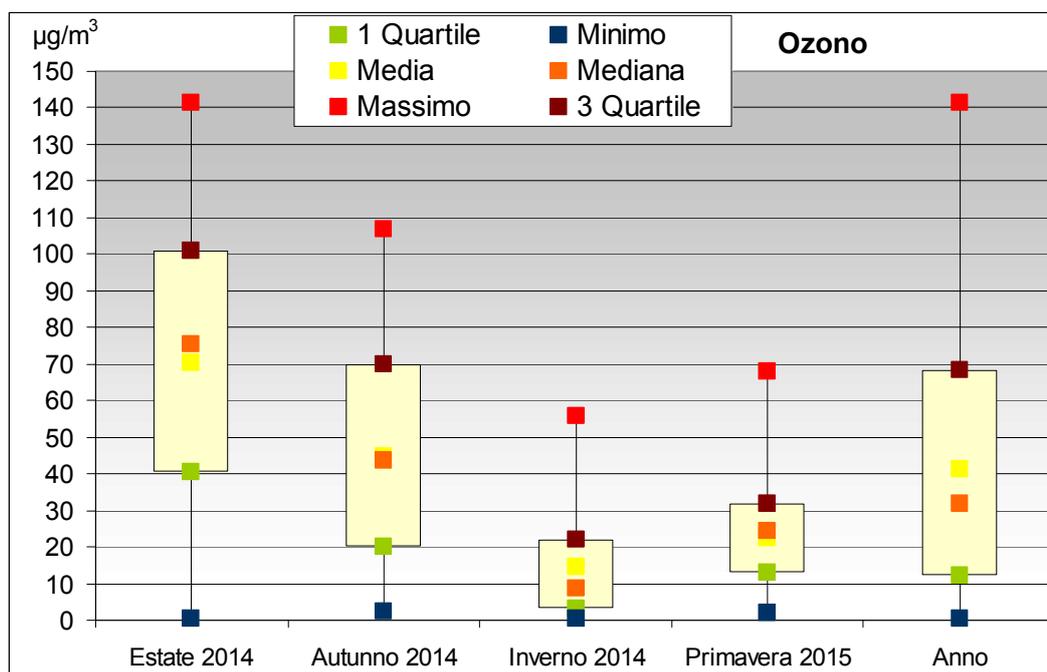


Figura 1.1.6 diagramma a scatola stagionale ozono



Metalli

La tabella sottostante visualizza i dati di sintesi (comprensivi della media annuale) elaborati nell'intero periodo di osservazione, per tutti i metalli determinati nel PM10 (medie giornaliere).

Tabella 1.1.2 dati di sintesi metalli nel PM10 - ng/m^3

ng/m^3	1° quartile	minimo	media	mediana	massimo	3° quartile	sarto tipo
Alluminio	59	4	136	121	423	192	59
Antimonio	0,5	0,5	2,0	0,5	25	1,2	0,5
Argento	0,5	0,3	1,5	0,6	14,0	1,3	0,5
Arsenico	0,5	0,5	0,5	0,5	1,7	0,5	0,5
Bario	5	2,3	15,5	6,7	374	10,2	5
Berillio	0,5	0,05	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
Cadmio	0,1	0,03	0,4	0,2	6,4	0,5	0,1
Cobalto	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Cromo	0,5	0,05	4,2	0,5	61	0,5	0,5
Ferro	88	12	167	147	396	238	88
Manganese	2,3	2,3	3,8	3,4	8,2	4,7	2,3
Nichel	1,4	0,5	3,2	2,8	23	4,5	1,4
Palladio	0,02	0,00	0,08	0,02	0,9	0,05	0,02
Piombo	1,9	0,02	4,6	3,0	29	5,5	1,9
Platino	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02
Rame	11	3	20	15	119	21	11
Rodio	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Selenio	0,6	0,5	2,2	1,5	9,1	2,6	0,6
Stagno	0,7	0,18	1,85	1,65	7	2,86	0,7
Tallio	0,02	0,00	0,04	0,02	0,3	0,02	0,02
Tellurio	0,3	0,1	0,8	0,5	9,1	0,7	0,3
Titanio	2,3	0,6	6,5	5,0	39	8,3	2,3
Vanadio	0,5	0,5	0,7	0,5	2,0	0,6	0,5
Zinco	23	12	22	23	38	23	23

Figura 1.1.7 diagramma a scatola alluminio, bario, rame, ferro e zinco

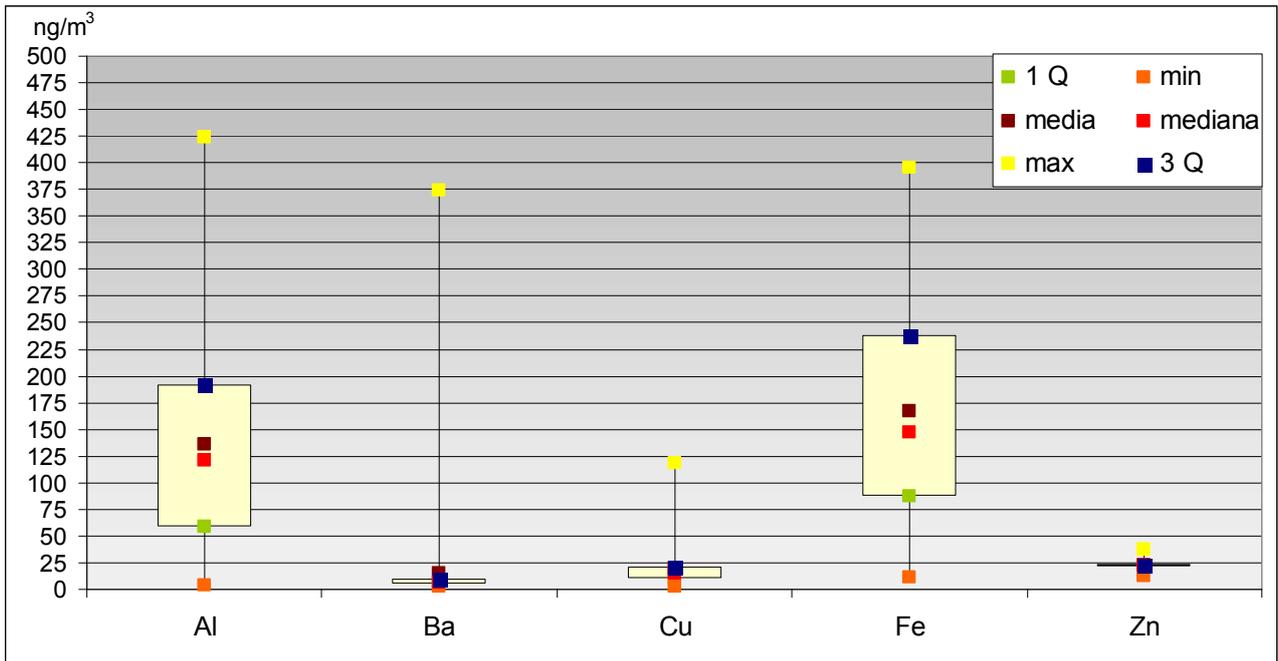


Figura 1.1.8 diagramma a scatola cromo, manganese, nichel, piombo, antimonio, titanio e vanadio

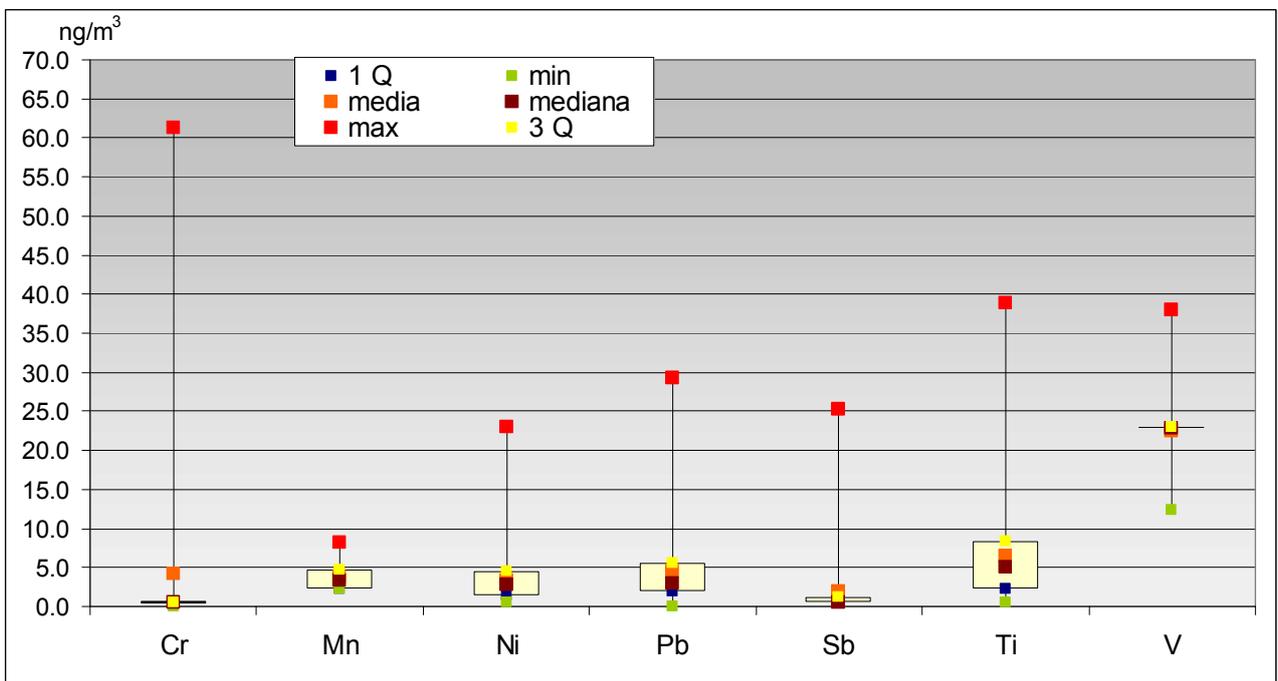


Figura 1.1.9 diagramma a scatola argento, cadmio, selenio e stagno e tellurio

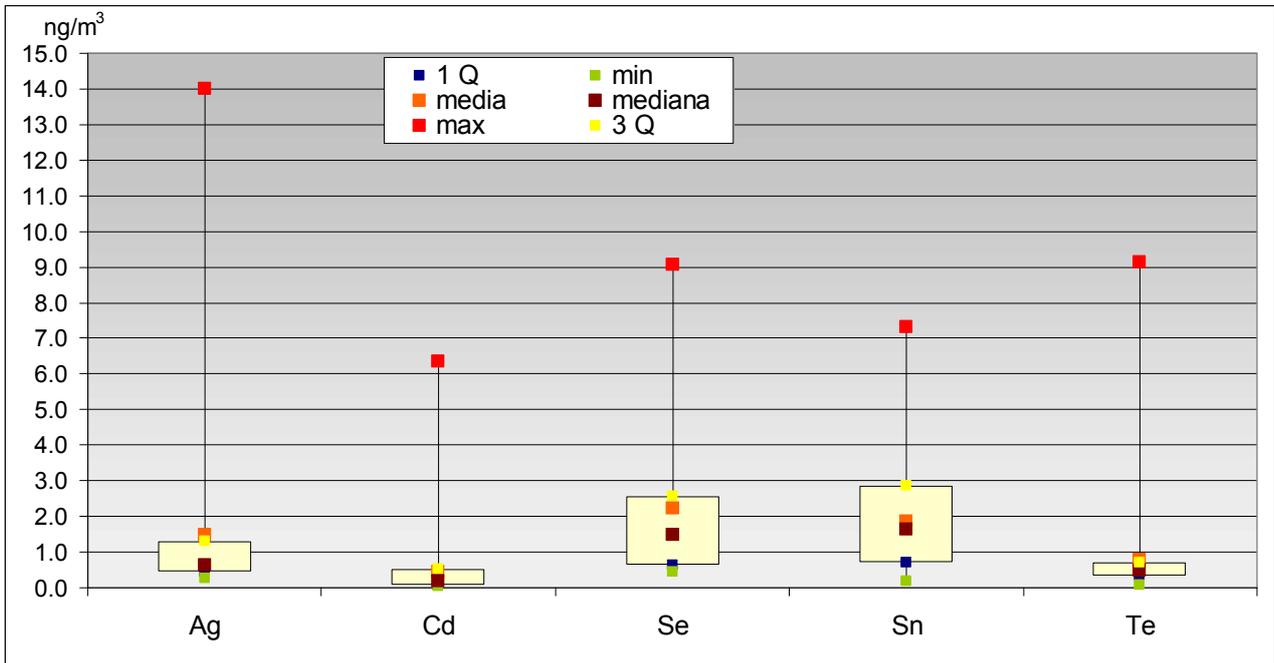


Figura 1.1.10 diagramma a scatola arsenico, berillio, cobalto e palladio

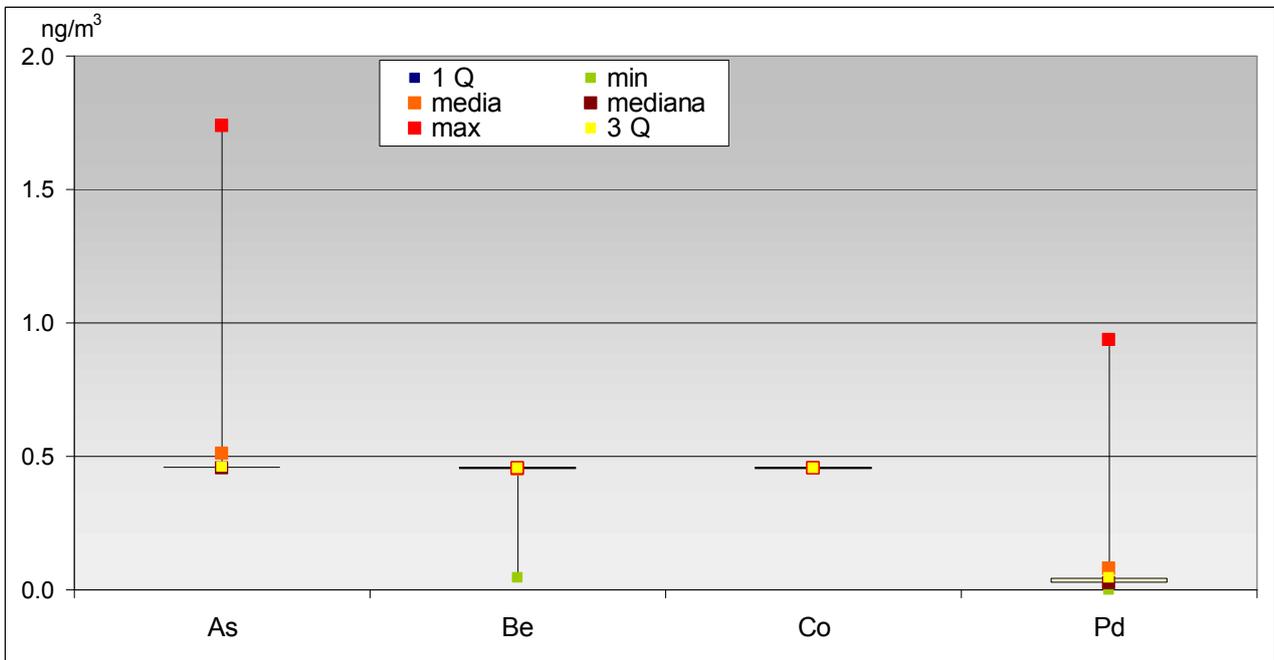
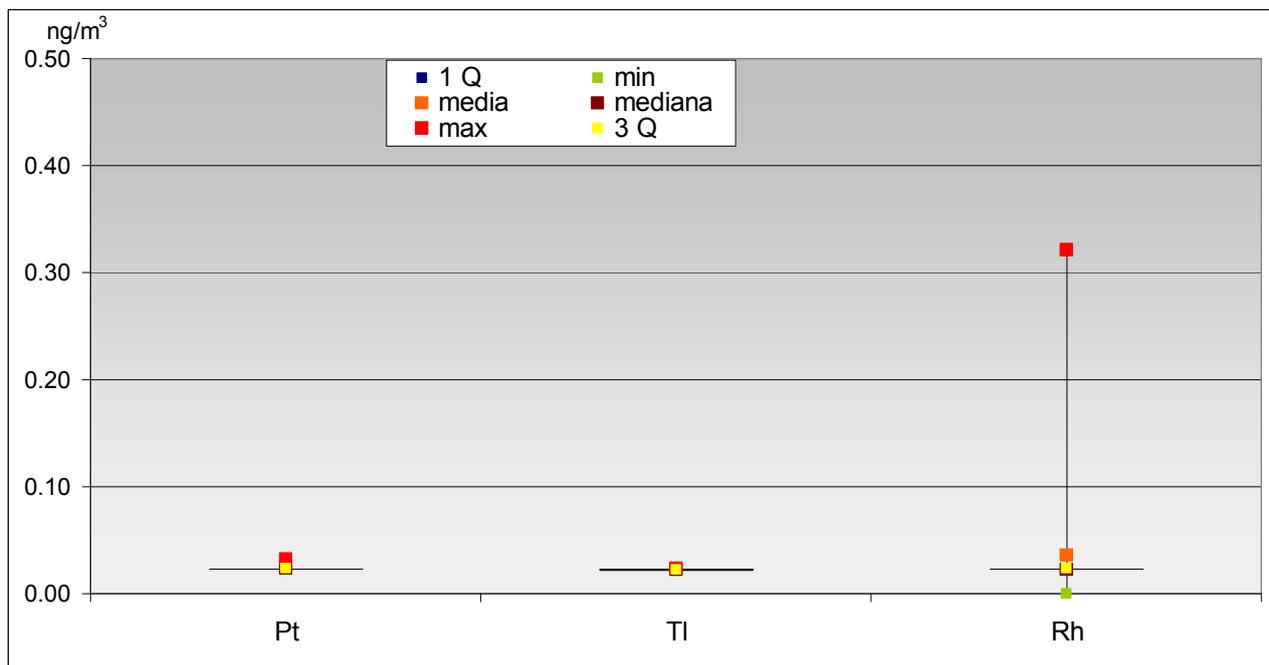


Figura 1.1.11 diagramma a scatola platino, tallio e rodio



1.2 Giorni tipo

Le elaborazioni relative al giorno tipo, descrivono l'andamento temporale dell'inquinante in una giornata "media" che è l'espressione di tutto il periodo di osservazione esaminato, evidenziando la presenza di situazioni caratteristiche del contesto dell'aria ambiente della zona. In questa elaborazione, i valori relativi alle singole ore della giornata, rappresentano il valore medio del livello di concentrazione registrato alla stessa ora in tutta la campagna di misura (ad esempio il dato delle ore 1 è dato dalla media di tutti i valori rilevati all'ora 1 del periodo esaminato).

Figura 1.2.1 giorno tipo monossido di carbonio

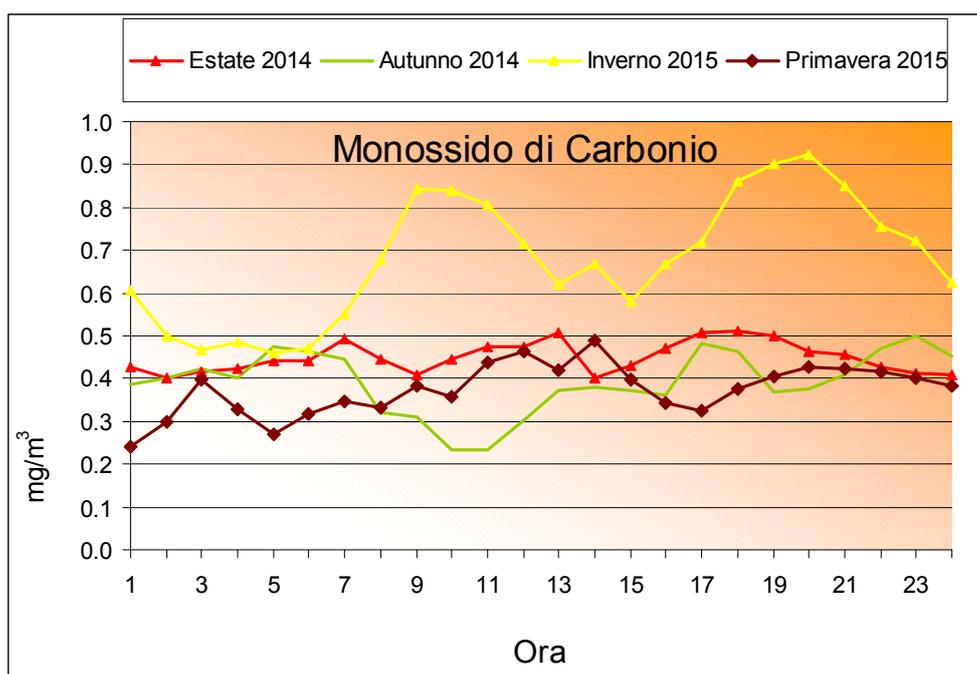


Figura 1.2.2 giorno tipo biossido di azoto

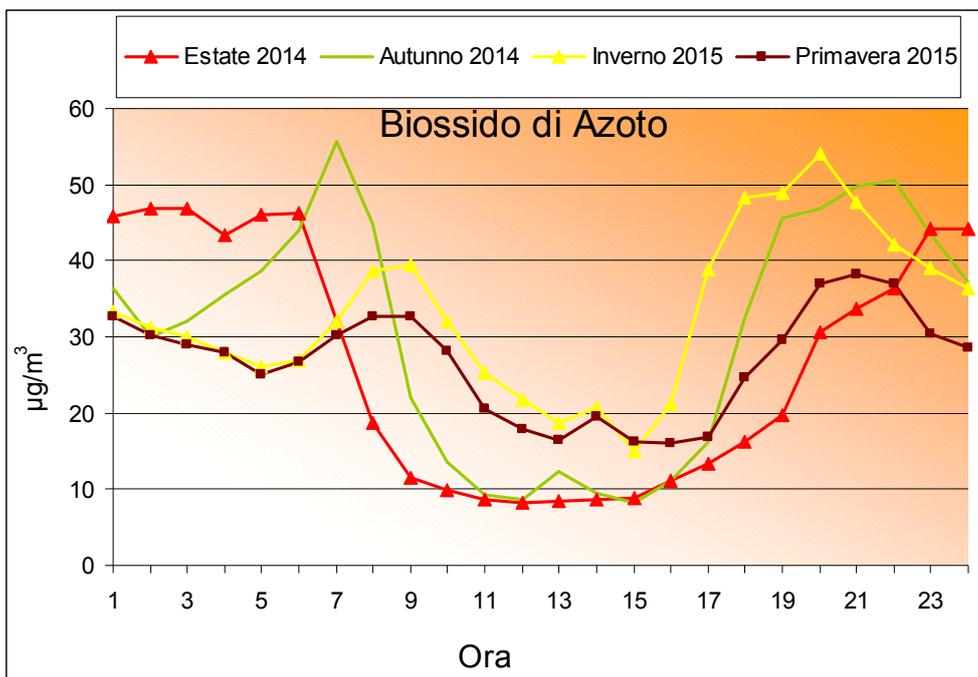


Figura 1.2.3 giorno tipo biossido di zolfo

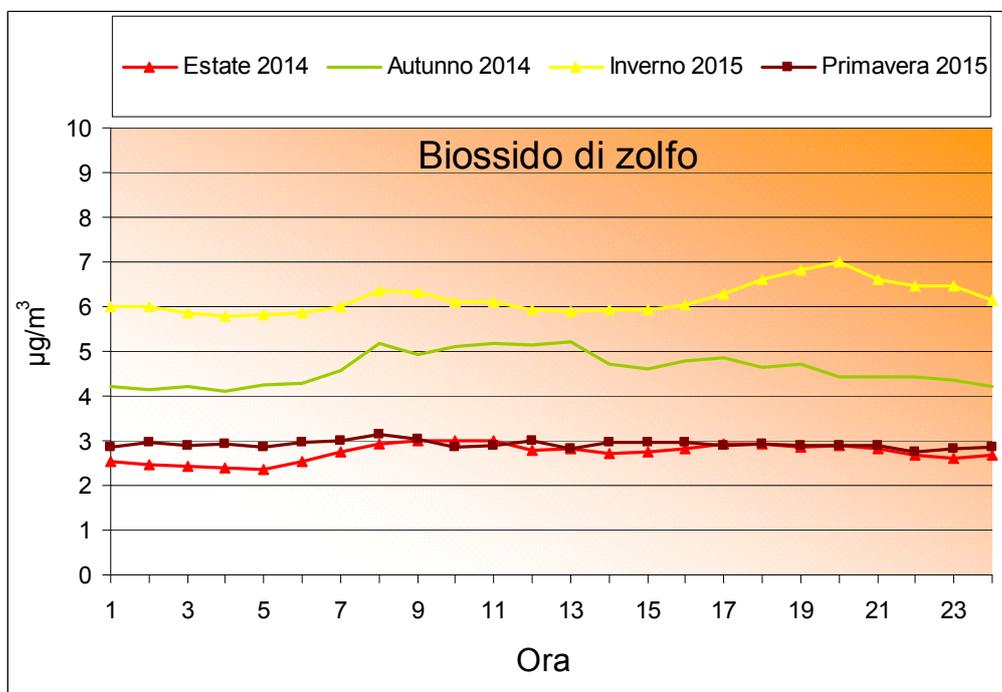
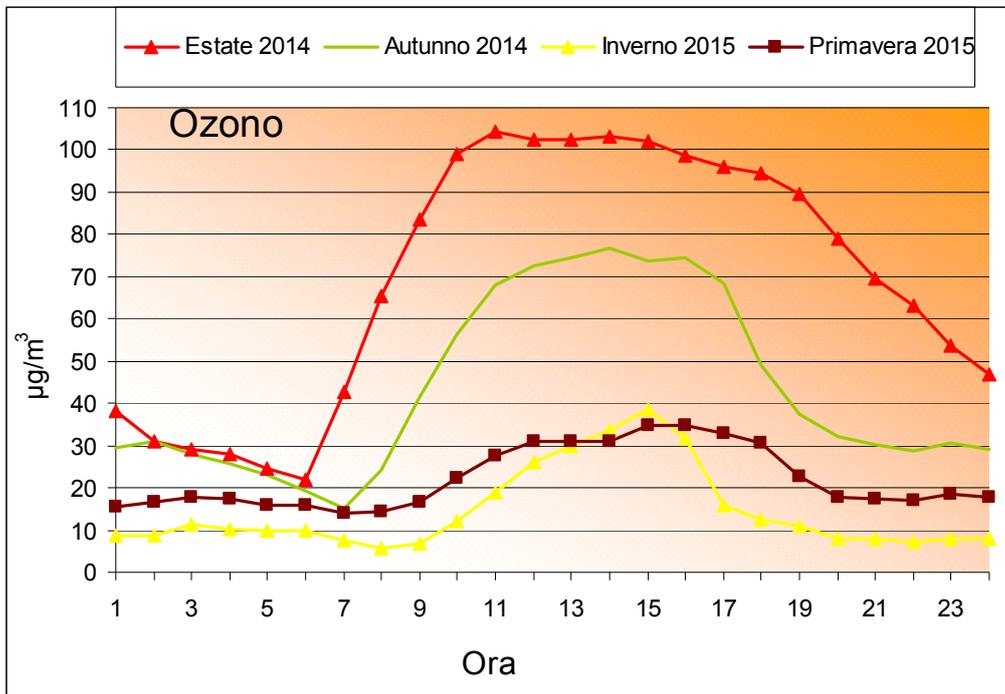


Figura 1.2.4 giorno tipo ozono



1.3 Confronto con gli andamenti registrati dalle stazioni fisse di P.za Repubblica ed Acropoli

Biossido di azoto NO₂ - valori medi orari

Figura 1.3.1. andamenti orari NO₂ 4 giugno 2014 - 17 marzo 2015 Badia al Pino - Ar P.za Repubblica

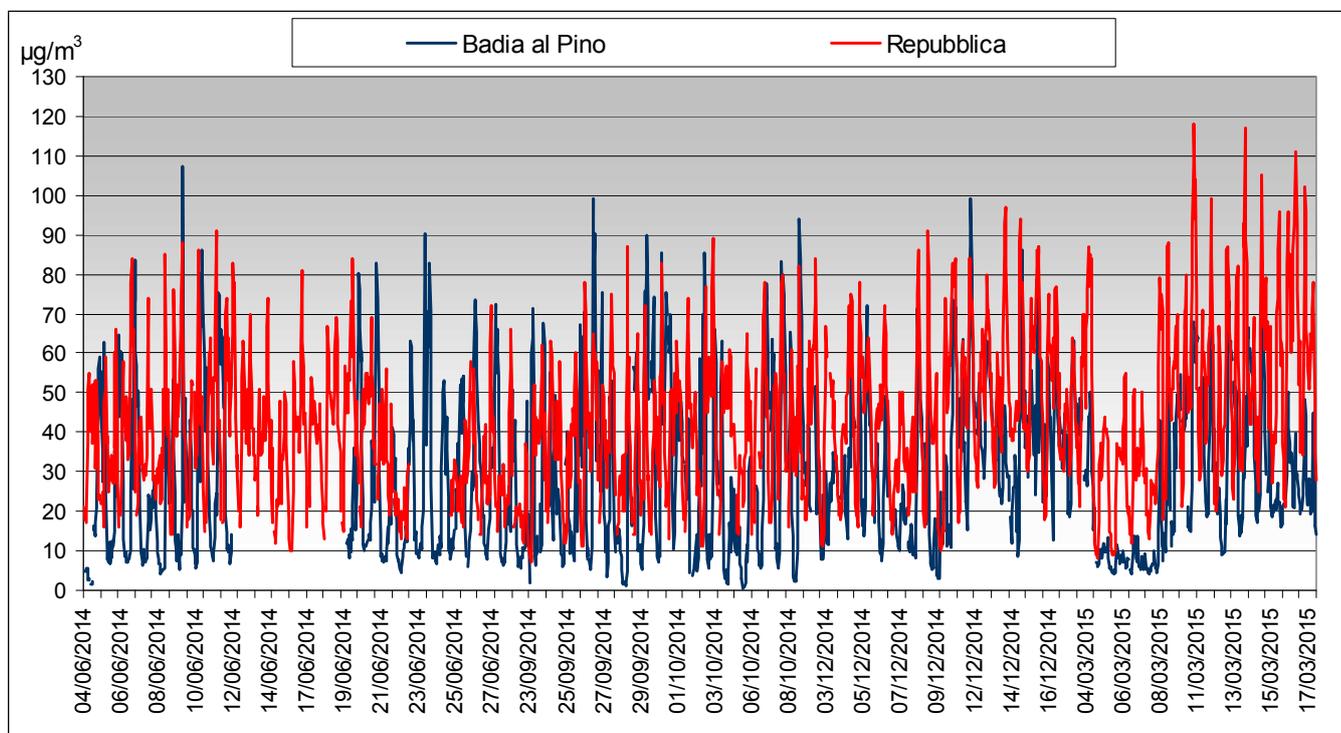
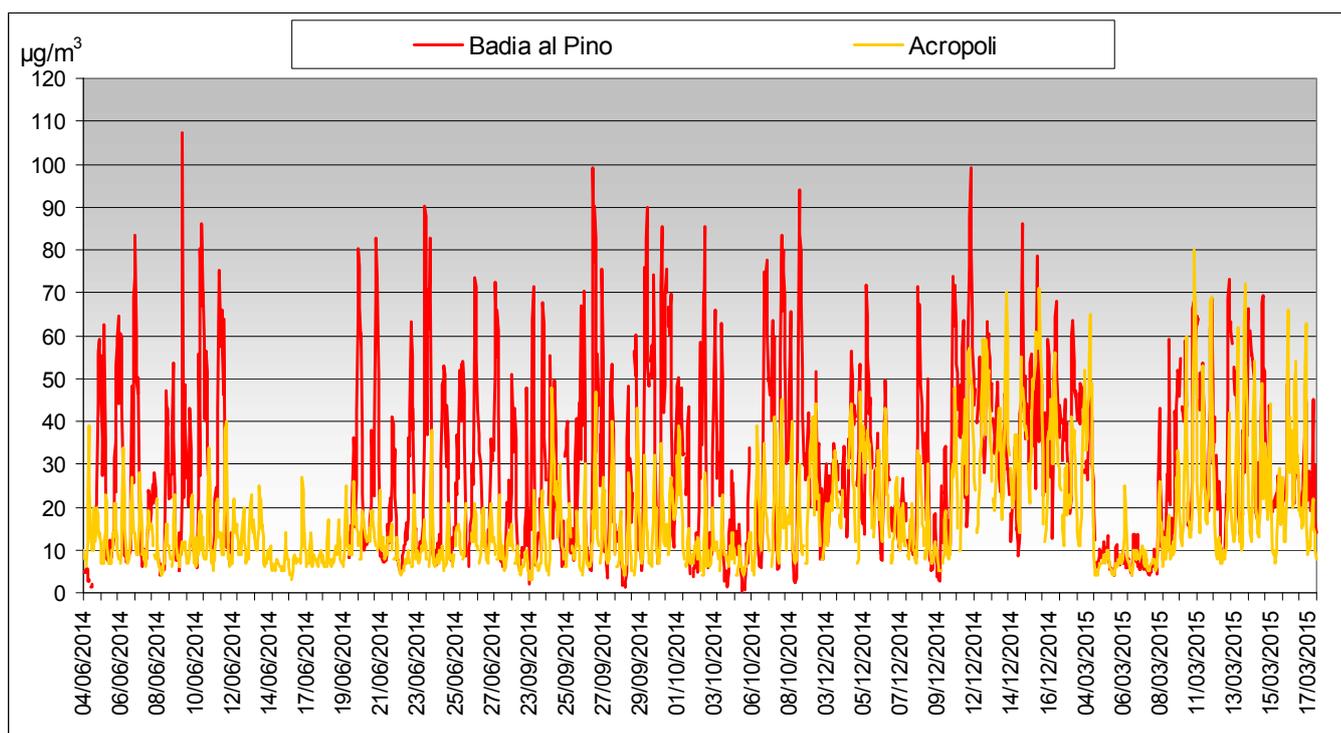
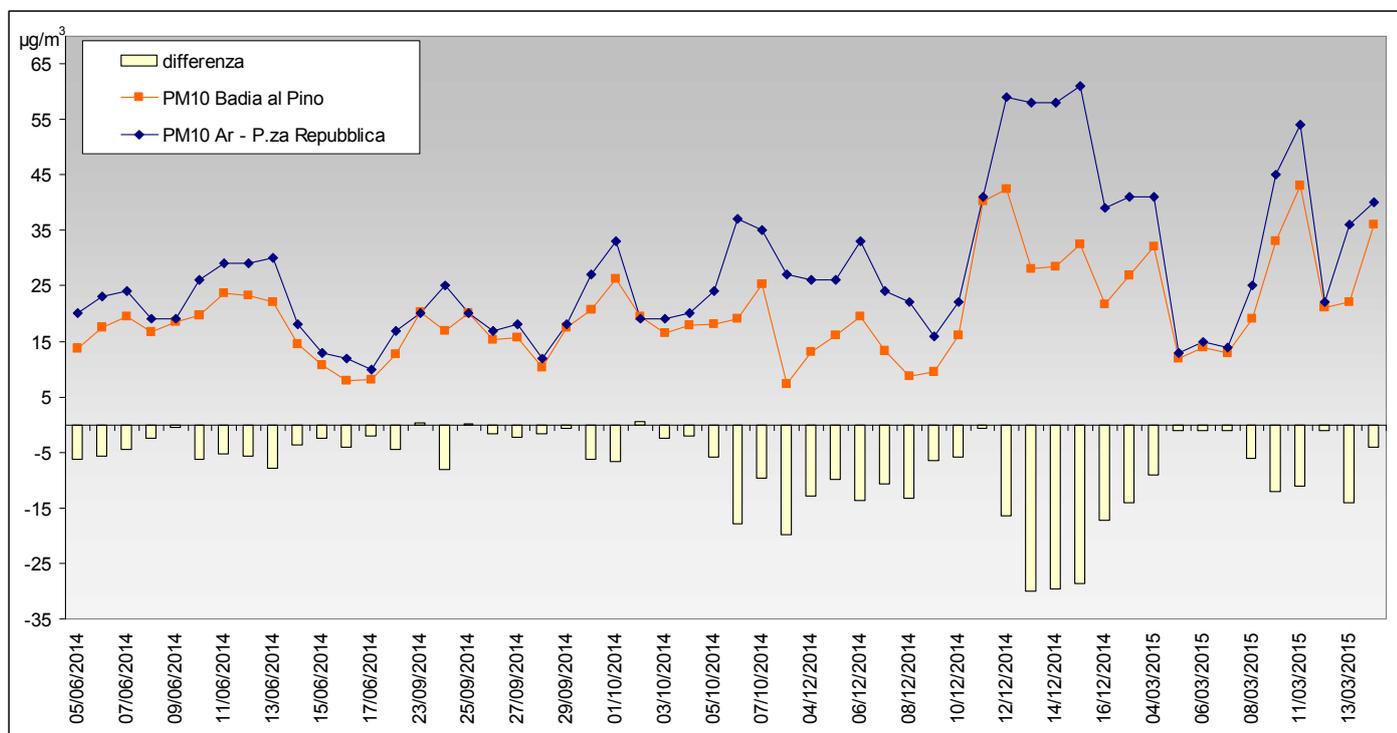


Figura 1.3.2. andamenti orari NO₂ 4 giugno 2014 - 17 marzo 2015 Badia al Pino - Ar Acropoli

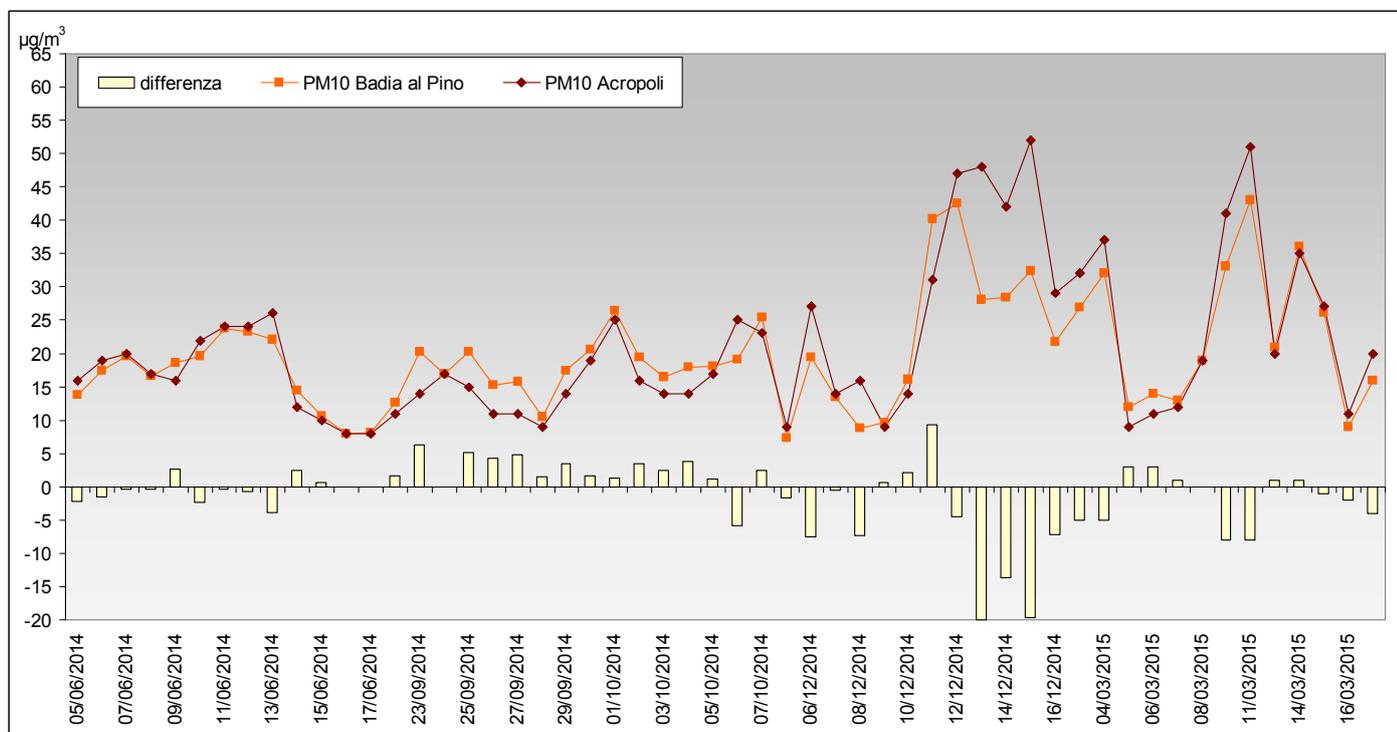


Materiale particolato - valori medi giornalieri

PM10 - Figura 1.3.3 andamenti giornalieri 5 giugno 2014 - 17 marzo 2015 Badia al Pino - Ar P.za Repubblica



PM10 - Figura 1.3.4 andamenti giornalieri 4 giugno 2014 - 17 marzo 2015 Badia al Pino - Ar Acropoli



1.4 Grafici a dispersione P.za G. Verdi- Badia al Pino, P.za Repubblica ed Acropoli

Materiale Particolato PM10

Figura 1.4.1 dispersione valori giornalieri P.za G. Verdi - Badia al Pino/P.za Repubblica

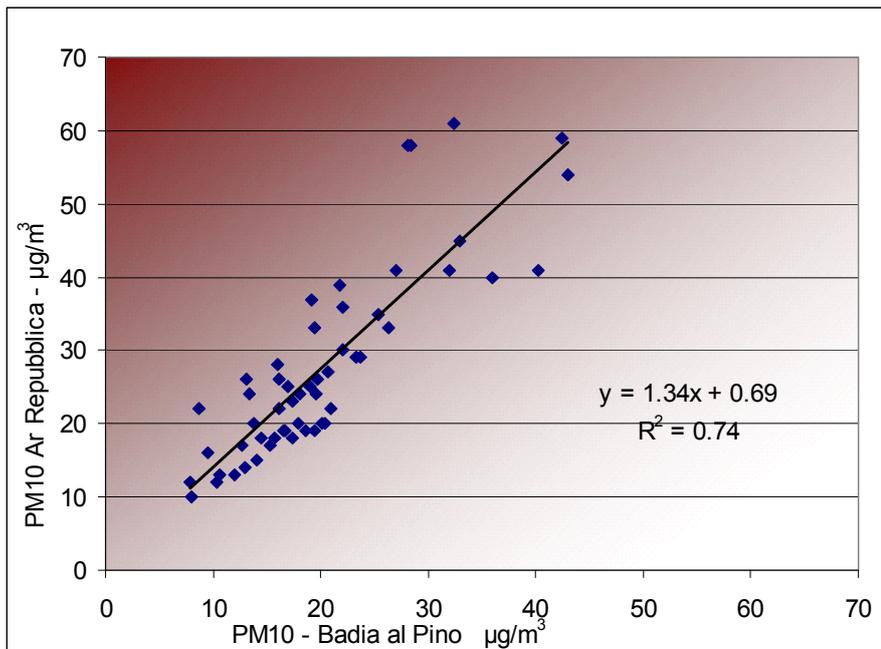
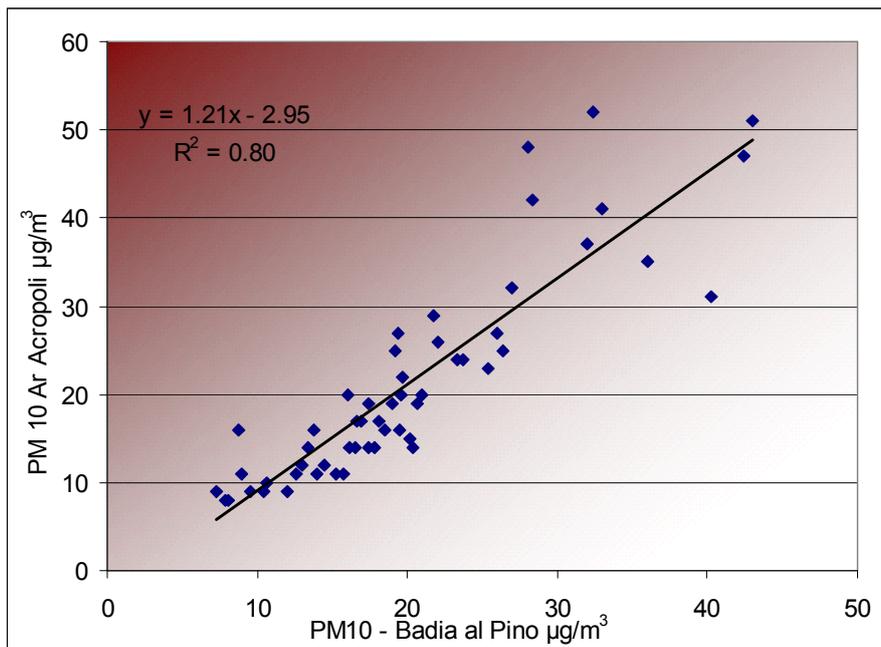


Figura 1.4.2 dispersione valori giornalieri P.za G. Verdi - Badia al Pino /Acropoli



Biossido di azoto NO₂

Figura 1.4.3 dispersione valori orari P.za G. Verdi - Badia al Pino/P.za Repubblica

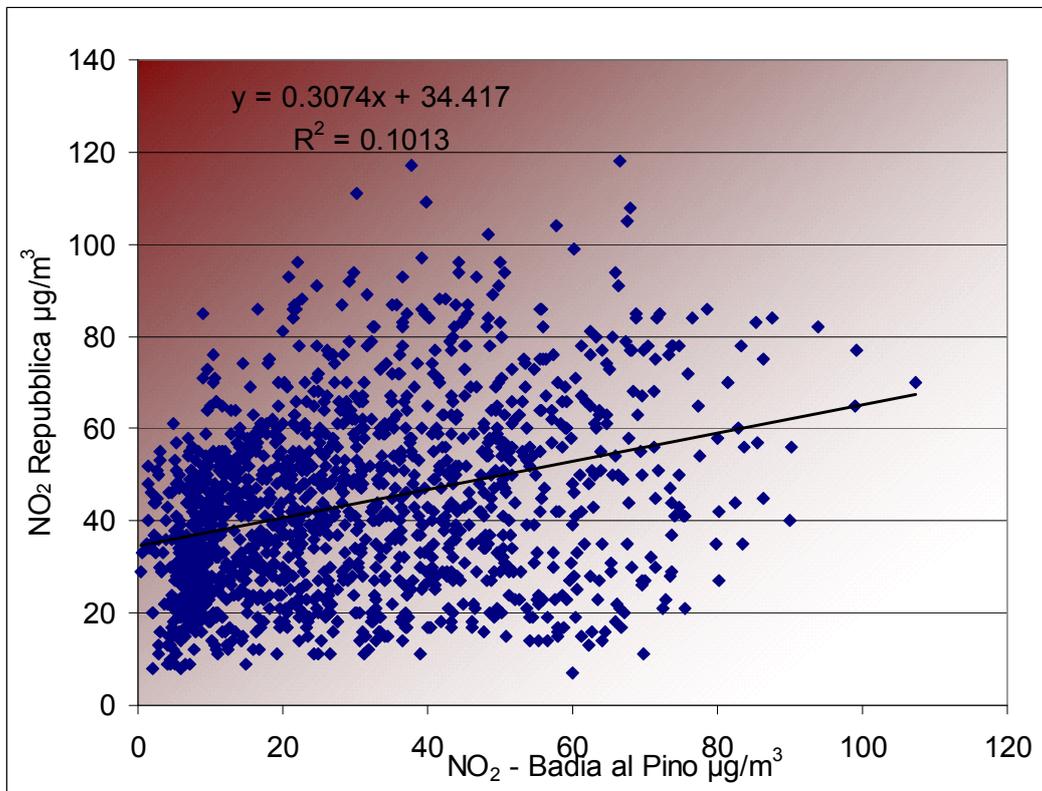
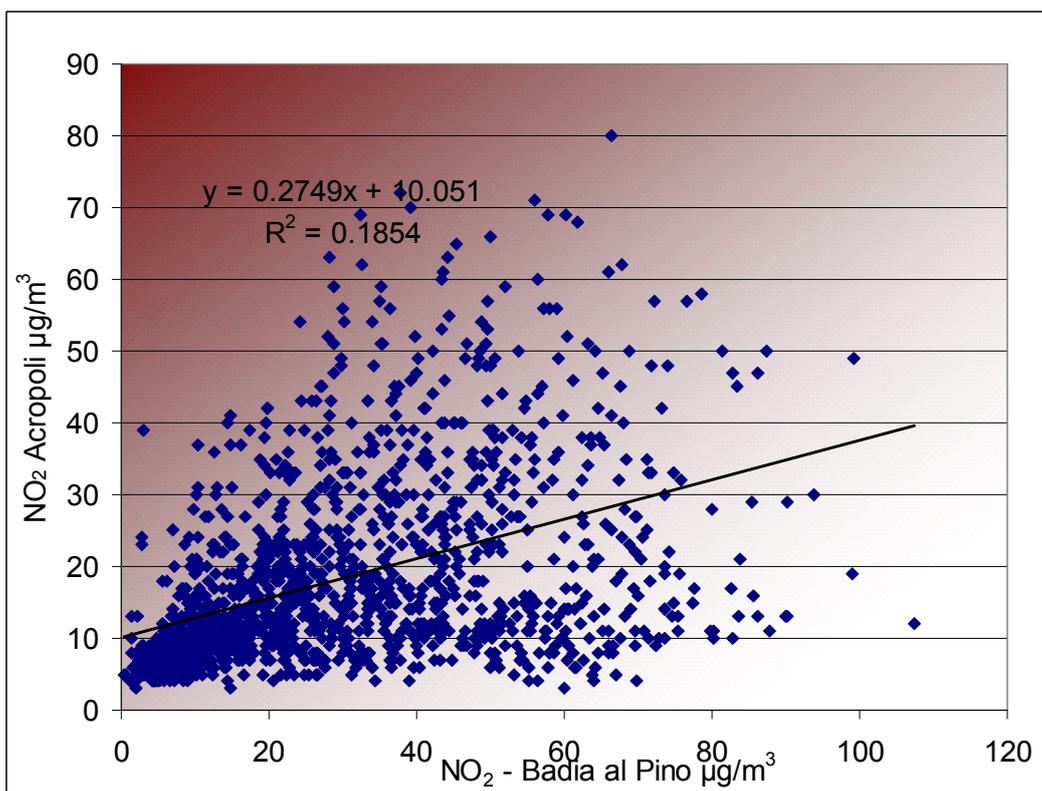
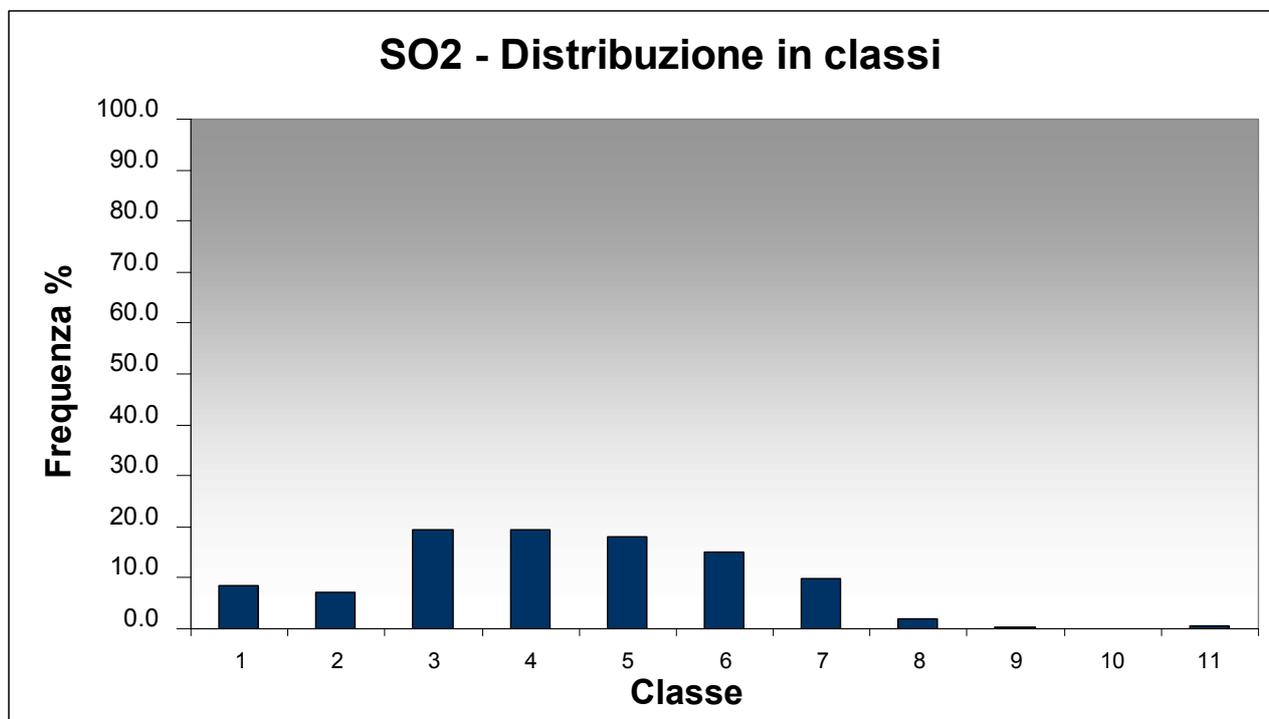


Figura 1.4.4 dispersione valori orari P.za G. Verdi - Badia al Pino/Acropolis



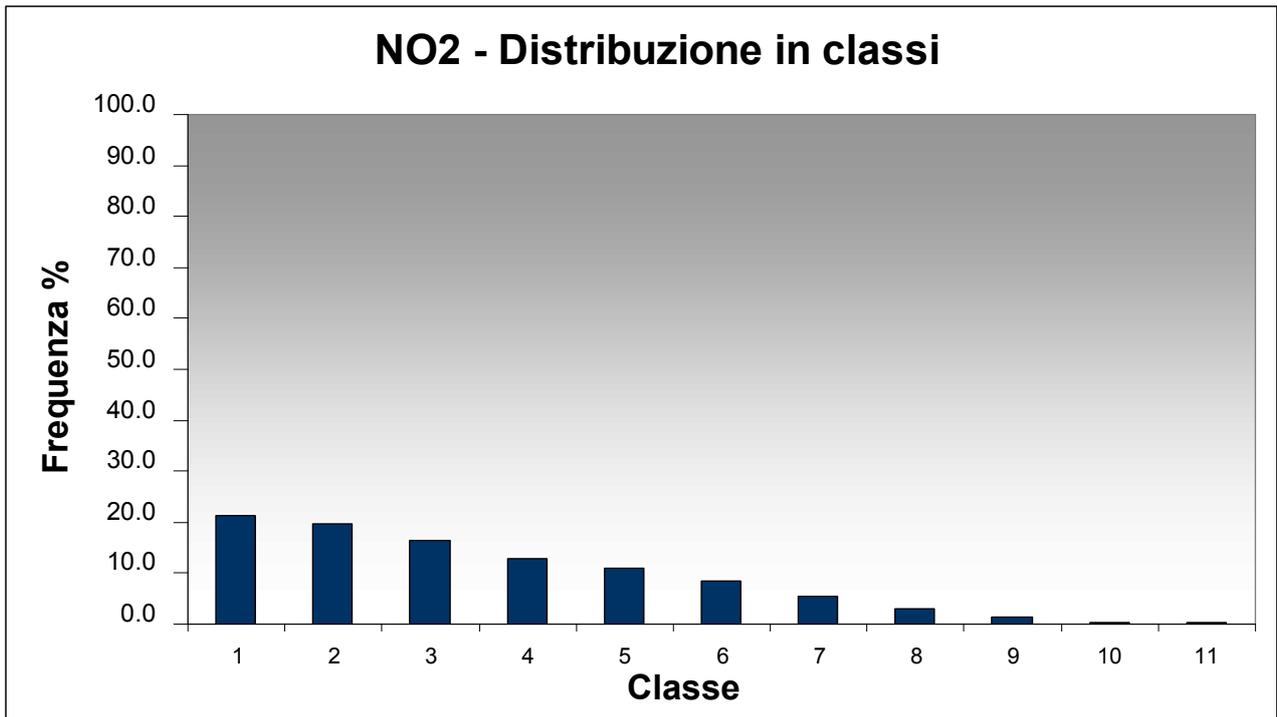
1.5 Distribuzione in classi

Figura 1.5.1. istogramma distribuzione in classi biossido di zolfo



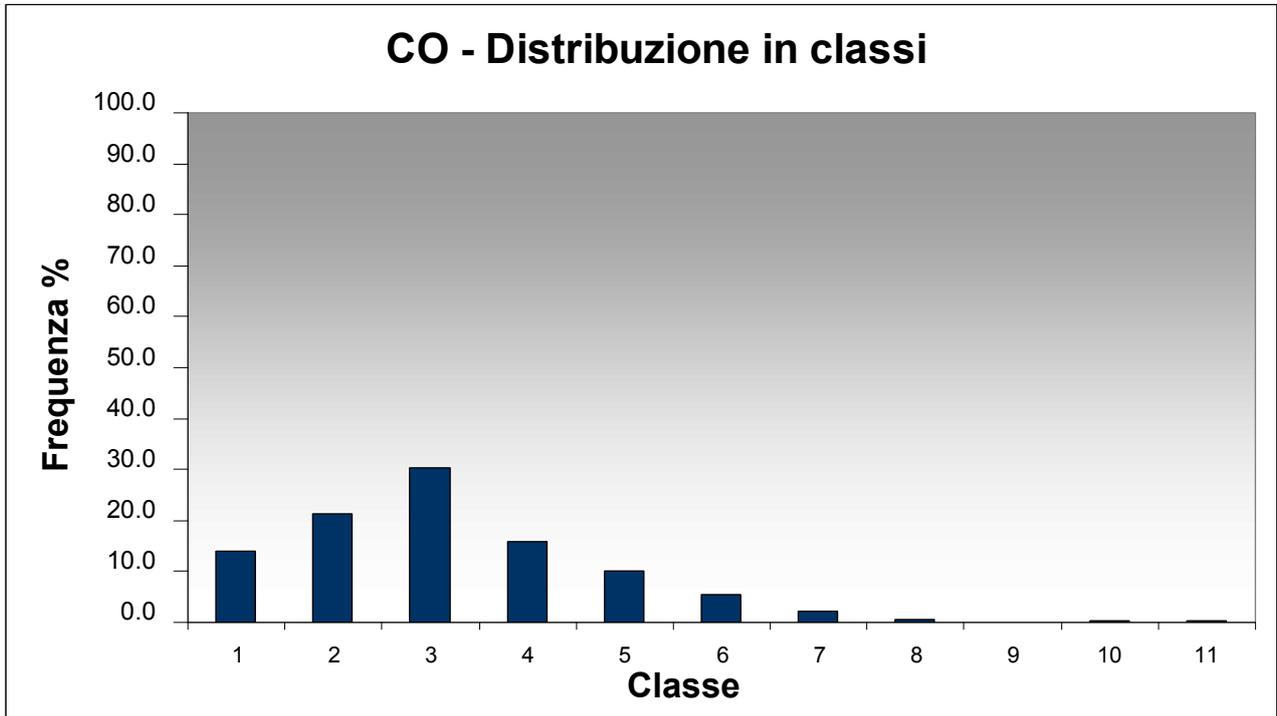
Estremi classe	Min ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	0	1
2	1	2
3	2	3
4	3	4
5	4	5
6	5	6
7	6	7
8	7	8
9	8	9
10	9	10
11	10	11

Figura 1.5.2. istogramma distribuzione in classi biossido di azoto



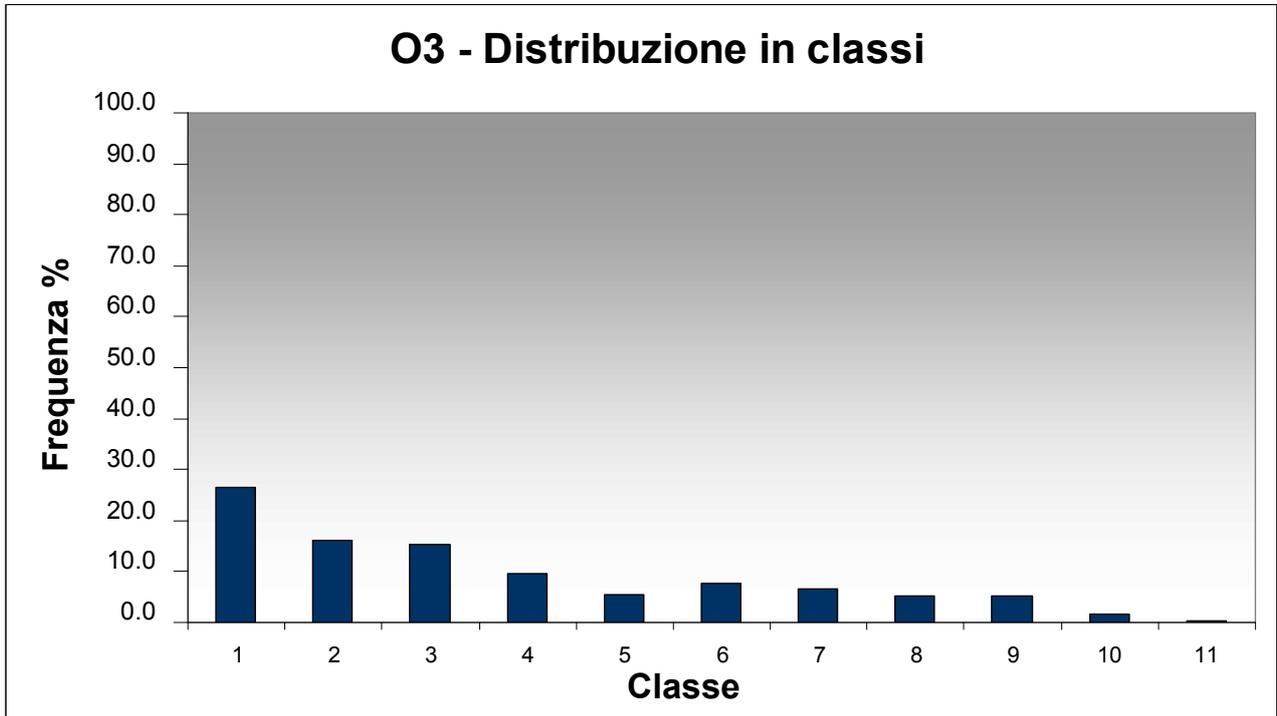
Estremi classe	Min ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	0	10
2	10	20
3	20	30
4	30	39
5	39	49
6	49	59
7	59	68
8	68	78
9	78	88
10	88	98
11	98	107

Figura 1.5.3. istogramma distribuzione in classi monossido di carbonio



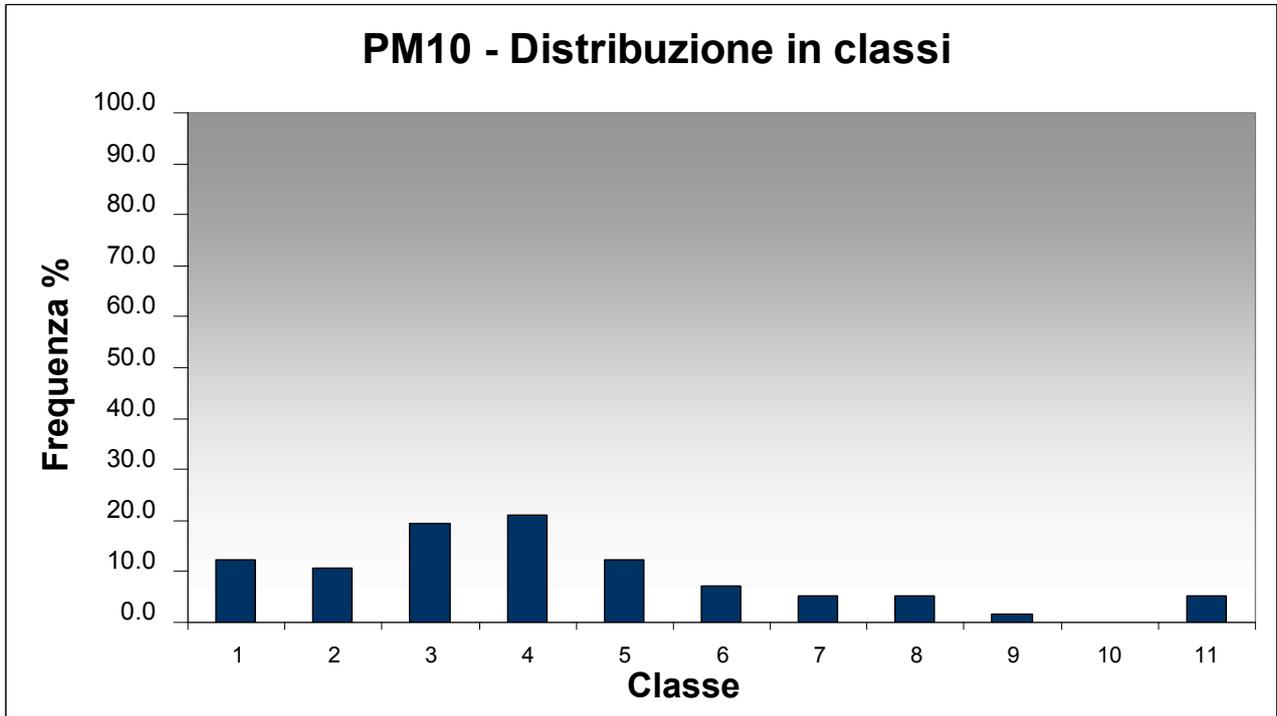
Estremi classe	Min (mg/m ³)	Max (mg/m ³)
1	0,0	0,2
2	0,2	0,4
3	0,4	0,5
4	0,5	0,7
5	0,7	0,9
6	0,9	1,1
7	1,1	1,3
8	1,3	1,5
9	1,5	1,6
10	1,6	1,8
11	1,8	2,0

Figura 1.5.4. istogramma distribuzione in classi ozono



Estremi classe	Min ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	0	13
2	13	26
3	26	39
4	39	52
5	52	64
6	64	77
7	77	90
8	90	103
9	103	116
10	116	128
11	128	141

Figura 1.5.5. istogramma distribuzione in classi materiale particolato PM10



Estremi classe	Min ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	7	10
2	10	14
3	14	17
4	17	20
5	20	23
6	23	27
7	27	30
8	30	33
9	33	36
10	36	40
11	40	43

1.6 Andamenti stagionali 2014 – 2015

Figura 1.6.1. istogramma andamenti stagionali indicatori di NO₂, NO_x, PM10 e benzene

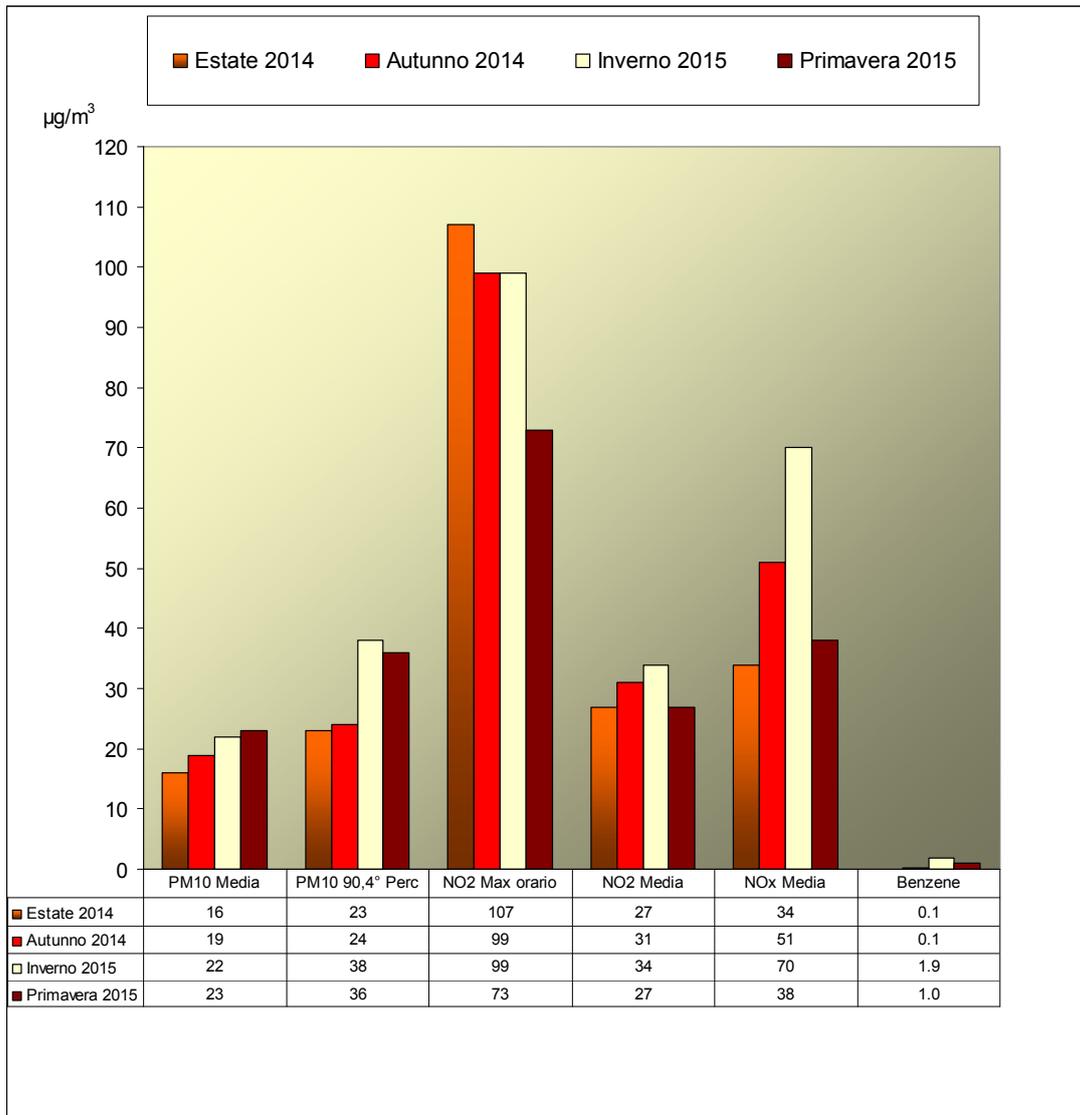
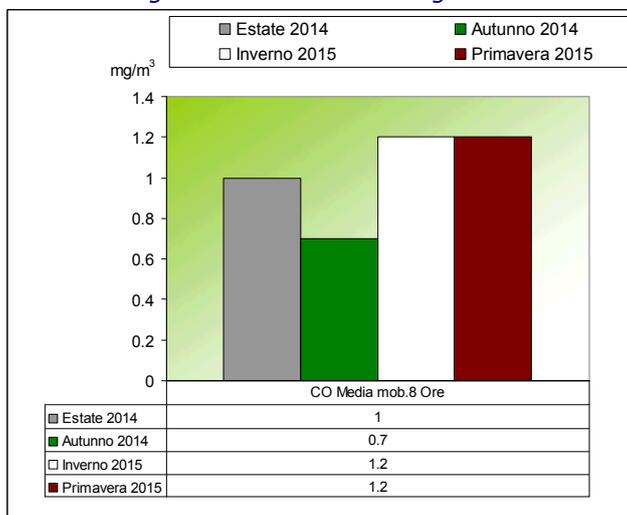


Figura 1.6.2. istogramma andamenti stagionali indicatori di CO



NO₂ = biossido di azoto

NO_x = ossidi di azoto totali

PM10 = materiale particolato PM10

Tabella 1.6.1 valori medi giornalieri materiale particolato PM10

data	PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	data	PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
05/06/2014	14	03/12/2014	7
06/06/2014	17	04/12/2014	13
07/06/2014	20	05/12/2014	16
08/06/2014	17	06/12/2014	19
09/06/2014	19	07/12/2014	13
10/06/2014	20	08/12/2014	9
11/06/2014	24	09/12/2014	10
12/06/2014	23	10/12/2014	16
13/06/2014	22	11/12/2014	40
14/06/2014	14	12/12/2014	42
15/06/2014	11	13/12/2014	28
16/06/2014	8	14/12/2014	28
17/06/2014	8	15/12/2014	32
18/06/2014	13	16/12/2014	22
23/09/2014	20	17/12/2014	27
24/09/2014	17	04/03/2015	32
25/09/2014	20	05/03/2015	12
26/09/2014	15	06/03/2015	14
27/09/2014	16	07/03/2015	13
28/09/2014	10	08/03/2015	19
29/09/2014	17	09/03/2015	ND
30/09/2014	21	10/03/2015	33
01/10/2014	26	11/03/2015	43
02/10/2014	19	12/03/2015	21
03/10/2014	17	13/03/2015	22
04/10/2014	18	14/03/2015	36
05/10/2014	18	15/03/2015	26
06/10/2014	19	16/03/2015	9
07/10/2014	25	17/03/2015	16

1.7 Metalli

Tabella 1.7.1 andamenti giornalieri metalli ng/m³ - campagna estiva

ng/m ³	04/06/14	05/06/14	06/06/14	07/06/14	08/06/14	09/06/14	10/06/14	11/06/14	12/06/14	13/06/14	14/06/14	15/06/14	16/06/14	17/06/14	18/06/14
Ag	< LOQ	< LOQ	1,0	< LOQ	< LOQ	2,0	0,7	1,9	0,6	0,7	0,6	0,9	0,3	< LOQ	< LOQ
Al	232	167	200	286	204	338	290	365	226	423	192	57	158	59	139
As	< LOQ	0,5	0,6	< LOQ											
Ba	8	9	5	39	6	374	7	9	4	10	5	3	8	7	10
Cd	0,1	0,0	0,1	0,1	< LOQ	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,0	1,2	0,1	0,2
Co	< LOQ														
Cr	< LOQ														
Cu	8,5	28,5	19,8	11,4	15,1	17,1	16,6	11,8	9,2	13,4	38,0	3,0	8,7	7,8	17,1
Fe	178	275	268	266	266	257	328	213	225	335	196	88	26	130	207
Mn	4,1	4,5	5,0	4,5	5,0	8,2	2,3	6,7	4,5	6,7	3,8	< LOQ	< LOQ	< LOQ	4,5
Ni	2,5	5,2	3,0	23,0	3,0	5,0	3,0	3,4	2,5	3,0	2,8	< LOQ	2,4	2,1	3,2
Pb	2,1	2,7	3,2	2,9	2,7	3,9	4,0	3,6	4,5	3,5	5,5	5,2	4,1	< LOQ	5,6
Pd	< LOQ	0,2	< LOQ												
Pt	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,0	0,0	< LOQ								
Rh	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,0	0,0	< LOQ								
Sb	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,5	0,5	0,6	0,5	< LOQ	0,8	0,8	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,5
Se	< LOQ	1,0	1,2	0,7	0,6	1,1	1,6	1,0	1,5	2,0	3,7	3,5	1,4	< LOQ	1,0
Sn	2,9	2,9	2,7	2,9	3,4	0,4	3,1	1,4	2,0	2,7	3,0	2,3	1,1	2,2	2,8
Te	1,2	0,5	0,6	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,7	1,3	9,1	1,1	0,6	0,4	0,5
Ti	9,5	8,1	6,6	38,8	12,1	< LOQ	16,3	11,6	10,1	17,4	10,8	4,2	< LOQ	2,6	9,0
Tl	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,05	< LOQ	0,003	0,2	< LOQ	< LOQ						
V	0,6	1,7	1,6	2,0	1,2	0,6	0,8	0,6	0,5	0,6	< LOQ				
Zn	< LOQ	34,3													

Tabella 1.7.2 andamenti giornalieri metalli ng/m³ - campagna autunnale

	23/09/2014	24/09/2014	25/09/2014	26/09/2014	27/09/2014	28/09/2014	29/09/2014	30/09/2014	1/10/2014	2/10/2014	3/10/2014	4/10/2014	5/10/2014	6/10/2014	7/10/2014
Ag	5,2	4,3	0,5	1,0	< LOQ	< LOQ	0,6	2,3	2,1	0,6	0,6	< LOQ	3,8	1,3	0,9
Al	200	116	105	107	182	90	182	218	163	77	136	90	110	177	255
As	0,7	0,5	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ					
Ba	10	6	8	13	9	11	10	12	9	6	13	6	5	7	12
Be	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ							
Cd	0,9	0,1	0,7	0,1	0,4	0,1	0,9	6,4	0,7	0,9	0,1	< LOQ	0,0	0,3	0,6
Co	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ							
Cr	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ							
Cu	23,3	10,7	10,7	15,3	12,0	7,2	10,5	13,8	21,5	10,0	17,8	10,5	13,8	8,8	16,7
Fe	202	43	147	184	< LOQ	< LOQ	94	275	312	120	79	116	103	125	367
Mn	4,7	3,4	3,2	< LOQ	3,8	< LOQ	4,7	5,6	5,2	< LOQ	7,2				
Ni	1,4	0,8	1,0	1,4	1,0	0,8	1,0	2,1	3,4	1,2	1,6	1,2	1,4	1,1	2,8
Pb	5,6	3,2	1,9	2,5	2,7	1,4	1,7	2,8	5,0	1,9	3,0	2,1	12,0	1,9	3,0
Pd	0,02	< LOQ	< LOQ	0,04	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,9	0,1	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Pt	0,03	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ						
Rh	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ							
Sb	8,9	3,6	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	7,4	< LOQ	25,2	< LOQ					
Se	9,1	2,3	1,9	2,5	3,8	1,6	1,0	2,5	2,7	0,6	5,0	2,3	8,5	6,2	2,1
Sn	1,6	0,9	1,0	2,4	3,7	0,2	0,7	2,7	2,9	0,6	0,5	0,8	2,7	0,6	3,1
Te	0,9	0,3	0,3	0,9	0,5	0,2	0,2	0,6	0,4	0,3	0,7	0,7	4,0	0,2	0,9
Ti	7,0	4,2	5,9	13,0	3,3	7,9	4,6	11,7	< LOQ	8,3	5,0				
Tl	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ							
V	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,5	< LOQ	< LOQ	< LOQ	1,2	1,6	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,6	< LOQ
Zn	< LOQ	< LOQ	< LOQ	27,0	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	12,4	< LOQ	17,9	< LOQ	14,2	< LOQ	17,9

Tabella 1.7.3 andamenti giornalieri metalli ng/m³ - campagna invernale

ng/m ³	03/12/14	04/12/14	05/12/14	06/12/14	07/12/14	08/12/14	09/12/14	10/12/14	11/12/14	12/12/14	13/12/14	14/12/14	15/12/14	16/12/14	17/12/14
Ag	0,6	3,0	< LOQ	0,8	< LOQ	2,8	4,9	< LOQ	14,0	1,2	1,0				
Al	52	21	4	13	11	4	33	55	140	132	121	81	92	68	136
As	< LOQ	1,4	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ									
Ba	< LOQ	2	< LOQ	2	4	6	7	5	8	< LOQ	4				
Be	< LOQ														
Cd	0,1	1,1	0,05	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,1	0,5	0,1	1,1	0,5	0,1	0,3	0,9	0,3
Co	< LOQ														
Cr	< LOQ	0,4	< LOQ	0,0	< LOQ	0,2	< LOQ	< LOQ							
Cu	16,4	19,7	18,7	58,1	18,2	19,7	15,8	28,6	118,5	65,4	43,5	36,1	41,6	27,0	28,8
Fe	77	101	114	96	59	90	76	158	184	293	312	147	220	184	63
Mn	< LOQ	4,1	< LOQ	6,1	4,7	5,8	5,8	< LOQ	4,1	3,0	3,6				
Ni	6,3	5,6	6,0	5,0	4,9	5,6	5,0	5,0	3,9	4,7	3,2	4,5	3,8	2,3	3,6
Pb	0,6	3,6	2,1	1,7	0,5	1,0	1,2	2,3	29,2	10,9	10,2	6,9	8,7	10,0	8,3
Pd	< LOQ	0,02	< LOQ	< LOQ	0,1	< LOQ	0,1	0,2	0,1	0,3	0,4	0,1	0,2	0,2	0,1
Pt	< LOQ	0,02	0,02	< LOQ											
Rh	< LOQ														
Sb	0,6	1,2	1,6	0,8	1,2	1,4	1,0	1,0	2,8	9,6	12,4	3,4	3,6	2,5	0,5
Se	2,5	< LOQ	< LOQ	1,4	< LOQ	0,5	< LOQ	1,0	4,3	7,0	2,5	3,0	3,6	1,0	2,3
Sn	< LOQ	1,1	0,9	0,9	< LOQ	0,9	< LOQ	0,7	3,3	7,3	3,7	3,5	2,6	2,0	< LOQ
Te	< LOQ	0,2	0,9	0,4	0,2	0,9	0,7	0,5	1,1	1,4	0,8	0,5	0,5	0,3	0,3
Ti	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	2,9	0,8	0,9	2,2	5,9	10,5	5,1	2,6	5,9	3,7	8,1
Tl	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,05	< LOQ	0,05	< LOQ	0,05	0,3	< LOQ	0,05	0,1	0,05	< LOQ	< LOQ
V	< LOQ	0,5	< LOQ	0,5	1,0	0,8	< LOQ	1,2	1,6	0,5	< LOQ				
Zn	< LOQ	14,7	27,0	38,0	24,3	14,2	21,5	16,0	17,9						

Tabella 1.7.4 andamenti giornalieri metalli ng/m³ - campagna primaverile

	4/03/2015	5/03/2015	6/03/2015	7/03/2015	8/03/2015	9/03/2015	10/03/2015	11/03/2015
Ag	< LOQ	6,1	0,5	1,4				
Al	140	35	70	28	59	226	114	37
As	< LOQ	1,7						
Ba	27	15	11	7	21	22	16	5
Be	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,5	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Cd	0,3	0,1	< LOQ	< LOQ	0,1	0,9	0,3	0,1
Co	< LOQ	< LOQ						
Cr	24,8	26,6	< LOQ	19,3	30,6	61,3	30,2	8,5
Cu	10,7	5,6	5,6	4,5	5,0	29,0	14,0	10,3
Fe	140	68	57	43	79	396	238	202
Mn	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	3,2	6,9	5,8	3,2
Ni	1,7	0,8	1,0	0,8	2,3	4,5	2,1	1,7
Pb	3,0	0,6	0,6	0,8	3,8	13,6	7,2	12,4
Pd	< LOQ	< LOQ						
Pt	< LOQ	< LOQ						
Rh	< LOQ	< LOQ						
Sb	< LOQ	1,0	< LOQ					
Se	0,5	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	2,6	1,2	8,7
Sn	0,7	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	3,2	2,0	1,3
Te	0,5	0,3	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5
Ti	6,6	1,1	8,3	2,9	3,3	12,7	5,3	0,6
Tl	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,05	0,1	< LOQ	< LOQ
V	< LOQ	0,5	< LOQ					
Zn	23	< LOQ	< LOQ	< LOQ	15	35	21	< LOQ

Figura 1.7.1 andamenti giornalieri velocità del vento (VV) - alluminio, ferro, rame e bario

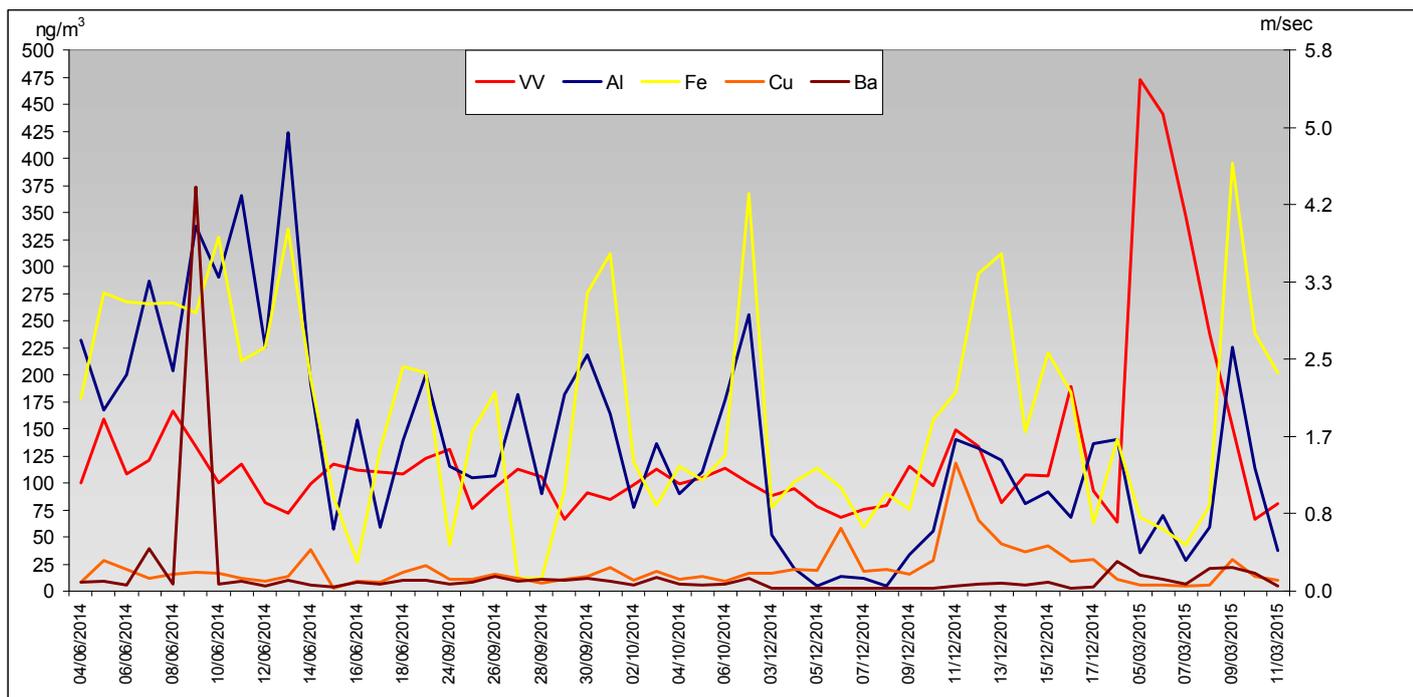


Figura 1.7.2 andamenti giornalieri velocità del vento (VV) - cadmio, cromo, manganese, antimonio, selenio, tellurio e titanio

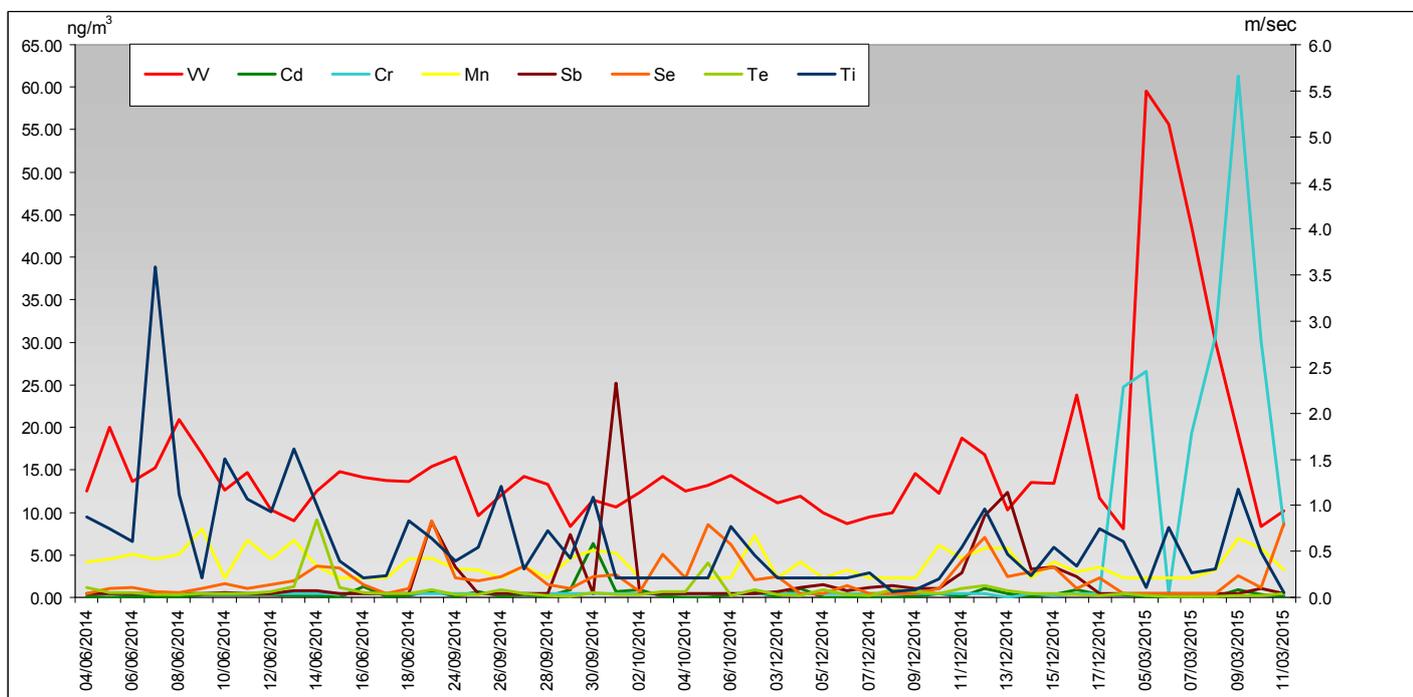


Figura 1.7.3 andamenti giornalieri velocità del vento (VV) - argento, nichel, piombo, stagno e zinco

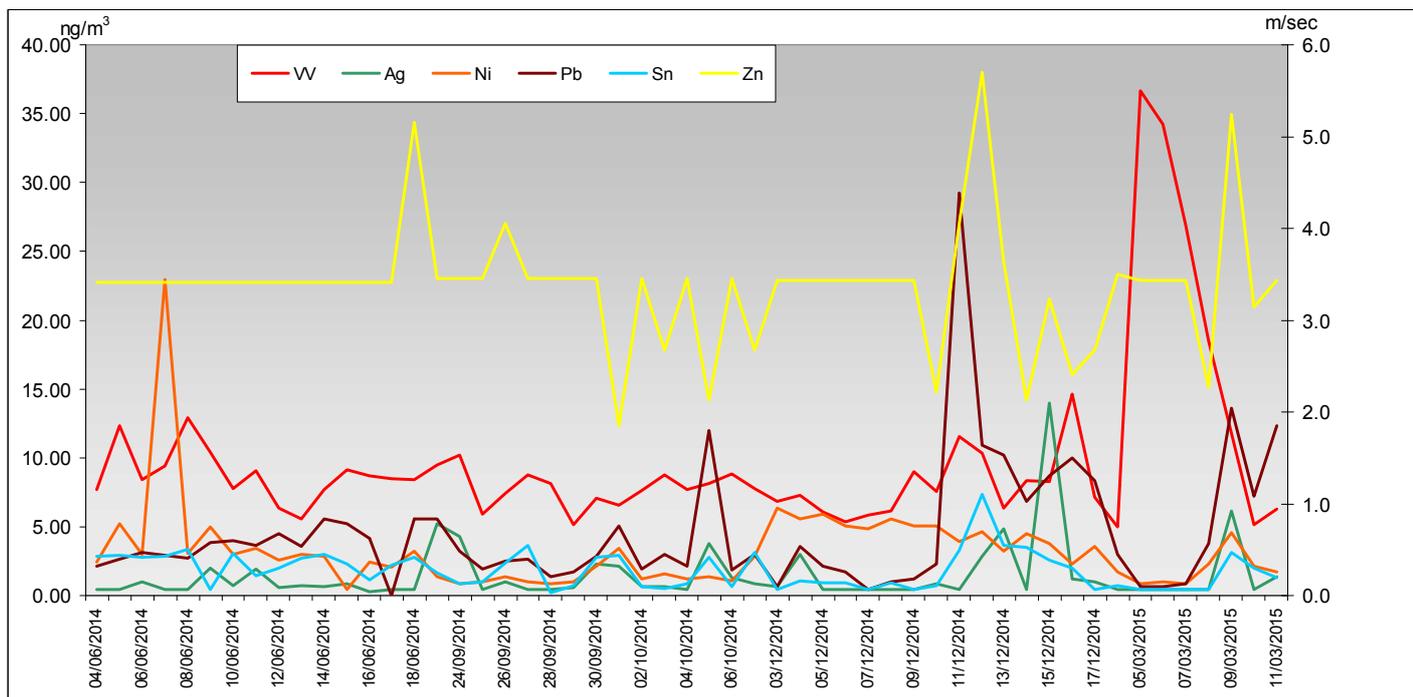


Figura 1.7.4 andamenti giornalieri velocità del vento (VV) - arsenico, berillio, cobalto, palladio, platino, rodio, tallio e vanadio

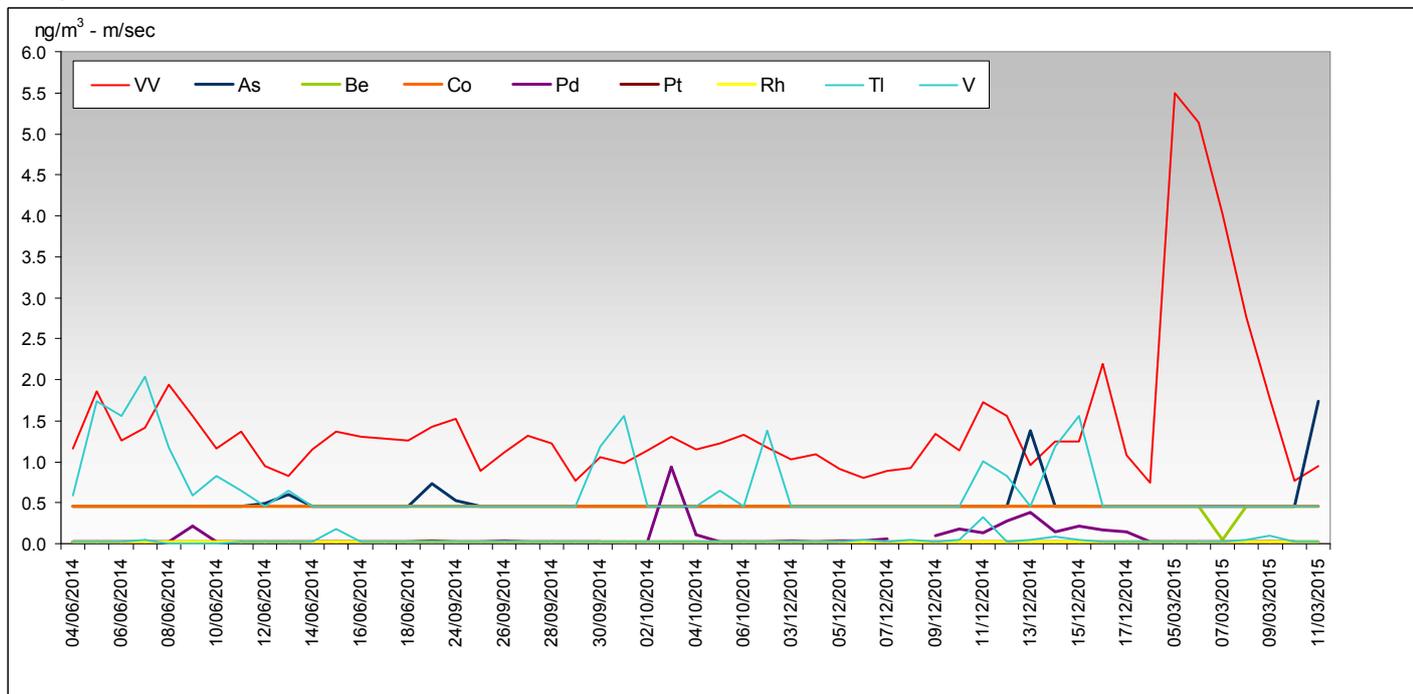


Figura 1.7.5 andamenti stagionali alluminio, bario, cromo, rame, ferro e zinco

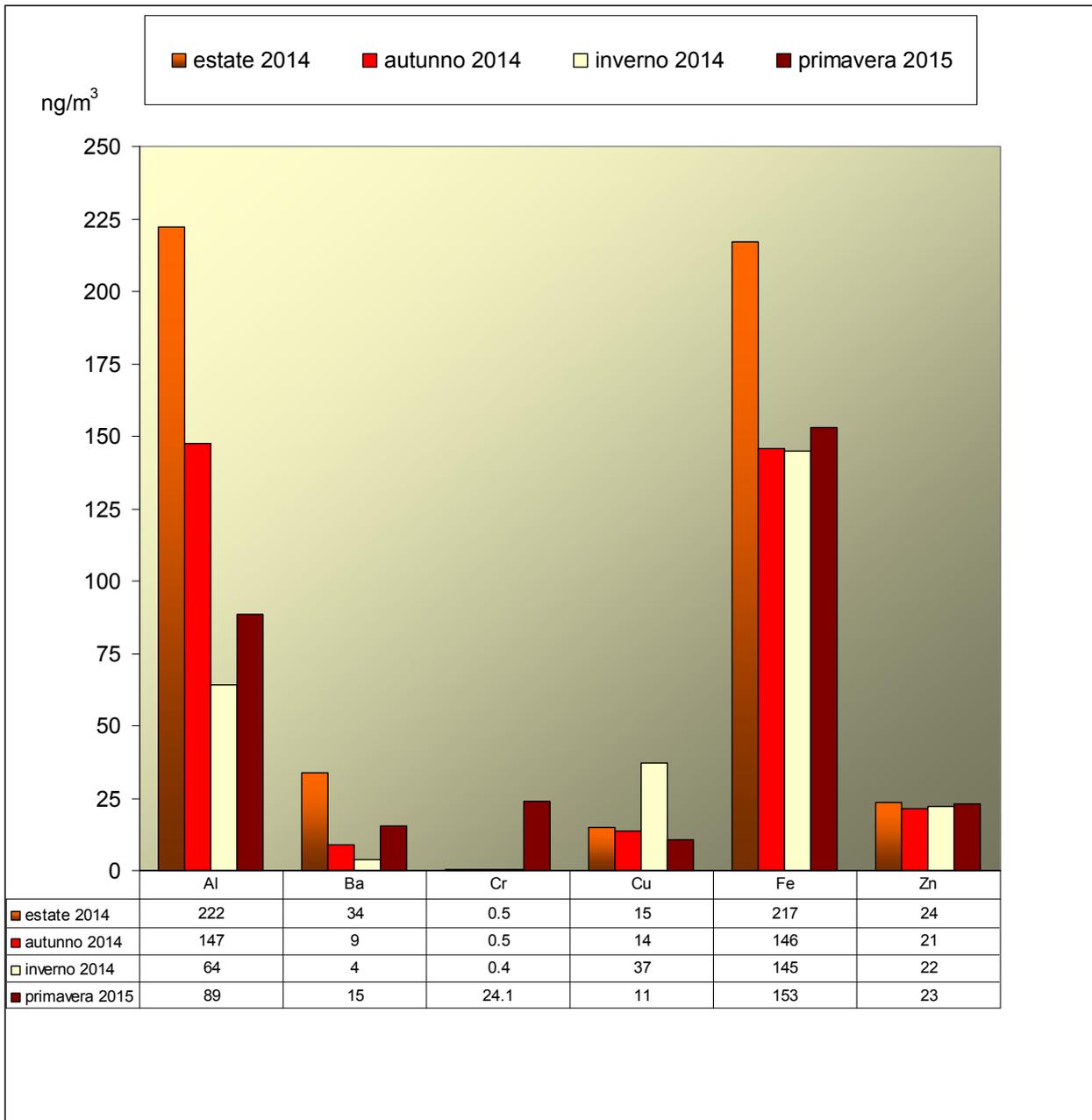


Figura 1.7.6 andamenti stagionali argento, arsenico, berillio, cadmio, cobalto, manganese, nichel, piombo, antimonio, selenio, stagno, tellurio, titanio, e vanadio

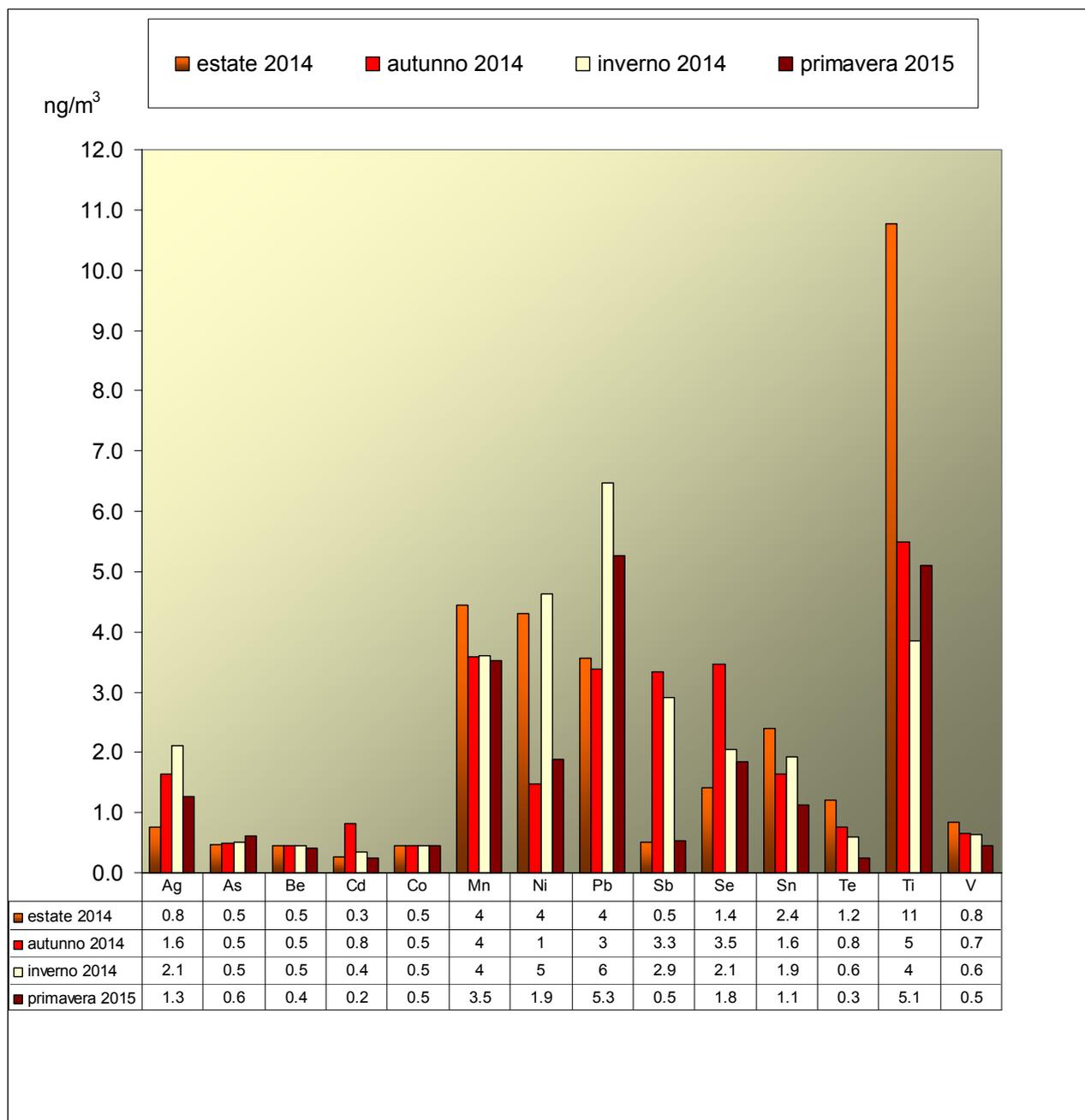
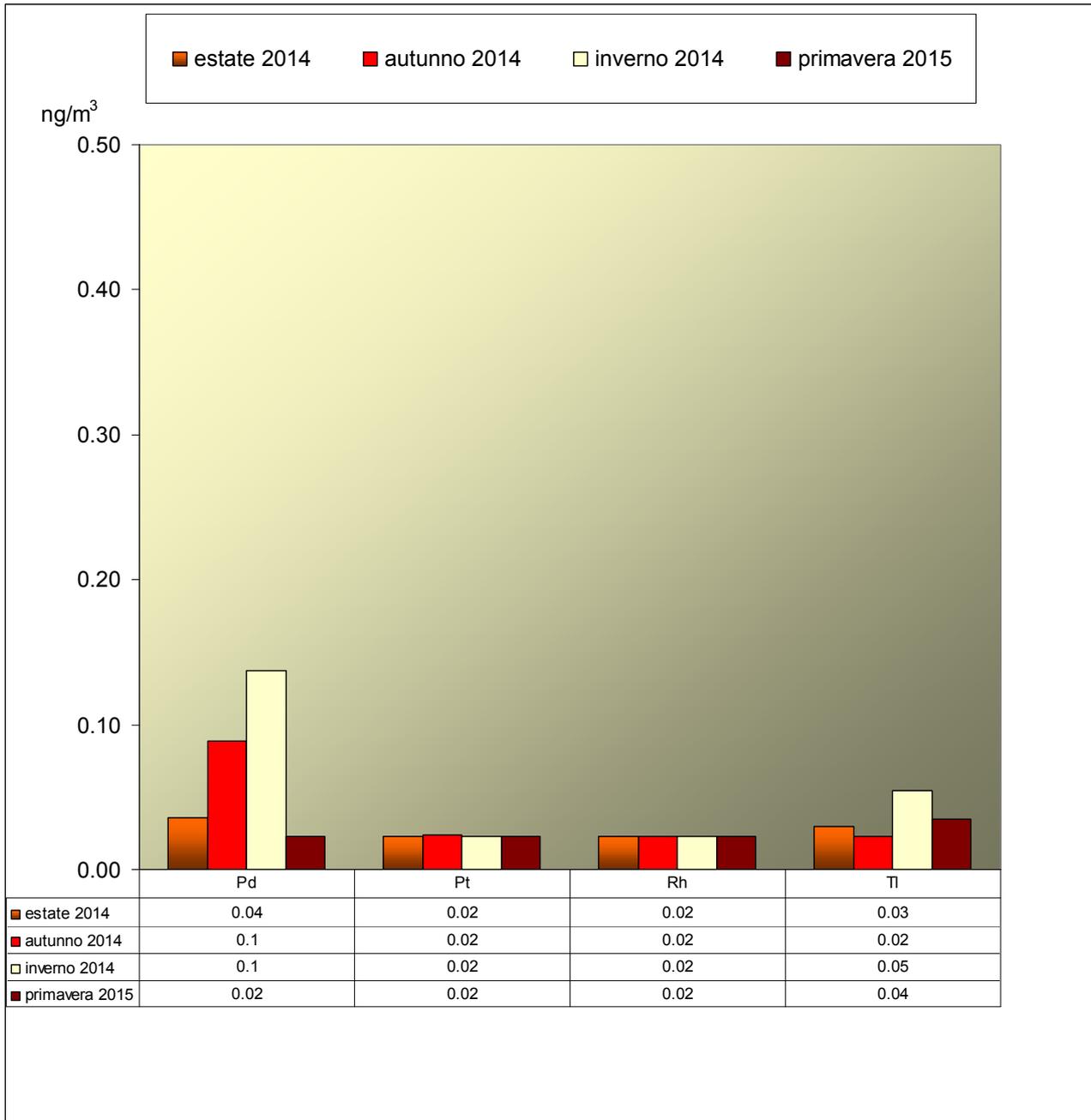


Figura 1.7.7 andamenti stagionali palladio, platino, rodio e tallio



1.8 profili dei metalli ed abbondanze relative

Figura 1.8.1 profilo dei metalli nel PM10

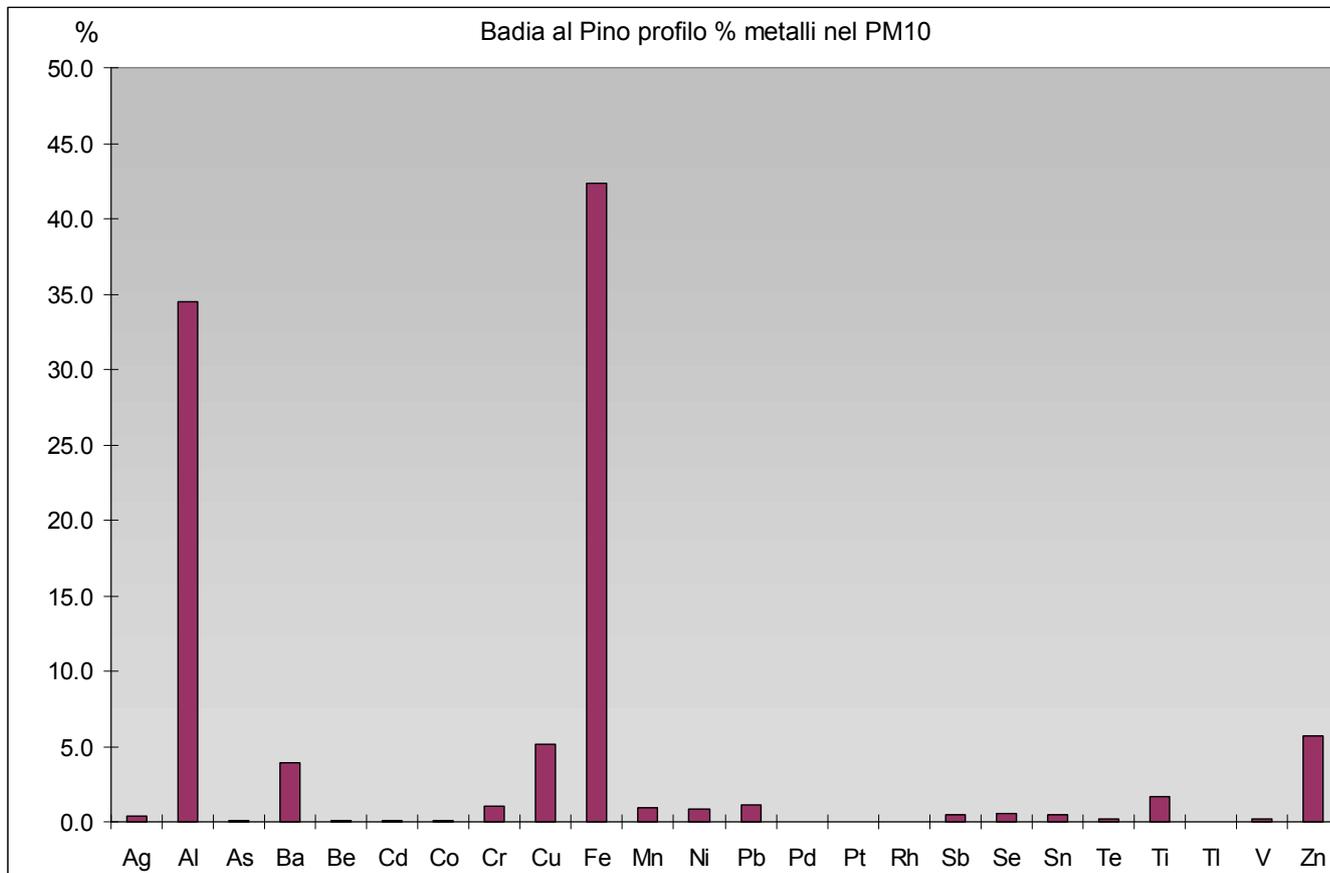


Figura 1.8.2 profilo argento, arsenico, bario, berillio, cadmio, cobalto, cromo, rame, manganese, nichel, piombo, palladio, platino, rodio, antimonio, selenio, stagno, tellurio, titanio, tallio, vanadio e zinco nel PM10

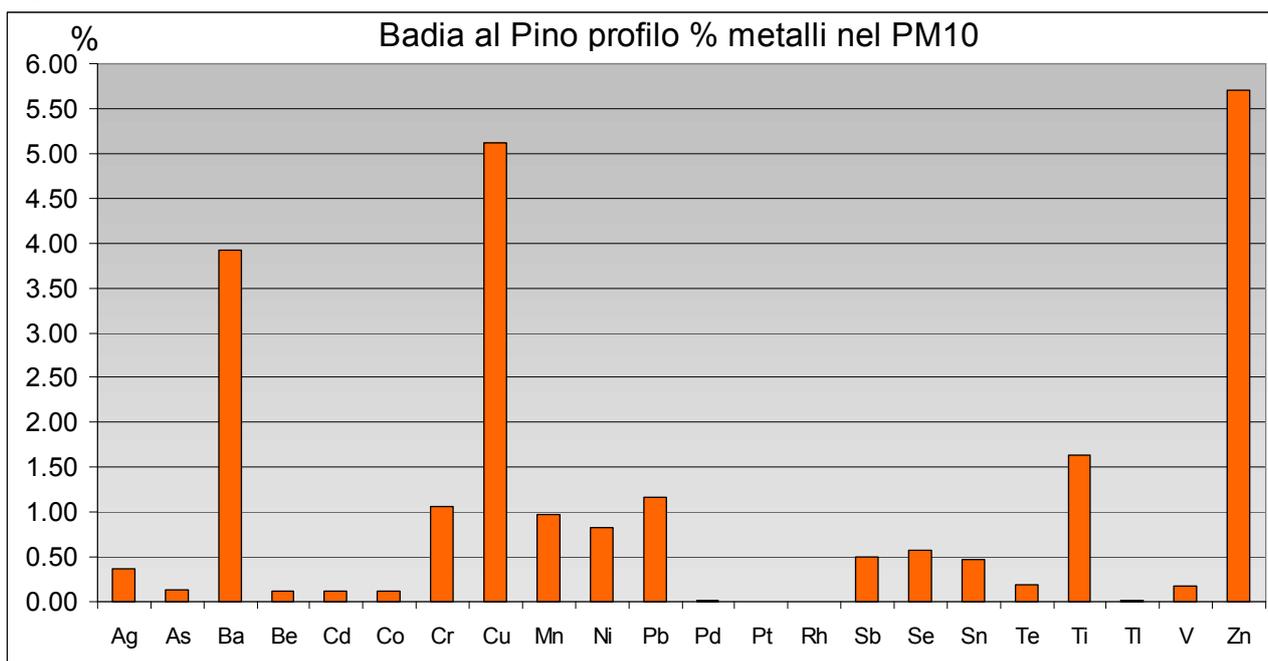


Figura 1.8.3 profilo dei metalli nel PM10 e nelle deposizioni atmosferiche

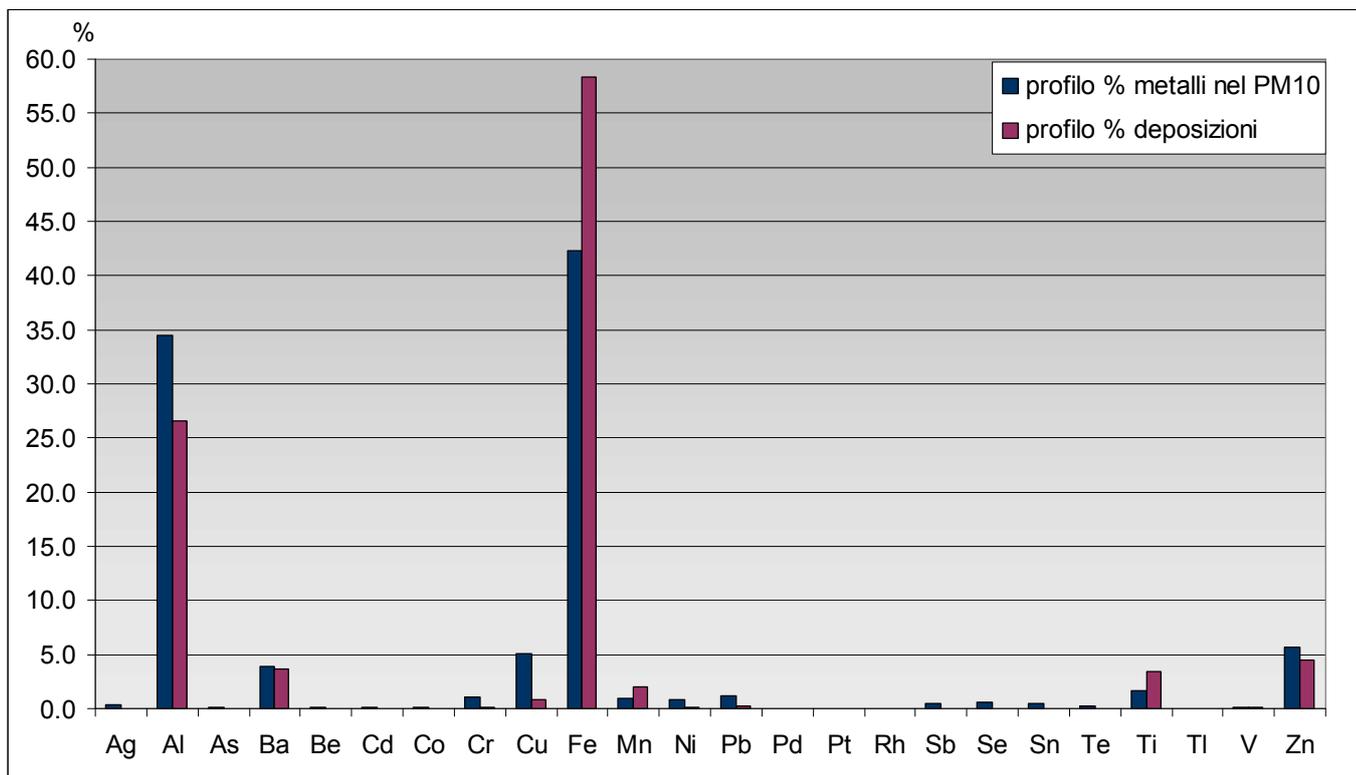


Figura 1.8.4 profilo del bario, rame, manganese, titanio e zinco nel PM10 e nelle deposizioni atmosferiche

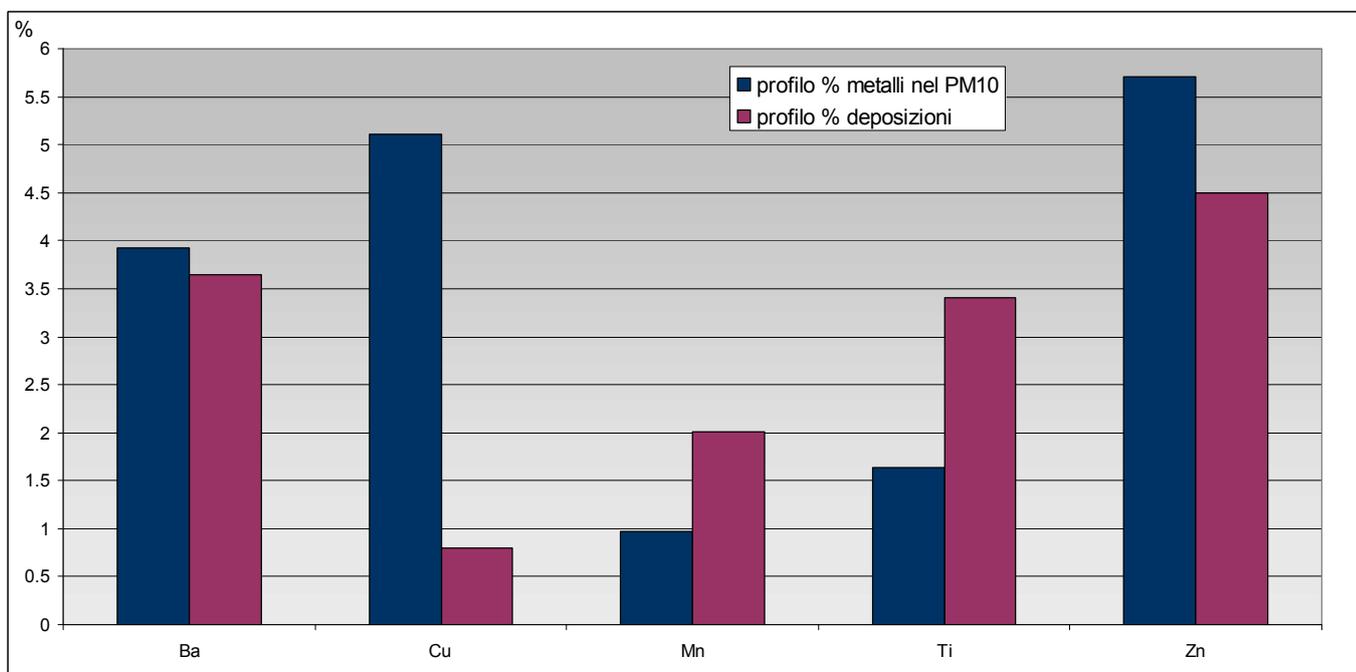
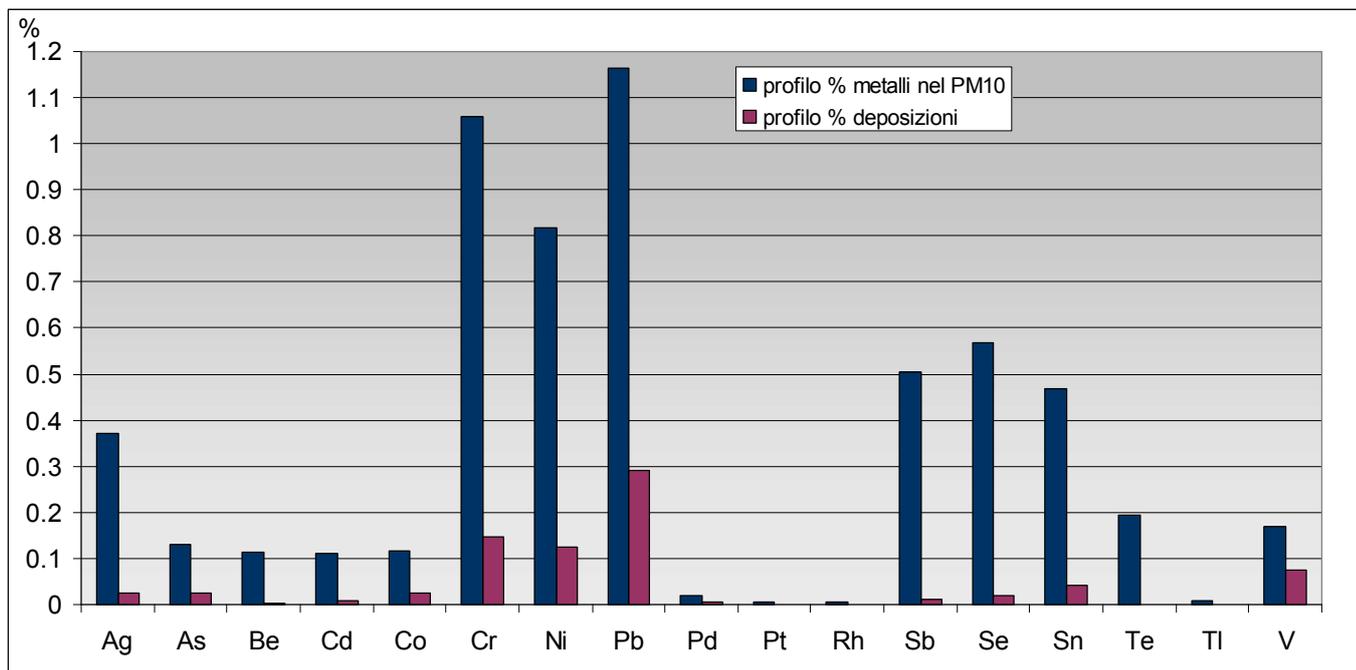


Figura 1.8.5 profilo dell'argento, arsenico, berillio, cadmio, cobalto, cromo, rame, nichel, piombo, palladio, platino, rodio, antimonio, selenio, stagno, tellurio, tallio e vanadio nel PM10 e nelle deposizioni atmosferiche



ABBONDANZE RELATIVE

Le abbondanze relative (o fattori di arricchimento relativo) riguardanti i metalli nel PM10 rispetto al suolo o rispetto alle deposizioni atmosferiche, sono calcolate mediante il rapporto fra il livello di concentrazione nel PM10 ed il rateo di deposizione o il livello di concentrazione nel PM10 e la concentrazione nel suolo; tale rapporto viene poi normalizzato ridividendo ciascuno dato ottenuto per uno dei valori così calcolati. Per la normalizzazione, si è scelto un metallo abbondante nel PM10, nelle deposizioni atmosferiche o nel suolo che risultasse ben dosabile (cioè ben oltre il LOQ per non falsare i dati). Pertanto, al fine di applicare il criterio di normalizzazione in relazione alla disponibilità dei dati nelle matrici analizzate, sono stati utilizzati più metalli: nel caso del PM10 e delle deposizioni atmosferiche è stato utilizzato il manganese, mentre per le elaborazioni che hanno riguardato il suolo, si è dovuti passare al cromo poiché il manganese non era stato determinato in questa matrice.

Figura 1.8.6 abbondanze relative metalli nel PM10 e nelle deposizioni atmosferiche

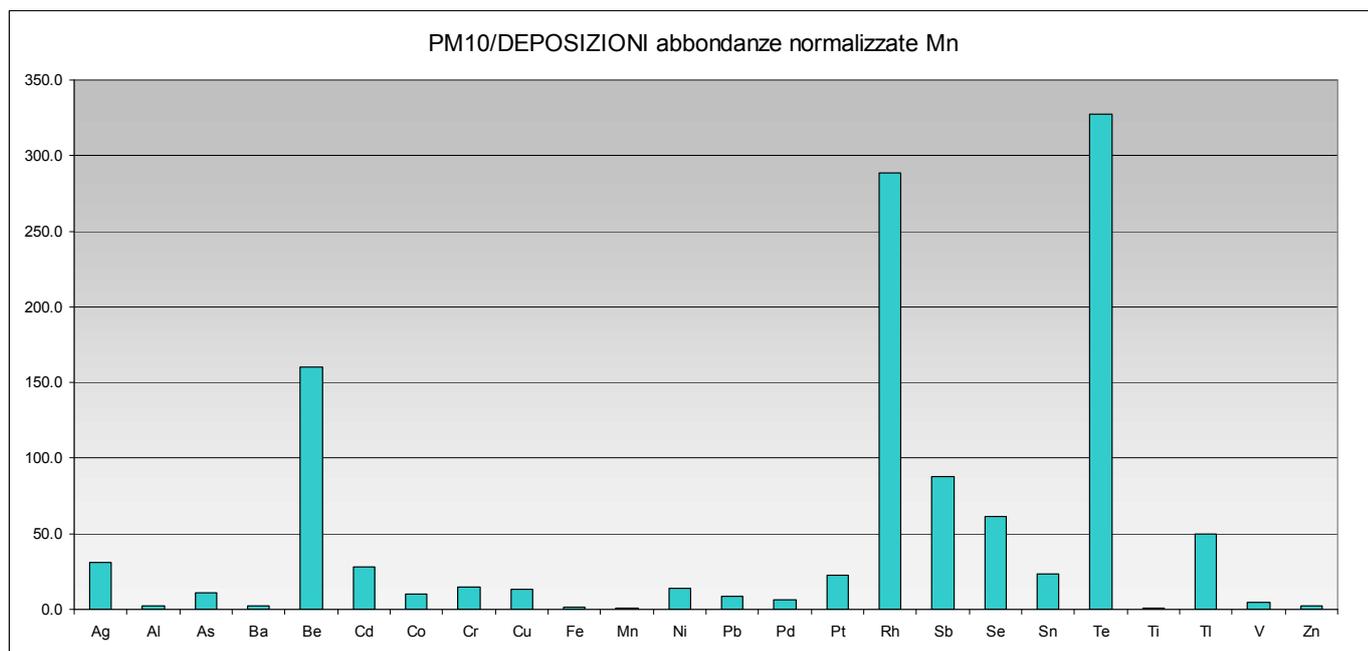


Tabella 1.8.1 valori delle abbondanze relative metalli nel PM10 e nelle deposizioni atmosferiche

	abbondanze relative normalizzate con il manganese
alluminio	3
argento	31
antimonio	88
arsenico	11
bario	2
berillio	160
cadmio	28
cobalto	10
cromo	15
ferro	2
manganese	1
nichel	14
palladio	6
piombo	8
platino	22
rame	13
rodio	289
selenio	61
stagno	24
tallio	50
tellurio	327
titanio	1
vanadio	5
zinco	3

Figura 1.8.7 abbondanze relative metalli nelle deposizioni atmosferiche e nel suolo

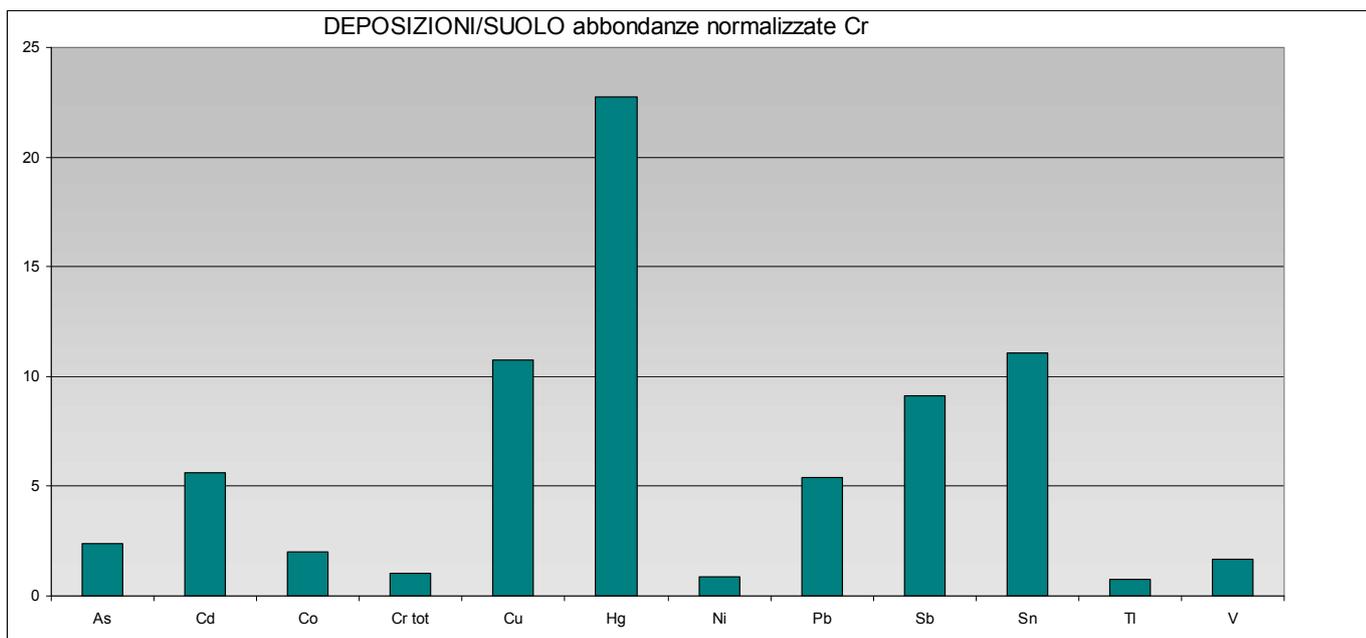


Tabella 1.8.2 valori delle abbondanze relative metalli nelle deposizioni atmosferiche e nel suolo

	abbondanze relative normalizzate con il cromo
Antimonio	9
Arsenico	2
Cadmio	6
Cobalto	2
Cromo	1
Mercurio	23
Nichel	0,9
Piombo	5
Rame	11
Stagno	11
Tallio	0,7
Vandio	2

Figura 1.8.8 abbondanze relative metalli nel PM10 e nel suolo

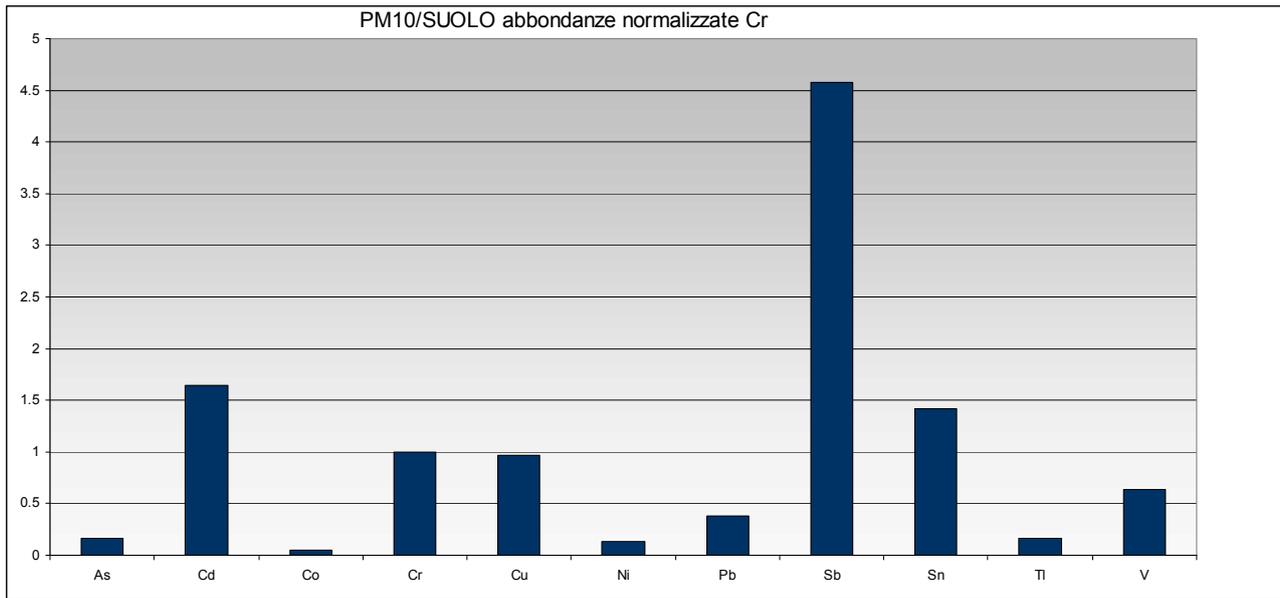


Tabella 1.8.3 valori delle abbondanze relative metalli nel PM10 e nel suolo

	abbondanze relative normalizzate con il cromo
arsenico	0,2
antimonio	4,6
cadmio	1,7
cobalto	0,05
cromo	1
nichel	0,1
piombo	0,4
rame	1
stagno	1,4
tallio	0,2
vanadio	0,6

Allegato 2 elaborazione dei dati meteorologici

Figura 2.1 rosa dei venti 6 giugno 2014 - 17 marzo 2015

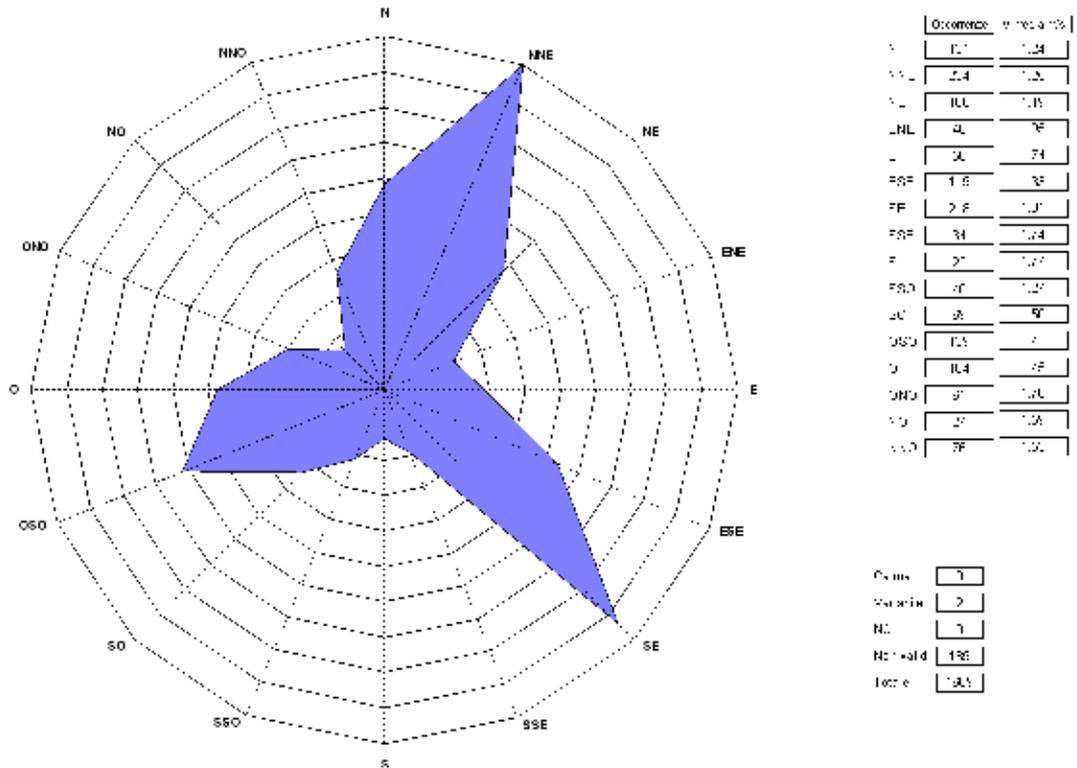


Figura 2.2 rosa dei venti estate 2014

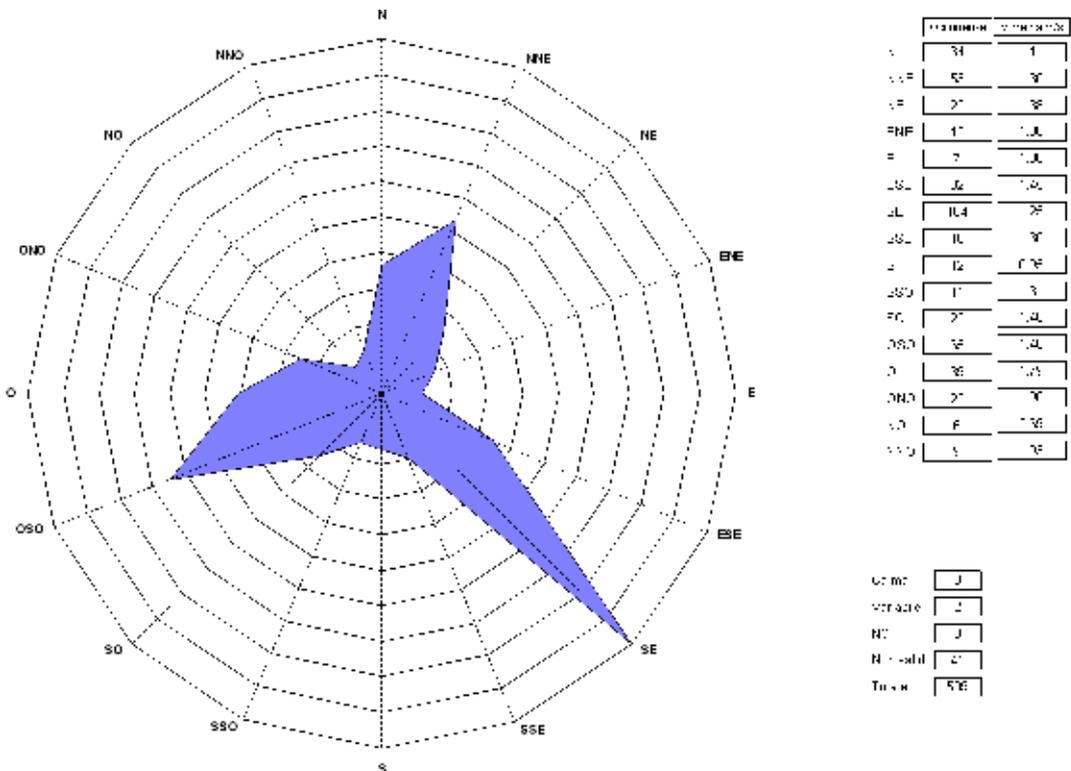
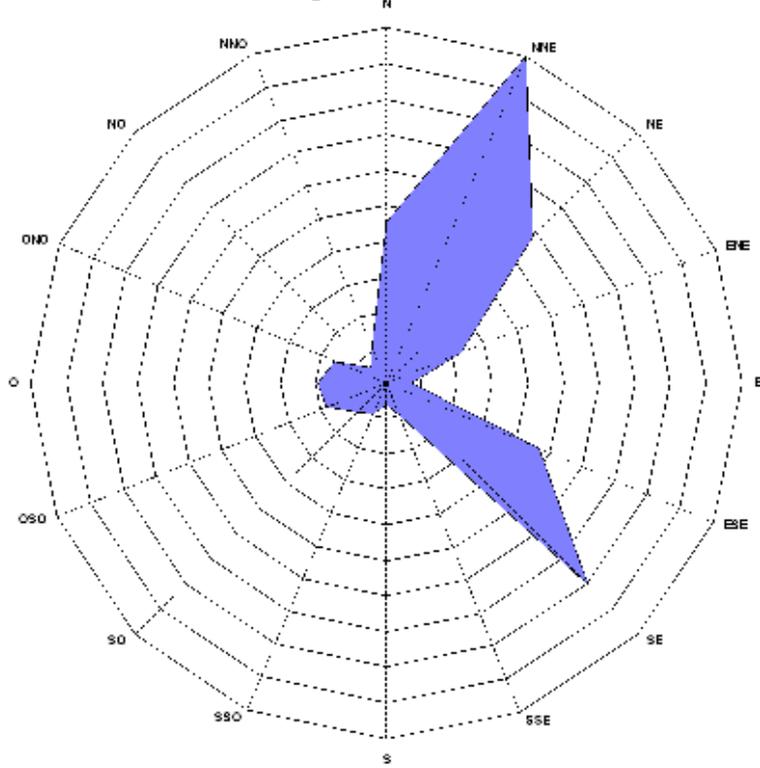


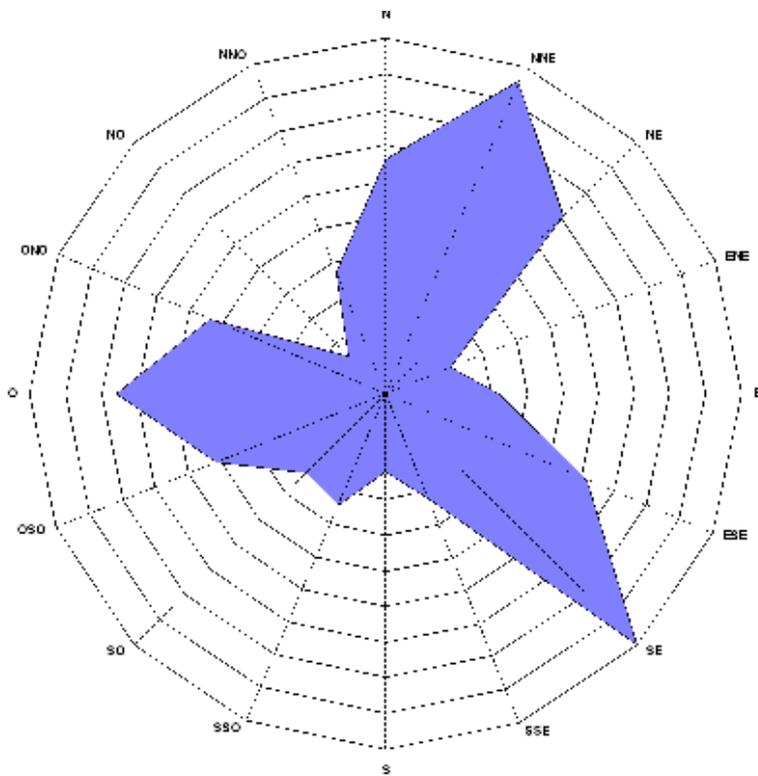
Figura 2.3 rosa dei venti autunno 2014



VELOCITÀ	0-10	10-20
N	20	20
NNE	20	20
NE	10	10
ENE	10	20
E	0	10
ESE	10	10
E	20	20
ESE	4	10
E	0	10
ESE	4	1
SE	0	10
SSE	10	10
S	10	10
SSO	10	20
S	0	10
SSO	0	10

Umid.	0
Vegetazione	0
NO	0
NO. totali	2
Totale	370

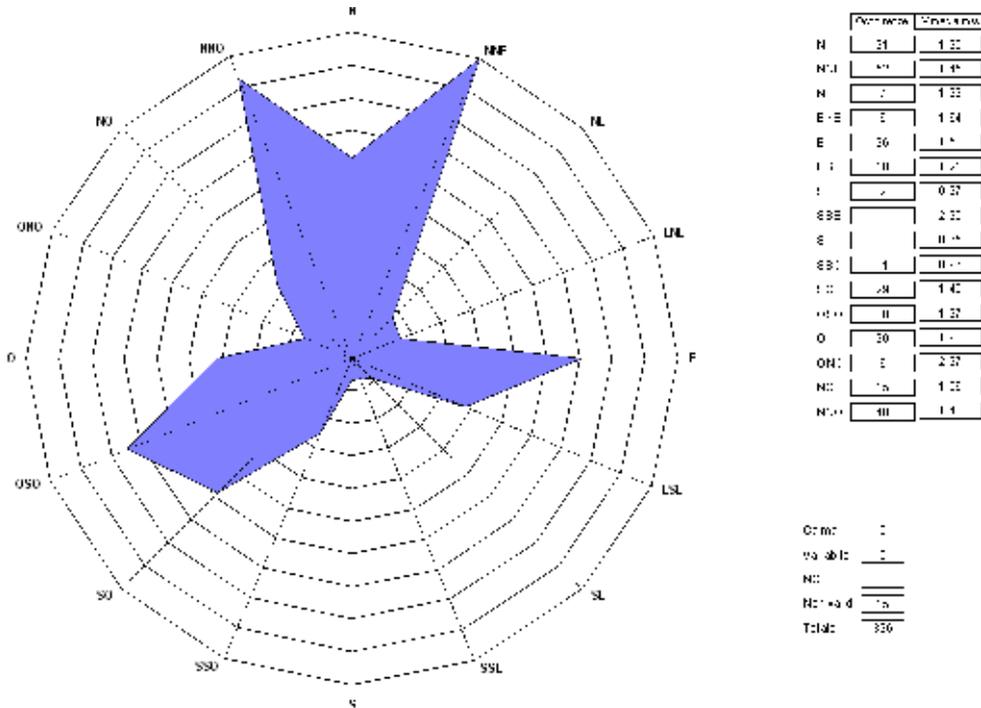
Figura 2.4 rosa dei venti inverno 2014



VELOCITÀ	0-10	10-20
N	20	0
NNE	20	20
NE	20	20
ENE	0	20
E	0	10
ESE	0	10
E	0	20
ESE	10	20
E	0	20
ESE	10	20
SE	10	20
SSE	10	10
S	20	10
SSO	20	20
S	0	10
SSO	10	20

Umid.	0
Vegetazione	0
NO	0
NO. totali	2
Totale	350

Figura 2.5 rosa dei venti primavera 2015



Velocità del vento

Figura 2.6 giorno tipo

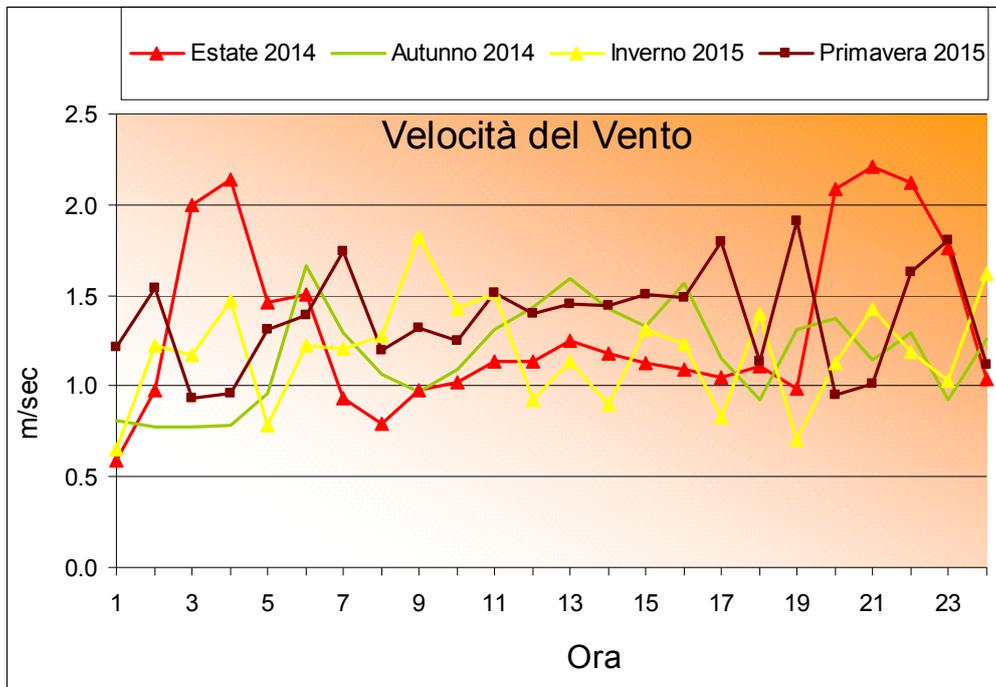
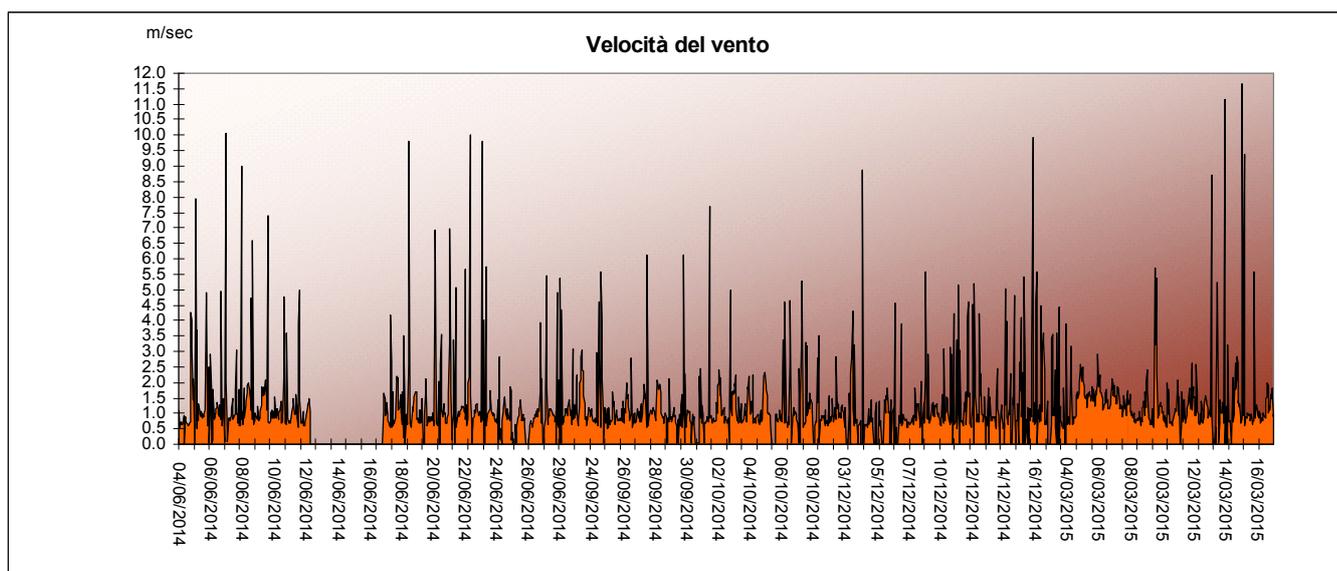
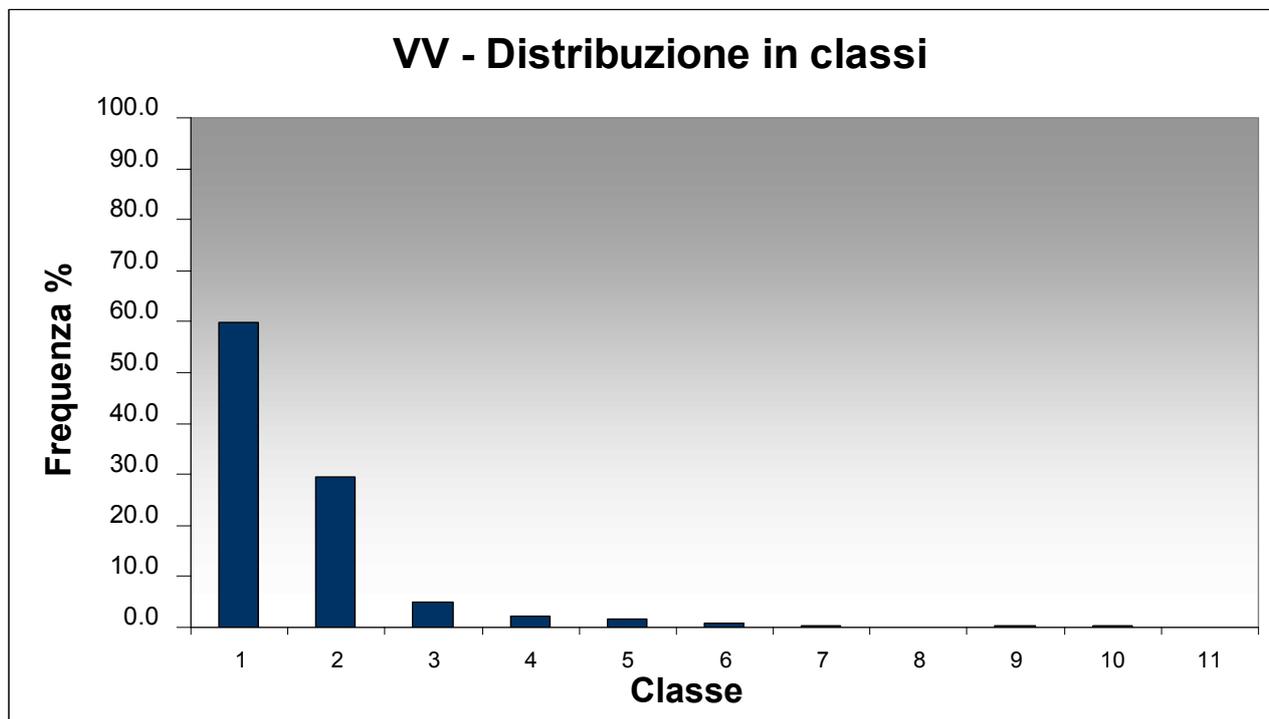


Figura 2.7 andamenti valori medi orari



Il valore massimo della velocità del vento è stato raggiunto il giorno 15 marzo 2015 alle ore 23 con 11,7 m/sec.

Figura 2.8 distribuzione valori medi orari



Estremi classe	Min (m/sec)	Max (m/sec)
1	0,0	1,1
2	1,1	2,1
3	2,1	3,2
4	3,2	4,2
5	4,2	5,3
6	5,3	6,4
7	6,4	7,4
8	7,4	8,5
9	8,5	9,6
10	9,6	10,6
11	10,6	11,7

Allegato 3 Caratteristiche tecniche analizzatori/sensori

tabella 3.1 caratteristiche tecniche analizzatori e sensori meteo

Inquinante	Marca Modello	Inventario	Principio Misura	Limite Rilevabilità	Precisione
O ₃	Monitor Labs ML 8810	4691	Assorbimento UV	4 µg/m ³	dal 20 al 80 % del campo di misura +/- 4 µg/m ³
NO _x	API 200 A	422	Chemiluminescenza	0,7 µg/m ³	0,5% della lettura
SO ₂	API 100 A	1108-1999	Fluorescenza UV	2,6 µg/m ³ (come SO ₂)	Al 20% del campo di misura ≤ 1,6 µg/m ³ All'80% del campo di misura ≤ 6 µg/m ³
CO	Monitor Labs ML 8830	4689	Correlazione Infrarosso	0,2 mg/m ³	dal 20 al 80 % del campo di misura +/- 0,2 mg/m ³
DV	Micros SVDV	4699	Sistema a banderuola ad uscita potenziometrica	0,3 m/sec	1%
VV	Micros SVDV	4699	rotazione a sistema magneti toroidale, sonda ad effetto Hall	0,25 m/sec	+/- 0,25 nel campo 0-20 m/sec +/- 0,7 oltre i 20 m/sec

Allegato 4 Meccanismi di formazione degli inquinanti

OSSIDI DI AZOTO (NO/NO₂)

Il biossido di azoto (NO₂), è un gas di colore rosso bruno, di odore pungente ed altamente tossico, si forma in massima parte in atmosfera per ossidazione del monossido di azoto (NO), inquinante principale che si forma nei processi di combustione derivanti da autoveicoli, impianti di riscaldamento e impianti industriali; più elevata è la temperatura nella camera di combustione, più elevata è la produzione di NO. La concentrazione negli scarichi degli autoveicoli è maggiore in accelerazione e in marcia di crociera. Un'altra fonte di origine del biossido di azoto (NO₂), deriva, come peraltro già accennata per il monossido di azoto (NO), da processi di combustione ad alta temperatura per ossidazione dell'azoto presente nell'aria per il 78%. Il maggior contributo è dato dal traffico autoveicolare e, in ordine decrescente, da diesel pesanti, autovetture a benzina, diesel leggeri e autovetture catalizzate.

POLVERI con diametro aerodinamico < 2,5 µm (PM_{2,5})

Il particolato fine (PM) è un agente inquinante composto da un insieme di particelle che possono essere solide, liquide oppure solide e liquide insieme e che, sospese nell'aria, rappresentano una miscela complessa di sostanze organiche ed inorganiche. Queste particelle variano per dimensione, composizione ed origine. Le loro proprietà sono riassunte nel loro diametro aerodinamico, definito come dimensione della particella:

- la frazione con un diametro aerodinamico inferiore a 10 µm è chiamata PM₁₀ e può raggiungere le alte vie respiratorie ed i polmoni;
- le particelle più piccole o fini sono chiamate PM_{2,5} (con un diametro aerodinamico inferiore a 2,5 µm); queste sono più pericolose perché penetrano più a fondo nei polmoni e possono raggiungere la regione alveolare.

La dimensione delle particelle determina anche la durata della loro permanenza nell'atmosfera. Mentre la sedimentazione e le precipitazioni rimuovono la frazione compresa tra 2,5 e 10 µm (PM10-2,5 detto anche frazione grossolana del PM10) dall'atmosfera nel giro di poche ore dall'emissione, il PM2,5 può rimanere nell'aria per giorni o perfino per settimane. Di conseguenza queste particelle possono percorrere distanze molto lunghe. I maggiori componenti del PM sono il solfato, il nitrato, l'ammoniaca, il cloruro di sodio, il carbonio, le polveri minerali e l'acqua. In base al meccanismo di formazione, le particelle si distinguono in primarie e secondarie.

Le particelle primarie sono direttamente immesse nell'atmosfera mediante processi naturali e prodotti dall'uomo (antropogenici). I processi antropogenici includono la combustione dei motori delle auto (sia diesel che a benzina); la combustione dei combustibili solidi (carbone, lignite, biomassa) di uso domestico; le attività industriali (attività edili e minerarie, lavorazione del cemento, ceramica, mattoni e fonderie); le erosioni del manto stradale causate dal traffico e le polveri provenienti dall'abrasione di freni e pneumatici; e le attività nelle cave e nelle miniere.

Le particelle secondarie si formano nell'aria a seguito di reazioni chimiche di inquinanti gassosi e sono il prodotto della trasformazione atmosferica del biossido di azoto, principalmente emesso dal traffico e da alcuni processi industriali, e del biossido di zolfo, che risulta dalla combustione di carburanti contenenti zolfo. Le particelle secondarie si trovano principalmente nella frazione del PM fine.

Il PM2,5 è la frazione più fine del PM10, costituita dalle particelle con diametro uguale o inferiore a 2,5 µm. Il PM 2,5 è il particolato più pericoloso per la salute e l'ambiente: questo particolato può rimanere sospeso nell'atmosfera per giorni o settimane.

Le particelle maggiori (da 2,5 a 10 µm) rimangono in atmosfera da poche ore a pochi giorni, contribuiscono poco al numero di particelle in sospensione, ma molto al peso totale delle particelle in sospensione. Sono significativamente meno dannose per la salute e l'ambiente.

Il PM 2,5 è una miscela complessa di migliaia di composti chimici e, alcuni di questi sono di estremo interesse a causa della loro tossicità. L'attenzione è rivolta agli idrocarburi aromatici policiclici (PHA) che svolgono un ruolo nello sviluppo del cancro. Alcuni nomi: Fluoranthene, Pyrene, Chrysene, Benz[a]anthracene, Benzo[b]fluoranthene, benzo[k]fluoranthene, Benzo[a]pyrene, Dibenz[a,h]anthracene.

La valutazione sistematica dei dati completata nel 2004 dall'OMS Europa, indica che:

- il PM aumenta il rischio dei decessi respiratori nei neonati al di sotto di 1 anno, influisce sullo sviluppo delle funzioni polmonari, aggrava l'asma e causa altri sintomi respiratori come la tosse e la bronchite nei bambini;
- il PM2,5 danneggia seriamente la salute aumentando i decessi per malattie cardio-respiratorie e cancro del polmone. La crescita delle concentrazioni di PM2,5 aumenta il rischio di ricoveri ospedalieri d'emergenza per malattie cardiovascolari e respiratorie;
- il PM10 ha un impatto sulle malattie respiratorie, come indicato dai ricoveri ospedalieri per questa causa.

Nell'ultimo decennio in molte città europee sono stati condotti alcuni studi sugli effetti del PM nel breve periodo, basati sull'associazione tra i cambiamenti giornalieri delle concentrazioni di PM10 e i vari effetti sulla salute. In generale, i risultati indicano che i cambiamenti di PM10 nel breve periodo ad ogni livello implicano cambiamenti nel breve periodo degli effetti acuti in termini di salute.

Gli effetti relativi all'esposizione nel breve periodo comprendono: infiammazioni polmonari, sintomi respiratori, effetti avversi nel sistema cardiovascolare, aumento della richiesta di cure mediche, dei ricoveri ospedalieri e della mortalità.

Poiché l'esposizione al PM causa nel lungo periodo una sostanziale riduzione dell'attesa di vita, gli effetti nel lungo periodo sono chiaramente più significativi per la salute pubblica di quelli nel breve periodo. Il PM_{2,5} si associa maggiormente alla mortalità, indicando un aumento del 6% del rischio di morte per tutte le cause per ogni aumento di 10µg/m³ nelle concentrazioni di PM_{2,5} sul lungo periodo.

Gli effetti relativi all'esposizione nel lungo periodo comprendono: aumento dei sintomi dell'apparato respiratorio inferiore e delle malattie polmonari ostruttive croniche, riduzione delle funzioni polmonari nei bambini e negli adulti, e riduzione dell'attesa di vita causata principalmente da mortalità cardiopolmonare e dal cancro al polmone.

Studi su larga scala mostrano gli effetti significativi del PM_{2,5} in termini di mortalità, ma non sono in grado di identificare una soglia al di sotto della quale il PM non ha effetti sulla salute: cosiddetto livello senza effetti. Dopo un'analisi completa dei nuovi dati scientifici, un gruppo di lavoro dell'OMS ha recentemente concluso che, se esiste un limite per il PM, questo è individuabile nella fascia più bassa delle concentrazioni di PM attualmente riscontrate nella Regione Europea.

BIOSSIDO DI ZOLFO (SO₂)

Uso di combustibili fossili (carbone e derivati del petrolio). Negli ultimi 10 anni si è osservata una netta tendenza alla diminuzione delle emissioni di SO₂, attribuibile alle modifiche nel tipo e nella qualità dei combustibili usati a minor contenuto di zolfo. Un contributo determinante per la diminuzione di emissioni di SO₂ è stato fornito dalla larga diffusione della metanizzazione.

BENZENE (H₆C₆)

Il benzene (comunemente chiamato benzolo) è un idrocarburo che si presenta come un liquido volatile, capace cioè di evaporare rapidamente a temperatura ambiente, incolore e facilmente infiammabile. E' il capostipite di una famiglia di composti organici che vengono definiti aromatici, per l'odore caratteristico. E' un componente naturale del petrolio (1-5% in volume) e dei suoi derivati di raffinazione.

Nell'atmosfera la sorgente più rilevante di benzene è rappresentata dal traffico veicolare, principalmente dai gas di scarico dei veicoli alimentati a benzina, nei quali viene aggiunto al carburante (la cosiddetta benzina verde) come antidetonante, miscelato con altri idrocarburi (toluene, xilene, ecc.) in sostituzione del piombo tetraetile impiegato fino a qualche anno fa. In piccola parte il benzene proviene dalle emissioni che si verificano nei cicli di raffinazione, stoccaggio e distribuzione della benzina. Durante il rifornimento di carburante dei veicoli si liberano in aria quantità significative del tossico, con esposizione a rischio del personale addetto ai distributori. Nell'industria il benzene ha trovato in passato largo impiego come solvente soprattutto a livello industriale e artigianale (produzione di calzature, stampa a rotocalco, ecc.), finché la dimostrazione della sua tossicità e della sua capacità di indurre tumori ha portato ad una legge che ne limita drasticamente la concentrazione nei solventi. Per lo stesso motivo l'utilizzazione in cicli industriali aperti e nella produzione di prodotti di largo consumo (plastiche, resine, detersivi, pesticidi, farmaci, vernici, collanti, inchiostri e adesivi) è stata fortemente limitata ed è regolata da precise normative dell'Unione Europea. Nei prodotti finali il benzene si può ritrovare in quantità molto limitate, anch'esse regolate per legge. Attualmente viene impiegato soprattutto come materia prima per la chimica di sintesi di composti organici come fenolo, cicloesano, stirene e gomma in lavorazioni a ciclo chiuso. Solo in piccola parte si forma per cause naturali come gli incendi di boschi o di residui agricoli o le eruzioni vulcaniche. E' presente in quantità significative nel fumo di sigaretta.

Il benzene è facilmente assorbito quasi esclusivamente per inalazione, mentre è trascurabile la penetrazione attraverso il contatto cutaneo. Si accumula nei tessuti ricchi di grasso (tessuto adiposo, midollo osseo, sangue e fegato), dove viene metabolizzato per essere poi rapidamente eliminato nelle urine e nell'aria espirata. Per esposizioni acute, anche di breve

durata (possibili in passato negli ambienti di lavoro o accidentalmente nelle condizioni attuali), si manifestano sintomi di depressione del sistema nervoso centrale (nausea, vertigini, fino alla narcosi) e irritazione della pelle e delle mucose. Sicuramente dimostrata la capacità cancerogena del benzene, classificato dallo IARC (Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro) in classe 1 come cancerogeno certo per l'uomo. E' stata infatti accertata la capacità di causare leucemie acute e croniche, alle concentrazioni presenti in passato negli ambienti di lavoro, con un rischio proporzionale alla dose cumulativa. L'effetto cancerogeno sembra essere legato, come per altre sostanze, all'azione di metaboliti intermedi che si formano nell'organismo. Alle concentrazioni di benzene presenti attualmente in ambiente urbano non sono stati osservati effetti tossici sulle cellule del sangue. Va comunque ribadito che per i cancerogeni non esistono limiti certi di sicurezza, vale a dire livelli soglia al di sotto dei quali vi sia la certezza che non si verifichi un'aumentata probabilità di contrarre la malattia. Tuttavia bisogna ricordare che nella valutazione del rischio va considerata non solo la concentrazione di benzene in atmosfera, in considerazione del limitato tempo di esposizione all'aperto, ma soprattutto l'esposizione in ambienti confinati (inquinamento indoor) e l'introduzione con i cibi. L'esposizione è soggetta a significative variazioni in rapporto alle stagioni, all'attività fisica all'aperto, alla residenza in prossimità di vie di grande traffico o di sorgenti puntiformi di benzene, ma soprattutto al fumo di sigaretta, attivo e passivo.

Allegato 5. Limiti normativi

La legenda sottostante fornisce alcune spiegazioni in merito ai termini indicati dal D.Lgs. 155/2010 e smi.

DATA DI CONSEGUIMENTO: data effettiva in cui il valore limite deve essere rispettato senza l'applicazione del relativo margine di tolleranza.

VALORE BERSAGLIO: livello di ozono fissato al fine di evitare a lungo termine (anno 2010) effetti nocivi sulla salute umana e sull'ambiente nel suo complesso, da conseguirsi per quanto possibile entro un dato periodo di tempo.

OBIETTIVO A LUNGO TERMINE: concentrazione di ozono nell'aria al di sotto della quale si ritengono improbabili, in base alle conoscenze scientifiche attuali, effetti nocivi diretti sulla salute umana e sull'ambiente nel suo complesso. Tale obiettivo è conseguito nel lungo periodo, sempreché sia realizzabile mediante misure proporzionate, al fine di fornire un'efficace protezione della salute umana e dell'ambiente.

SOGLIA DI ALLARME: livello di ozono 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 le misure previste dall'articolo 10 del D.Lgs. 155/2010.

SOGLIA DI INFORMAZIONE: livello di ozono 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 le misure previste dall'articolo 10 del D.Lgs. 155/2010.

MEDIA MOBILE SU 8 ORE MASSIMA GIORNALIERA: è determinata esaminando le medie consecutive su 8 ore di ozono, calcolato in base a dati orari e aggiornate ogni ora. Ogni media su 8 ore in tal modo calcolata è assegnata al giorno nel quale la stessa termina; conseguentemente, la prima fascia di calcolo per ogni singolo giorno è quella compresa tra le ore 17:00 del giorno precedente e le ore 16:00 e le ore 24:00 del giorno stesso.

Tabella 1 all. 5 OSSIDI DI AZOTO – normativa e limiti (D.Lgs. 155/2010)

NO₂-NO_x	Periodo di Mediazione	Valore limite
Valore limite orario per la protezione della salute umana.	1 ora	200 µg/m ³ NO ₂ da non superare più di 18 volte per l'anno civile.
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m ³ NO ₂
Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	Anno civile	30 µg/m ³ NO _x
Soglia di allarme	Anno civile Superamento di 3 ore consecutive	400 µg/m ³ NO ₂

Tabella 2 all. 5 Materiale particolato PM_{2,5} – normativa e limiti (D.Lgs. 155/2010)

PM_{2,5}	Periodo di mediazione	Valori limite	Data alla quale il valore limite deve essere raggiunto
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	25 µg/m ³	1.01.2015
Obbligo di Concentrazione di esposizione per evitare effetti nocivi sulla salute umana	Anno civile	20 µg/m ³	1.01.2015
Valore Obiettivo per la protezione della salute umana	Anno civile	25 µg/m ³	01.01-2010

Tabella 3 all. 5 Materiale particolato PM10 – normativa e limiti (D.Lgs. 155/2010)

	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m ³ PM10 da non superare più di 35 volte per anno civile
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m ³ PM10

Tabella 4 all. 5 BISSIDO DI ZOLFO – normativa e limiti (D.Lgs. 155/2010)

	Periodo di mediazione	Valore limite
Valore limite orario per la protezione della salute umana.	1 ora	350 µg/ m ³ da non superare più di 24 volte per l'anno civile.
Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	125 µg/ m ³ da non superare più di 3 volte per anno civile
Livello critico per la protezione della vegetazione	Anno civile	20 µg/m ³
Livello critico per la protezione della vegetazione	Livello critico invernale (1 ottobre – 31 marzo)	20 µg/m ³
Soglia di allarme	Anno civile Superamento di 3 ore consecutive	500 µg/m ³

Tabella 5 all. 5 BENZENE – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI e s.m.i.).

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore Limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	5 µg/m ³

Tabella 6 all. 5 Arsenico, Cadmio, Nichel e Piombo Valori di riferimento (Valori Obiettivo e Valori Limite D.Lgs. 155/2010 all. XI – XIII e s.m.i)

metallo	VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori limite
Piombo	Valore Limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	0,5 µg/m ³
Arsenico	Valore Obiettivo annuale	Anno civile	6,0 ng/m ³
Cadmio	Valore Obiettivo annuale	Anno civile	5,0 ng/m ³
Nichel	Valore Obiettivo annuale	Anno civile	20,0 ng/m ³

Tabella 7 all. 5 metalli in aria ambiente Valori di riferimento (UK Environment Agency)

metallo	VALORE DI RIFERIMENTO	Valori limite UK µg/m ³
Argento	Valore Limite annuale in aria ambiente	0,1
Alluminio		20
Bario		5
Berillio		0,004
Cobalto		0,2
Cromo		5
Rame		10
Ferro		10
Manganese		1
Platino		50
Rodio		1
Antimonio		5
Selenio		1,0
Tellurio		1
Titanio		40
Tallio		1
Vanadio		5
Zinco		50