



ARPAT

Agenzia regionale
per la protezione ambientale
della Toscana

PROVINCIA DI SIENA

**CAMPAGNA DI MISURAZIONE DELLA
QUALITÀ DELL'ARIA
LABORATORIO MOBILE
ANNO 2012-13**

**CASTELLINA SCALO
COMUNE DI MONTERIGGIONI**

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



Regione Toscana



ARPAT

Agenzia regionale
per la protezione ambientale
della Toscana

PROVINCIA DI SIENA

Campagna di Misurazione della qualità dell'aria. Laboratorio mobile.
Anno 2012-2013

CASTELLINA SCALO COMUNE DI MONTERIGGIONI

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

31 MARZO 2014

SINTESI

La presente campagna di misurazione a Castellina Scalo nel Comune di Monteriggioni, è stata realizzata in attuazione del piano di utilizzo dell'autolaboratorio per il periodo 2012-2013 programmato dall'Amministrazione Provinciale di Siena, Comune di Monteriggioni, e Dipartimento ARPAT di Siena.

Il contesto messo in rilievo dalla campagna di misurazione è caratterizzato da un esteso rispetto dei valori limite, sia per quelli fissati a tutela della salute umana, sia per quelli fissati a tutela della vegetazione (quest'ultimi sono cogenti esclusivamente per le postazioni rurali). In particolare, alcuni inquinanti come monossido di carbonio, benzene e biossido di zolfo registrano valori largamente inferiori al 50 % del relativo limite. Materiale particolato PM10 e PM2,5 e biossido di azoto, mediamente, si collocano su valori, attorno al 37 % del relativo valore limite.

Si riscontra nella zona, la peculiarità di variazioni stagionali di materiale particolato PM10 e di monossido di carbonio, tendenzialmente più elevate in primavera ed estate. Questo andamento è incoerente alle variazioni temporali di questi agenti inquinanti, che, generalmente, in ambito urbano, presentano livelli di concentrazione più elevati nei mesi invernali ed autunnali sia nei siti di tipo traffico che nei siti di fondo.

Il raffronto con i valori degli indicatori elaborati nella precedente campagna di rilevamento spot effettuata nel territorio comunale mediante mezzo mobile (postazione di misurazione Strada di Gabbricce anno 2008), pur se limitato da una copertura temporale ristretta (stagione della primavera), mette in rilievo l'assenza di variazioni spaziali significative e variazioni temporali, sostanzialmente stabili od addirittura in riduzione.

Rispetto alle stazioni di misurazione fisse di Poggibonsi - Via de Amicis (urbana-fondo) e Siena - Due Ponti (urbana-traffico), la valutazione dei dati puntuali (orari e giornalieri) e degli indicatori di qualità dell'aria (registrati nello stesso periodo di osservazione della presente campagna di misurazione indicativa), fa emergere che i livelli di concentrazione di Castellina Scalo sono inferiori od equivalenti alla stazione di Poggibonsi e largamente inferiori alla stazione di traffico di Due Ponti (-42 % biossido di azoto, -60 % ossidi di azoto totali, -45 % materiale particolato PM10). Si fa presente che i valori degli indicatori elaborati per l'interno anno 2012 dalle stazioni fisse di Via De Amicis e Due Ponti hanno fornito una situazione conformità ai rispettivi valori limite.

Sommario

Introduzione.....	6
1- Postazione di misurazione	6
2. Piano di utilizzo dell'autolaboratorio	8
3. Inquinanti monitorati	9
4. Riferimenti Normativi.....	9
5. Obiettivo di qualità dei dati	10
Raccolta minima dei dati.....	10
Periodo di copertura	11
6. Dati rilevati nella campagna di misurazione.....	11
6.1 Confronto con i valori limite definiti dalla normativa.....	12
6.2 Confronto con i valori degli indicatori relativi alla precedente campagna di misurazione nel territorio comunale	15
6.3 Confronto con i livelli rilevati dalle stazioni di misurazione di Via De Amicis e Due Ponti	16
6.4 Materiale particolato PM2,5.....	16
7- Valutazione dei risultati.....	17
Raffronto con i livelli registrati dalla stazione di misurazione fissa di Via De Amicis e Due Ponti.....	18
Andamenti temporali.....	19
Giorno tipo.....	19
Distribuzione dei livelli di concentrazione grafici box-plot.....	20
Distribuzione in classi di concentrazione	20
8 - Considerazioni riassuntive e finali	20
Allegato 1. Elaborazioni integrative.....	22
1.1 Andamenti orari dei livelli di concentrazione	22
1.2 Giorni tipo	25
1.3 Andamenti stagionali 2012 – 2013	27
1.4 Confronto con gli andamenti registrati dalla stazione fisse di Via De Amicis e Due Ponti	29
Biossido di azoto NO ₂ – valori medi orari	29
Materiale particolato PM10 - valori medi giornalieri	29
Materiale particolato PM2,5- valori medi giornalieri	30
1.5 Grafici a dispersione Castellina Scalo/Via De Amicis/Due Ponti	30
Materiale Particolato PM10.....	30
Materiale Particolato PM2,5.....	31
1.6 Distribuzione dei livelli di concentrazione – grafici box-plot.....	32
1.7 Distribuzione in classi di concentrazione.....	37

<i>Allegato 2. Elaborazione dei dati meteorologici</i>	<i>45</i>
<i>Allegato 3. Caratteristiche tecniche analizzatori/sensori</i>	<i>49</i>
<i>Allegato 4. Meccanismi di formazione degli inquinanti</i>	<i>50</i>
<i>Allegato 5. Limiti normativi</i>	<i>53</i>

Introduzione

La presente campagna di misurazione Castellina Scalo nel Comune di Monteriggioni, è stata realizzata in attuazione del piano di utilizzo dell'autolaboratorio per il periodo 2012-2013 programmato dall'Amministrazione Provinciale di Siena, Comune di Monteriggioni e Dipartimento ARPAT di Siena.

La zona del Comune di Monteriggioni, è stata monitorata in precedenza, mediante una campagna di misurazione spot con il mezzo mobile presso la postazione di Strada di Gabbricce tra i mesi di febbraio e marzo 2008.

Il processo di monitoraggio della qualità dell'aria è inserito nel sistema di gestione per la qualità di ARPAT mediante il documento di processo DP SGQ.099.016 "Monitoraggio della qualità dell'aria mediante reti di rilevamento".

Il sistema di gestione per la qualità di ARPAT è certificato dal CERMET (registrazione n° 3198-A) secondo le UNI EN ISO 9001:2008.

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 Poggibonsi Via de Amicis (stazione classificata urbana - fondo) e di Siena Due Ponti (stazione classificata urbana – traffico).

Questa metodologia di confronto 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 messo a confronto con quello relativo alle stazioni fisse di Via de Amicis e di Due Ponti, quest'ultime riferite ad una serie di misure più solide perché continuative nell'arco dell'anno.

1- Postazione di misurazione

L'autolaboratorio è stato posizionato a Castellina Scalo nell'area del parcheggio pubblico del cimitero, a margine di Via XXV Aprile, strada a traffico locale, con interdizione al traffico pesante.

Tabella 1.1 informazioni generali postazione di misurazione

Nome Postazione	Monteriggioni – Castellina Scalo
Coordinate Geografiche (gradi, minuti, secondi)	LONG E 11°, 12', 08,7 " LAT N 43°, 24', 10,9"
Quota (metri s.l.m.)	235
Altezza punto di campionamento (mt)	2,5
Tipologia della postazione di misurazione	periferica
Periodo Osservazione	21 agosto 2012 – 14 maggio 2013

Mappa 1.1 – caratterizzazione geografica della zona



2. Piano di utilizzo dell'autolaboratorio

Al fine di ottenere dati rappresentativi che considerino le variazioni temporali in funzione delle condizioni meteorologiche, responsabili dei fenomeni di dispersione e di diluizione degli inquinanti, l'indagine è stata articolata in campagne stagionali dalla durata indicativa di circa 17 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 pari almeno al 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 Siena Castellina Scalo sono stati effettuati complessivamente 67 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 Castellina Scalo nell'intervallo temporale 21 agosto 2012 - 14 maggio 2013:

tabella 2.1 piano di utilizzo autolaboratorio postazione Monteriggioni- Castellina Scalo

Stagione	Periodo	numero giorni
Estate 2012	21/8 – 02/09/2012	13
Autunno 2012	30/10 – 15/11/2012	17
Inverno 2013	29/1 – 14/2/2013	17
Primavera 2013	25/4 – 14/5/2013	20
TOTALE		67

3. Inquinanti monitorati

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

ossidi di azoto (NO-NO_x-NO₂),

ozono (O₃),

monossido di carbonio (CO),

materiale particolato con diametro aerodinamico inferiore a 10 ed a 2,5 µm

(PM₁₀ - PM_{2,5}),

biossido di zolfo (SO₂),

idrocarburi aromatici - benzene (C₆H₆), toluene (C₇H₈), etilbenzene (C₈H₁₀) orto-meta xilene e para xilene,

ed i parametri meteorologici di direzione e velocità del vento nonché di temperatura ed umidità dell'aria.

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 la misura del materiale particolato PM₁₀-PM_{2,5} è stato utilizzato lo strumento automatico bicanale SWAM Mod. D.C. 5a, n. serie 292, prodotto dalla ditta FAI, Italia, basato sul principio di misura dell'attenuazione di raggi β, mezzo di filtrazione rappresentato da membrane in fibra di vetro. Lo strumento non effettua il riscaldamento della linea di prelievo e del filtro di campionamento, i quali sono mantenuti alla temperatura ambiente. Sono stati impiegati i dispositivi di separazione granulometrica PM₁₀ (FAI) e PM_{2,5} (Zambelli) conformi alle specifiche previste delle norme tecniche europee UNI EN 12341 e UNI EN 14907.

Il monitoraggio del benzene è stato effettuato mediante lo strumento automatico CHROMATOTEC Mod. AIRTOXIC basato sulla tecnica analitica della gascromatografia e rivelatore PID.

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

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 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.

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 (67 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 1.608 dati orari teorici). Una parte dei dati è inevitabilmente perduta per le attività di controllo automatico giornaliero, 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	CO	NO ₂	O ₃	PM10	PM2,5	C ₆ H ₆	SO ₂	DV	VV	TEMP	UMR
Monteriggioni Castellina Scalo	83	96	100	100	100	90	96			100	

CO = monossido di carbonio

NO₂ = biossido di azoto

O₃ = ozono

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

SO₂ = biossido di zolfo

C₆H₆ = benzene

DV = direzione vento

VV = velocità vento

TEMP = temperatura dell'aria

UMR = umidità dell'aria

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 97 %) 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, per la prevalenza dei casi, 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. Si fa presente che questo analizzatore è escluso dai disciplinari sottoscritti fra Provincia di Siena ed ARPAT, sia per l'anno 2012, sia per l'anno 2013; nello specifico, l'anomalia che ha determinato la perdita di dati per alcuni giorni è stata originata da una instabilità strumentale insorta all'inizio di un periodo di festività (giovedì 1 novembre 2012) e che tuttavia è stata risolta entro i termini del contratto di manutenzione (la relativa richiesta di intervento, è stata attivata il primo giorno lavorativo utile, ovvero lunedì 5 novembre).

Periodo di copertura

Il periodo di copertura (su base annuale) raggiunto in relazione al piano di utilizzo predisposto per la postazione di misura in oggetto (67 giorni distribuiti nell'anno) pari al 18 %, è conforme ai criteri degli obiettivi di qualità dei dati definiti per le misure indicative dall'allegato 1 del D.Lgs. 155/2010 e dall'allegato I della Direttiva 2008/50/CE del Parlamento e del Consiglio Europeo (periodo minimo di copertura di riferimento = 14 %).

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 limiti di legge;
- confronto con i valori rilevati nella precedente campagna di misurazione spot effettuata nel territorio comunale, postazione di Strada di Gabbricce (2008) ;
- confronto con i valori degli indicatori registrati dalle stazioni fisse di Poggibonsi Via de Amicis e Siena Due Ponti.
- andamenti temporali degli inquinanti monitorati;
- giorni tipo benzene, biossido di azoto, biossido di zolfo ed ozono;
- andamenti stagionali degli indicatori;
- grafici box-plot;
- distribuzione in classi di concentrazione.

Standardizzazione

Tutti i valori di concentrazione espressi in unità di massa (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 e PM2,5 il cui volume di campionamento si riferisce alle condizioni ambiente in termini di temperatura e di pressione atmosferica alla data delle misurazioni.

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 Castellina Scalo nell'intera campagna 2012- 2013

CO mg/m^3	NO₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	NOx $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM_{2,5} $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Benzene $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Toluene $\mu\text{g}/\text{m}^3$	SO₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	O₃ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
0,2	17	23	15	9	0,5	1,1	2	47

CO = monossido di carbonio

NO₂ = biossido di azoto

NOx = ossidi di azoto totali

PM10 = materiale particolato PM10

PM2,5= materiale particolato PM2,5

SO₂ = biossido di zolfo

O₃ = ozono

6.1 Confronto con i valori limite definiti dalla normativa

Periodo di osservazione: dal 21 agosto 2012 al 15 maggio 2013.

Indicatori significativi per la salute umana

Tabella 6.1.1 indicatori di protezione della salute umana

INDICATORE	Monteriggioni – Castellina Scalo 21/08/2012 – 15/05/2013	LIMITE
NO ₂ Max Orario (µg/m ³)	64	200
NO ₂ Media (µg/m ³)	17	40
CO max media mobile 8 Ore (mg/m ³)	0,8*	10
O ₃ media mobile 8 ore (µg/m ³)	114	120
O ₃ Max 1 Ora (µg/m ³)	123	180
PM10 90,4° percentile valori medi giornalieri	24	50
PM10 Media (µg/m ³)	15	40
PM2,5 Media (µg/m ³)	9	25
SO ₂ Max Media giornaliera (µg/m ³)	5	125
SO ₂ Max Orario (µg/m ³)	7	350
C ₆ H ₆ Media (µg/m ³)	0,5	5

CO = monossido di carbonio

NO₂ = biossido di azoto

NO_x = ossidi di azoto totali

O₃ = ozono

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

SO₂ = biossido di zolfo

C₆H₆ = benzene

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

* raccolta minima dei dati inferiore a quanto previsto all'allegato I D.Lgs. 155/2010 e smi (previsto: ≥ 90 % - ottenuto: 83 %).

OZONO – Numero giorni di superamento del valore obiettivo – Indicatore media mobile di 8 ore

Tabella 6.1.2 numero di giorni di superamento dell'indicatore della media mobile di 8 ore

Postazione di misurazione	n° giorni superamento media mobile 8 ore
Monteriggioni – Castellina Scalo	0
superamenti ammessi (media di 3 anni)	25

Indicatori di protezione della vegetazione (NOx)

Tabella 6.1.4 media annuale ossido di azoto NOx espressi come NO₂

Postazione di misurazione	Castellina Scalo	LIMITE
NOx media (µg/m ³)	23	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.

Grafico 6.1.1 istogramma valori degli indicatori di qualità dell'aria ozono, biossido di azoto, ossidi di azoto, materiale particolato PM10 e PM2,5, biossido di zolfo e benzene

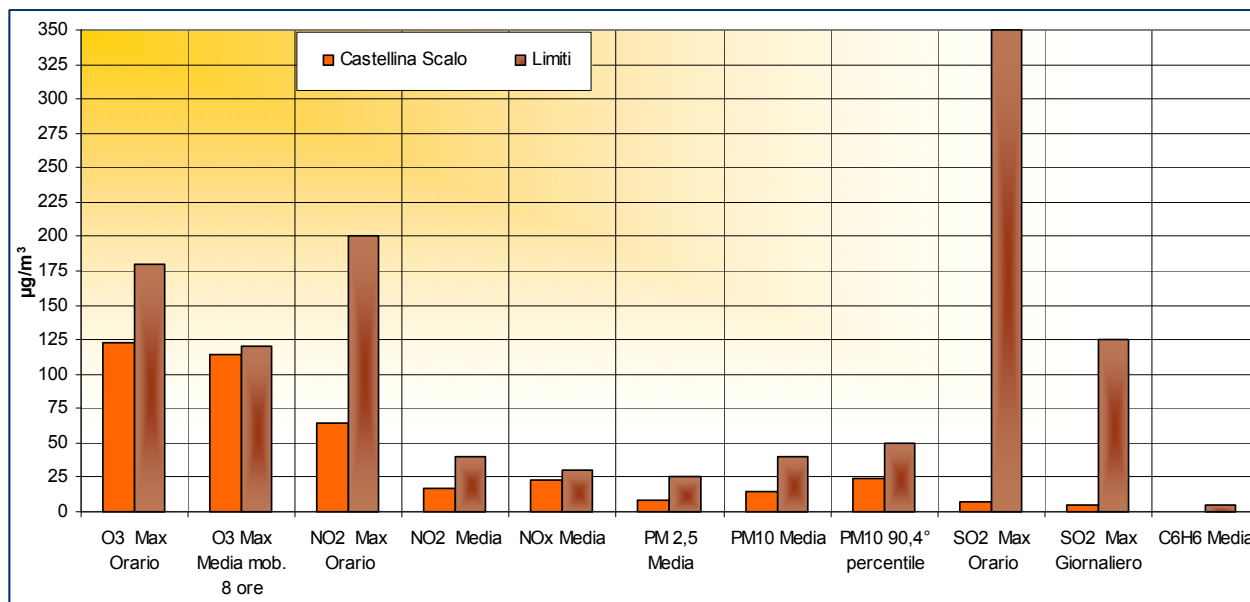
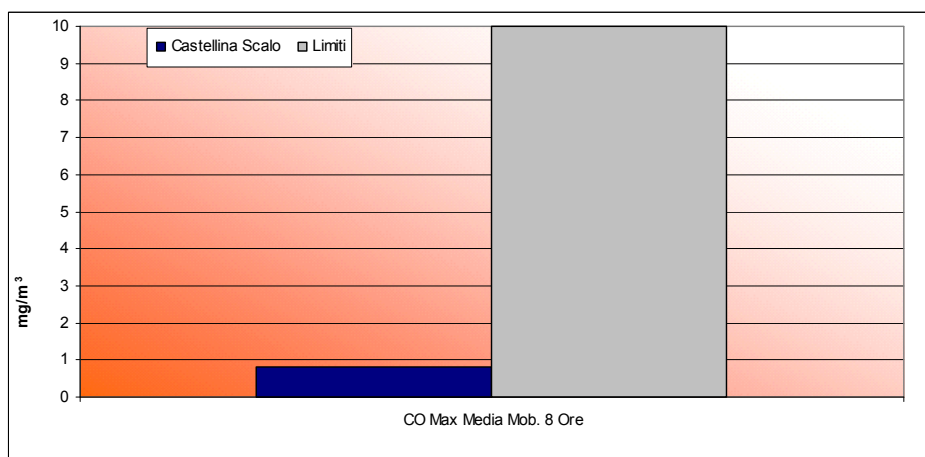


Grafico 6.1.2 istogramma valori degli indicatori di qualità dell'aria monossido di carbonio

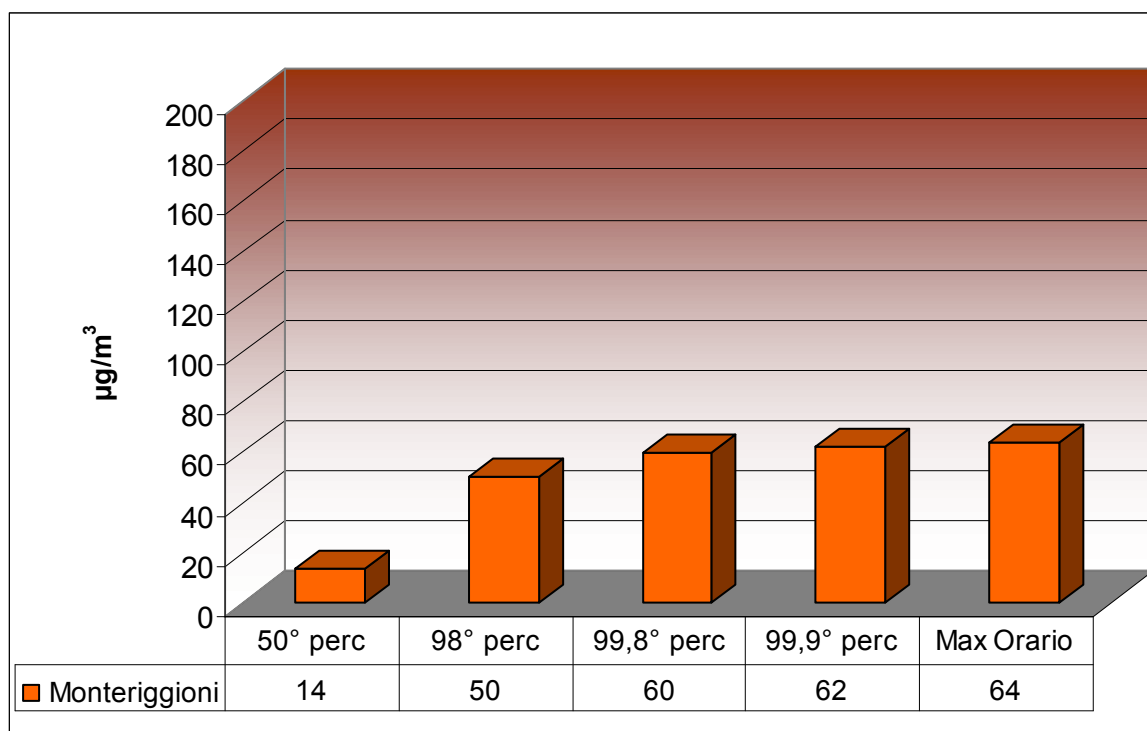


Valori dei percentili di biossido di azoto (NO₂)

L'elaborazione mette in evidenza la distribuzione dei valori dei percentili di biossido di azoto riferiti alle concentrazioni orarie. Al fine di valutare l'entità dei valori mostrati, va tenuto presente che la precedente legislazione, oggi abrogata, prevedeva per il 98° percentile un valore limite di 200 µg/m³ e per il 50° percentile, un valore guida di 50 µg/m³. La normativa vigente prevede per i dati mostrati nell'istogramma, il solo valore limite per l'indicatore del valore massimo orario (200 µg/m³). Si fa presente che il valore del 99,8° percentile delle concentrazioni orarie di NO₂, elaborato su base annuale (8760 dati orari teorici disponibili) rappresenta l'indicatore specifico che considera il taglio dei 18 valori (che rappresentano lo 0,2 % dei dati annuali) consentiti in un anno dalla norma come superamento del valore limite su base oraria.

I dati dei percentili elaborati per la presente campagna di misurazione, sono largamente inferiori ai corrispettivi valori di riferimento.

Grafico 6.1.3 istogramma valori degli indicatori dei percentili di biossido di azoto



6.2 Confronto con i valori degli indicatori relativi alle precedenti campagne di misurazione nel territorio comunale

Nelle tabelle che seguono si riporta in dettaglio il confronto tra gli indicatori di qualità dell'aria relativi alla campagna di misurazione spot Strada di Gabbricce, effettuata con mezzo mobile dal 22 febbraio al 18 marzo 2008. Poiché la campagna effettuata nell'anno 2008, per sua natura, è caratterizzata da una copertura temporale limitata, al fine di effettuare una comparazione più omogenea possibile, sono stati utilizzati i soli dati della primavera 2013 misurati dalla postazione di Castellina Scalo.

Grafico 6.2.1 istogramma valori degli indicatori di qualità dell'aria Castellina Scalo 2012-2013 e campagna Strada di Gabbricce (2008), - ozono, biossido di azoto, materiale particolato PM10, ed biossido di zolfo

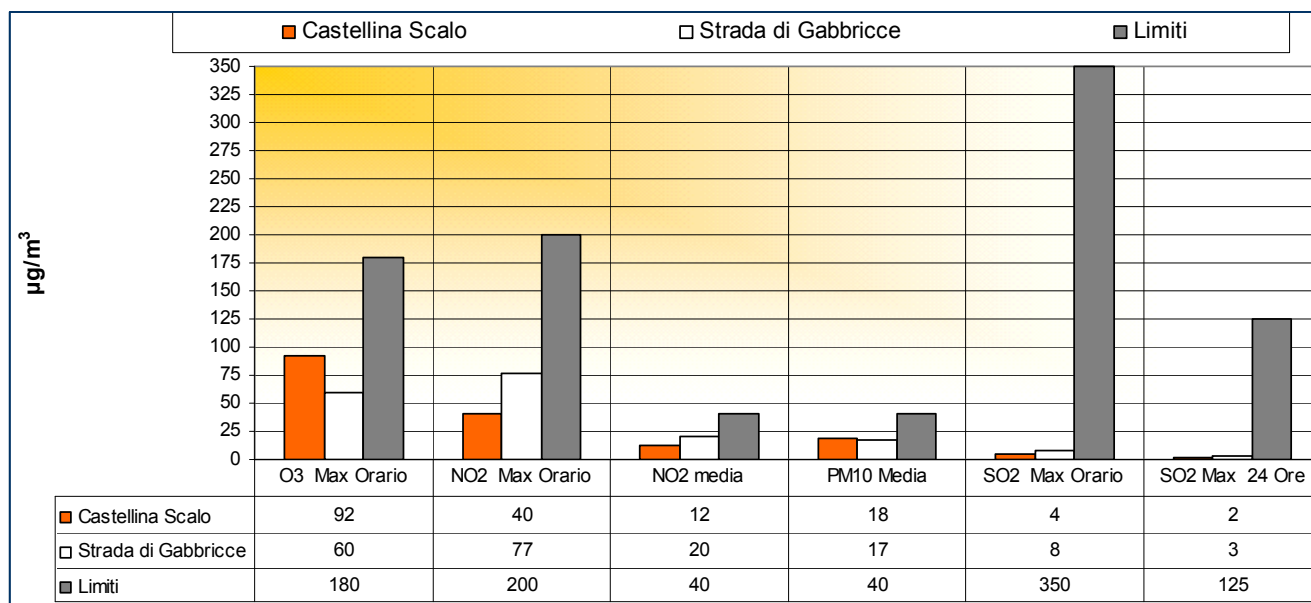
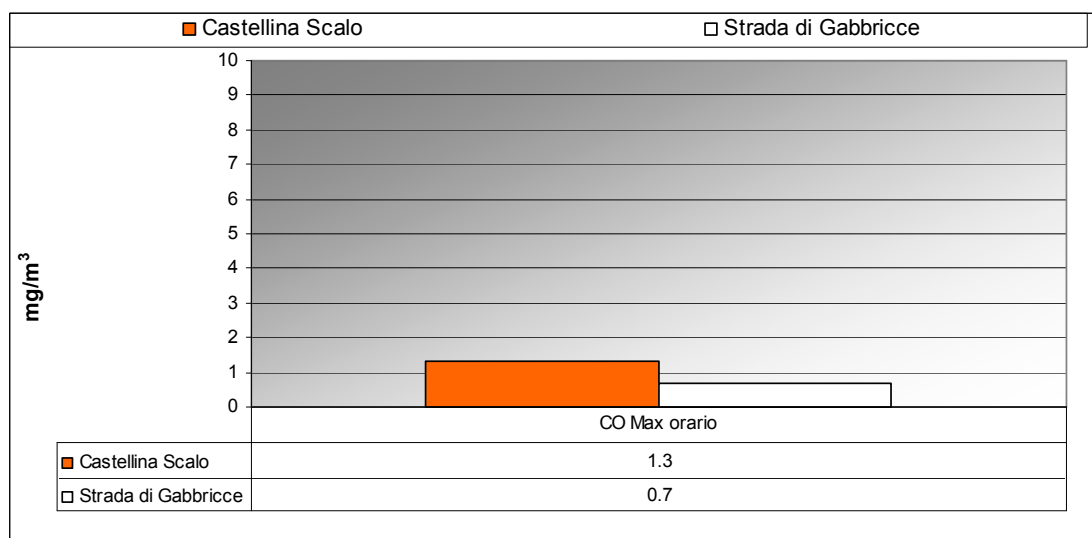


Grafico 6.2.2 istogramma valori degli indicatori di qualità dell'aria Castellina Scalo 2012-2013 e campagna Strada di Gabbricce (2008) - monossido di carbonio



CO = monossido di carbonio

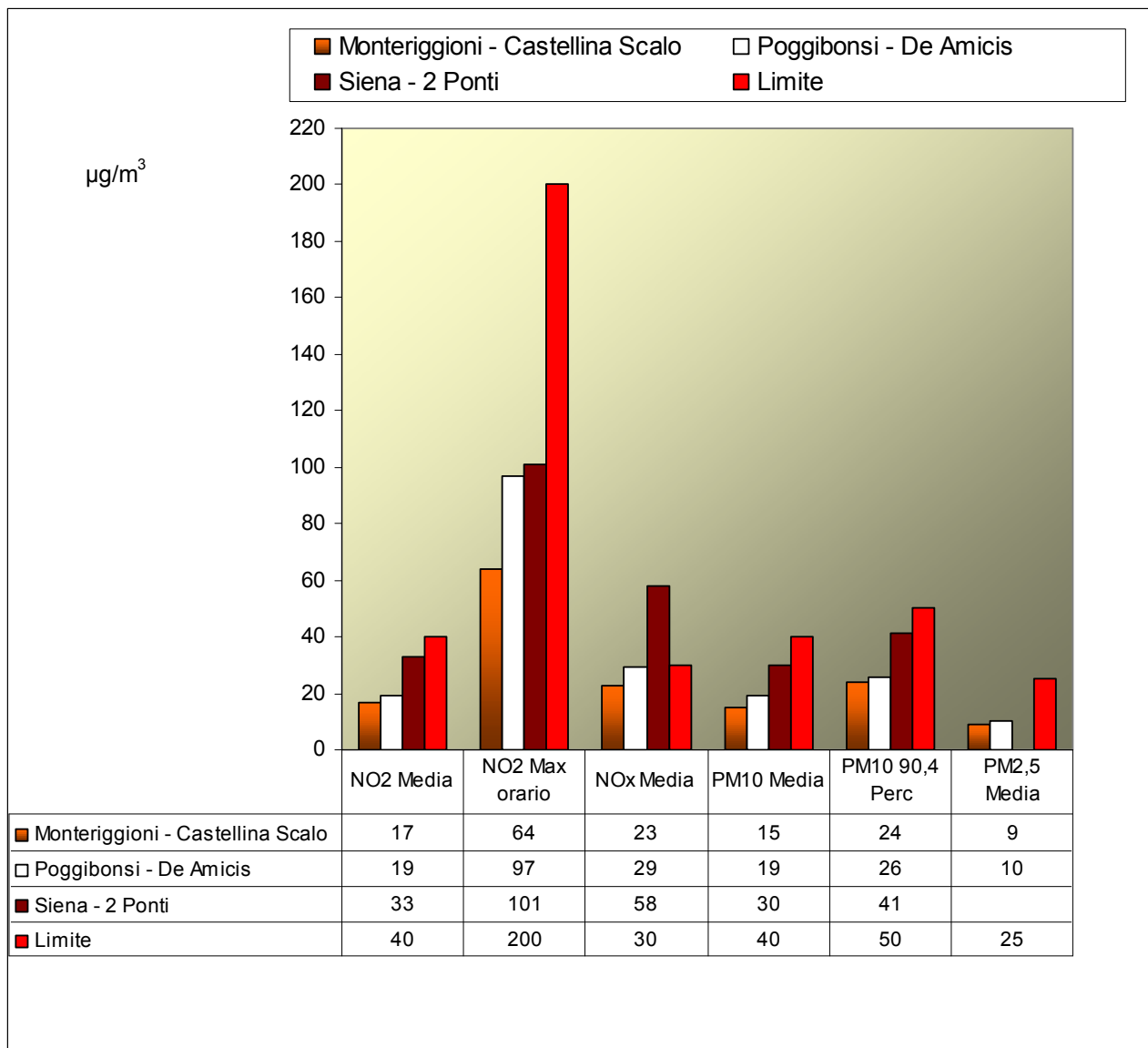
NO₂ = biossido di azoto

O₃ = ozono

PM10 = materiale particolato PM10 SO₂ = biossido di zolfo

6.3 Confronto con i livelli rilevati dalle stazioni di misurazione di Via De Amicis e Due Ponti

grafico 6.3.1. istogramma valori degli indicatori di NO₂, NO_x, PM10, PM2,5 Viale Diaz, Via De Amicis, Due Ponti



NO₂ = biossido di azoto

NO_x = ossidi di azoto totali

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

6.4 Materiale particolato PM2,5

Tabella 6.4.1 valori indicatori PM2,5 campagna 2012/2013

Postazione di misurazione	media $\mu\text{g}/\text{m}^3$	valore massimo giornaliero $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Castellina Scalo - Monteriggioni	9	18

Il valore medio annuale di PM2,5 misurato, è inferiore, sia al valore limite ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - in vigore al 1 gennaio 2015) sia al valore obiettivo ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - da raggiungersi al 1° gennaio 2010) previsti dal D.Lgs. 155/2010.

A differenza del materiale particolato PM10, la legislazione non definisce valori limite per l'indicatore relativo alla media giornaliera di PM2,5; per questo indice è stato fissato un valore guida dall'OMS pari a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ finalizzato alla prevenzione delle malattie derivanti dall'esposizione di questo agente inquinante.

Nella postazione di Castellina Scalo non sono stati registrati casi di superamento del valore Guida OMS. Nello stesso periodo di osservazione, anche la stazione di misurazione di Poggibonsi Via De Amicis non ha registrato casi di superamento del valore guida OMS; se si considera invece l'intero anno civile, nell'anno 2012 la stazione di Poggibonsi ha registrato 8 giorni di superamento del Valore Guida OMS, mentre nell'anno 2013 i giorni di superamento sono stati 27.

7- Valutazione dei risultati

Gli indicatori di qualità dell'aria a tutela della salute umana elaborati per la campagna di misurazione della postazione di Castellina Scalo sono conformi ai valori limite previsti dalla normativa vigente.

Si riscontra inoltre, che per alcuni inquinanti, quali **monossido di carbonio - CO**, **biossido di zolfo - SO₂** e **benzene**, l'ordine di grandezza dei livelli di concentrazione si attesta decisamente al di sotto del 50 % dei rispettivi valori limite (Tabella 6.1.1 indicatori di protezione della salute umana).

Per quanto attiene il materiale particolato **PM2,5** (Tabella 6.4.1.), il valore medio dell'intera campagna di misurazione è inferiore (-64 %) al valore obiettivo da raggiungersi al 1° gennaio 2010 (media annuale pari a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ed al valore limite che sarà in vigore il 1 gennaio 2015 (media annuale pari a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Commenti specifici sul valore guida OMS relativo alla media giornaliera sono riportati al paragrafo 6.4.

Il materiale particolato **PM10** (Tabella 6.1.1), presenta una situazione equivalente a quella vista sopra per il PM2,5, poiché registra, valori degli indicatori di protezione della salute umana inferiori ai relativi limiti [media dell'intera campagna di misurazione: -62 % (limite media annuale = $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$); 90,4° percentile delle concentrazioni giornaliere: -52 % (limite = $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Entrambi gli indicatori di **biossido di azoto** (Tabella 6.1.1), registrano valori inferiori (valore massimo orario -68 %; media -57 %) al limite. L'esame dei valori orari degli indicatori statistici dei percentili elaborati nel Grafico 6.1.3, mette in evidenza anche la piena coerenza ad indicatori attualmente non cogenti, ma che danno un valore aggiunto positivo al contesto esaminato (valore guida relativo al 50° Percentile e 99,8° Percentile).

L'indicatore relativo alla media annuale degli **ossidi di azoto - NOx** (espressi come NO₂) – (Tabella 6.1.3) è inferiore al valore limite; questo indicatore è finalizzato alla **protezione della vegetazione** ed ha valenza solo per le stazioni di misurazione suburbane, rurali e rurali di fondo. Solitamente al di fuori delle zone rurali, questo indicatore non è mai rispettato; nel caso specifico, si assiste invece ad un'inversione di tendenza di questa consolidata situazione

Per quanto attiene l'**ozono** (Tabella 6.1.2), non sono stati registrati casi di superamento del valore bersaglio di protezione della salute umana (indicatore della media mobile di 8 ore massima giornaliera); la norma consente il superamento di questo indice per 25 giorni all'anno (come media di 3 anni). Non sono stati registrati inoltre superamenti della soglia di informazione (valore orario = 180 µg/m³). Tuttavia, considerato che la presente campagna è riferita a misure indicative basate su campagne stagionali discontinue, che determinano necessariamente una copertura temporale limitata anche se rappresentativa, non è tecnicamente corretto effettuare la valutazione di conformità di questo indicatore; considerato però che la distribuzione spaziale dell'ozono a livello zonale è da ritenersi sostanzialmente omogenea, si può considerare la situazione rilevata dalle stazioni di misurazione fisse di Casa Stabbi (Comune di Chitignano – Arezzo) e Montecerboli (Comune di Pomarance – Pisa), ubicate nella stessa zona "Collinare Montana" (prevista dalla DGRT 1025/2010) di Castellina Scalo, le quali hanno registrato nel triennio 2010-2012, un numero di giorni medi di superamento dell'indicatore, difforme ai casi ammessi dalla normativa (25 giorni ammessi come media di tre anni).

In merito alla precedente campagna di misurazione spot effettuata nel territorio comunale (strada di Gabbricce periodo di osservazione 2008 - Tabella 6.2.1), si rileva una situazione contraddistinta, in relazione alla tipologia degli inquinanti, da stazionarietà od in alcuni casi, da miglioramento. Sotto il profilo temporale, sono sostanzialmente equivalenti i valori degli indicatori relativi alla media di PM10 ed al valore massimo orario di biossido di zolfo, sono invece diminuiti gli indicatori relativi al biossido di azoto (media -40 %, valore massimo orario -48 %) ed al valore massimo orario di biossido di zolfo (-50 %). Si rileva inoltre, che le variazioni spaziali a livello comunale sono da ritenersi poco significative. Queste valutazioni sono tuttavia da considerarsi indicative, in particolare per gli indicatori che esprimono i valori massimi, poiché il raffronto si basa su valori ottenuti da un set di dati dalla copertura temporale limitata (unicamente i dati della primavera, in relazione al periodo di osservazione della campagna spot strada di Gabbricce).

Raffronto con i livelli registrati dalle stazioni di misurazione fisse di Via De Amicis e Due Ponti

Per quanto attiene i valori degli indicatori di qualità dell'aria (grafico 6.3.1.), la postazione di Castellina Scalo, presenta, da un lato valori sempre più bassi della stazione di Siena Due Ponti e dall'altro, valori simili o più bassi della stazione di Poggibonsi. In particolare, la stazione di misurazione fissa di Siena Due Ponti (urbana-traffico) presenta valori mediamente più elevati del 42 % per il biossido di azoto (media +48 %; valore massimo orario +37 %) e del 45 % per il materiale particolato PM10 (media +50 %; 90,4° percentile +41 %); anche gli ossidi di azoto totali NOx sono più elevati del 60 %. Più coerentemente rispetto a quanto valutato sopra, la differenza con la stazione di fondo urbana di Poggibonsi via De Amicis, si fa invece meno evidente: effettivamente, gli indicatori relativi al 90,4° percentile di PM10 ed alla media di biossido di azoto e di materiale particolato PM2,5, sono sostanzialmente equivalenti, mentre sono più bassi gli indicatori relativi al valore massimo orario di biossido di azoto ed alla media di materiale particolato PM10 e degli ossidi di azoto totali. Per quest'ultimo caso, la stazione di misurazione di Poggibonsi, registra valori più elevati sia per l'indicatore relativo al massimo orario di biossido di azoto (+34 %), sia per gli indicatori della media degli ossidi di azoto totali – NOx e di PM10 (+21 %).

In relazione alle elaborazioni grafiche effettuate con le due stazioni fisse viste sopra, riguardanti, il raffronto fra gli andamenti temporali dei valori orari di biossido di azoto (grafico 1.4.1.) e dei valori medi giornalieri di materiale particolato PM10-PM2,5 (grafico 1.4.2.-3), si rileva che le variazioni temporali dei livelli di concentrazione sono caratterizzate dagli stessi

andamenti. Inoltre, relativamente al materiale particolato, si evidenzia che gli andamenti giornalieri di PM10 registrati a Castellina Scalo sono caratterizzati da livelli di concentrazione equivalenti a quelli della stazione di Poggibonsi nelle stagioni dell'estate e della primavera, mentre nelle stagioni dell'inverno e dell'autunno sono più bassi. Per quanto attiene il PM2,5, la situazione risulta simile a quella vista per il PM10, con la variante che nella stagione dell'estate, i livelli di concentrazione giornalieri registrati a Castellina Scalo sono addirittura più elevati della stazione di Poggibonsi.

Le correlazioni dei valori medi giornalieri di materiale particolato PM10-PM2,5 (Allegato 1, grafico 1.5.1.-3) sono definite da coefficienti di correlazione, in particolare del PM10, accettabili e poco diversi fra loro (PM10: coefficiente correlazione delle concentrazioni medie giornaliere Castellina Scalo/De Amicis $R^2 = 0,62$ - Castellina Scalo/Due Ponti $R^2 = 0,59$).

Andamenti temporali

Gli andamenti dei valori orari e giornalieri (Allegato 1, grafici 1.1.1-7), 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 dell'autunno per benzene, biossido di azoto e biossido di zolfo, e nella primavera e nell'estate per materiale particolato PM10-PM2,5 e monossido carbonio (i venti prevalenti in queste due stagioni provengono da Est-Sud-Est). Benzene e toluene, registrano inoltre un isolato livello di picco nel mese di maggio (benzene: $6,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ il 7 maggio 2013 alle ore 8; toluene: $22,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ il 7 maggio 2013 alle ore 9). I valori orari di toluene sono tuttavia significativamente inferiori al valore limite per la media oraria fissato dall'Horizontal Guidance note IPPC H1, UK Environment Agency 6/07/03 (la legislazione nazionale ed europea che disciplina la qualità dell'aria non ha fissato valori limite per questo agente inquinante nell'aria ambiente) pari a $8000 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Sostanzialmente speculari a quanto rilevato sopra le variazioni stagionali degli indicatori di qualità dell'aria della prevalenza degli inquinanti, giacché registrano valori più elevati nelle stagioni dell'inverno e dell'autunno per benzene, biossido di azoto e biossido di zolfo, e nella primavera e nell'estate per materiale particolato PM10-PM2,5 e monossido carbonio.

Giorno tipo

Dalle elaborazioni inerenti il giorno tipo (Allegato 1, grafici 1.2.1-4) si rileva:

- biossido di azoto – andamenti medi caratteristici nel quale sono ben evidenti i livelli massimi stagionali. Si nota la presenza di livelli di picco più elevati nelle stagioni dell'inverno e dell'autunno riferiti alla mattina (fascia oraria 9 - 10) ed alla sera (fascia oraria 19 - 20) coincidenti con le attività tipicamente antropiche. Nelle stagioni della primavera e dell'estate il picco relativo alle ore serali tende a decrescere ed è superato dal picco della mattina;
- benzene – gli andamenti medi stagionali relativi a questo agente inquinante sono caratterizzati da livelli più appiattiti rispetto al biossido di azoto, con livelli massimi più elevati nelle stagioni dell'inverno e dell'autunno contraddistinti, in particolare nell'inverno, alla tendenza all'incremento solo alla sera (ore 18 - 24). Le stagioni della primavera e dell'estate sono contraddistinte da livelli di concentrazione medi più modesti e dalla consueta presenza di due livelli più elevati alla mattina (ore 7) ed alla sera (ore 20-21);
- biossido di zolfo – i livelli di concentrazione sono particolarmente bassi e pertanto le variazioni orarie riguardano scarti poco significativi; in questo contesto, sono rilevati valori medi più elevati nelle stagioni dell'inverno e dell'autunno, in particolare nelle ore centrali della giornata (fascia oraria 13 - 16).
- ozono - si rileva, in relazione ai particolari meccanismi di formazione stagionali dell'ozono catalizzati dalla radiazione solare e dalla temperatura dell'aria, il peculiare andamento contraddistinto da valori orari più elevati nelle ore di massima insolazione delle stagioni della primavera e dell'estate.

Distribuzione dei livelli di concentrazione – grafici box-plot

Gli indicatori di sintesi (Allegato 1, tabella 1.6.1) mettono in evidenza una distribuzione dei dati sostanzialmente simmetriche per il materiale particolato PM10 e PM2,5 (la distanza tra 1° quartile e 3° quartile rispetto alla mediana, tra 1° quartile ed il minimo, e tra il 3° quartile ed il massimo è essenzialmente equivalente). Si rileva invece una distribuzione asimmetrica per benzene, toluene, biossido di azoto e biossido di zolfo, giacché le distanze tra quartili e mediana e quartili con valore minimo e massimo sono diverse (nella prevalenza dei casi la distanza più significativa riguarda le differenze 3° quartile/mediana e massimo/3° quartile) ad indicare con buona probabilità che per questi inquinanti i valori estremi (o dati fuori linea), hanno un peso rilevante sull'andamento normale dei valori medi orari. Questa considerazione, è confermata, nella prevalenza dei casi, anche dall'osservazione che il valore medio è più elevato della mediana.

I grafici box-plot (Allegato 1, grafici 1.6.1-8) mettono in rilievo la presenza di livelli massimi di materiale particolato nei mesi di aprile 2013, maggio 2013 ed agosto 2012, di biossido di azoto nei mesi di novembre 2012, gennaio 2013 e febbraio 2013, di biossido di zolfo nei mesi di novembre 2012 e febbraio 2013, di monossido di carbonio nei mesi di agosto 2012 e maggio 2013, di benzene e di toluene nel mese di maggio 2013.

Distribuzione in classi di concentrazione

La prevalenza degli inquinanti presenta la massima distribuzione dei livelli di concentrazione nelle categorie caratterizzate dai valori più bassi, significativamente distanti dal relativo valore limite (Allegato 1, grafici 1.7.1-8). Non seguono questa distribuzione, materiale particolato PM2,5, PM10 ed ozono, dove, in particolare per gli ultimi due, la distribuzione segue un andamento più omogeneo attorno alla classe di concentrazione dalla frequenza più elevata.

8 - Considerazioni riassuntive e finali

Il contesto messo in rilievo dalla campagna di misurazione è caratterizzato da un esteso rispetto dei valori limite, sia per quelli fissati a tutela della salute umana, sia per quelli fissati a tutela della vegetazione (quest'ultimi sono cogenti esclusivamente per le postazioni rurali). In particolare, alcuni inquinanti come monossido di carbonio, benzene e biossido di zolfo registrano valori largamente inferiori al 50 % del relativo limite. Materiale particolato PM10 e PM2,5 e biossido di azoto, mediamente, si collocano su valori, attorno al 37 % del relativo valore limite.

Si riscontra nella zona, la peculiarità di variazioni stagionali di materiale particolato PM10 e di monossido di carbonio, tendenzialmente più elevate in primavera ed estate. Questo andamento è incoerente alle variazioni temporali di questi agenti inquinanti, che generalmente, in ambito urbano, presentano livelli di concentrazione più elevati nei mesi invernali ed autunnali sia nei siti di tipo traffico che nei siti di fondo.

Il raffronto con i valori degli indicatori elaborati nella precedente campagna di rilevamento spot effettuata nel territorio comunale mediante mezzo mobile (postazione di misurazione Strada di Gabbricce anno 2008), pur se limitato da una copertura temporale ristretta (stagione della primavera), mette in rilievo l'assenza di variazioni spaziali significative e variazioni temporali, sostanzialmente stabili od addirittura in riduzione.

Rispetto alle stazioni di misurazione fisse di Poggibonsi - Via de Amicis (urbana-fondo) e Siena - Due Ponti (urbana-traffico), la valutazione dei dati puntuali (orari e giornalieri) e degli indicatori di qualità dell'aria (registrati nello stesso periodo di osservazione della presente campagna di misurazione indicativa), fa emergere che i livelli di concentrazione di Castellina Scalo sono inferiori od equivalenti alla stazione di Poggibonsi e largamente inferiori alla stazione di traffico di Due Ponti (-42 % biossido di azoto, -60 % ossidi di azoto totali, -45 % materiale particolato PM10). Si fa presente che i valori degli indicatori elaborati per l'intero anno 2012 dalle stazioni fisse di Via De Amicis e Due Ponti hanno fornito una situazione conformità ai rispettivi valori limite.

Allegato 1. Elaborazioni integrative

1.1 Andamenti orari dei livelli di concentrazione

Le presenti elaborazioni grafiche sono state predisposte impostando, per la prevalenza degli inquinanti, i valori di fondo scala dei livelli di concentrazione (asse delle ordinate) pari al valore limite dell'indicatore dell'inquinante considerato. Sono esclusi il monossido di carbonio, il materiale particolato PM10 - PM2,5 ed il benzene il cui tempo di mediazione dei valori elaborati, è differente dal tempo di mediazione che esprime il valore limite.

grafico 1.1.1 andamenti orari monossido di carbonio

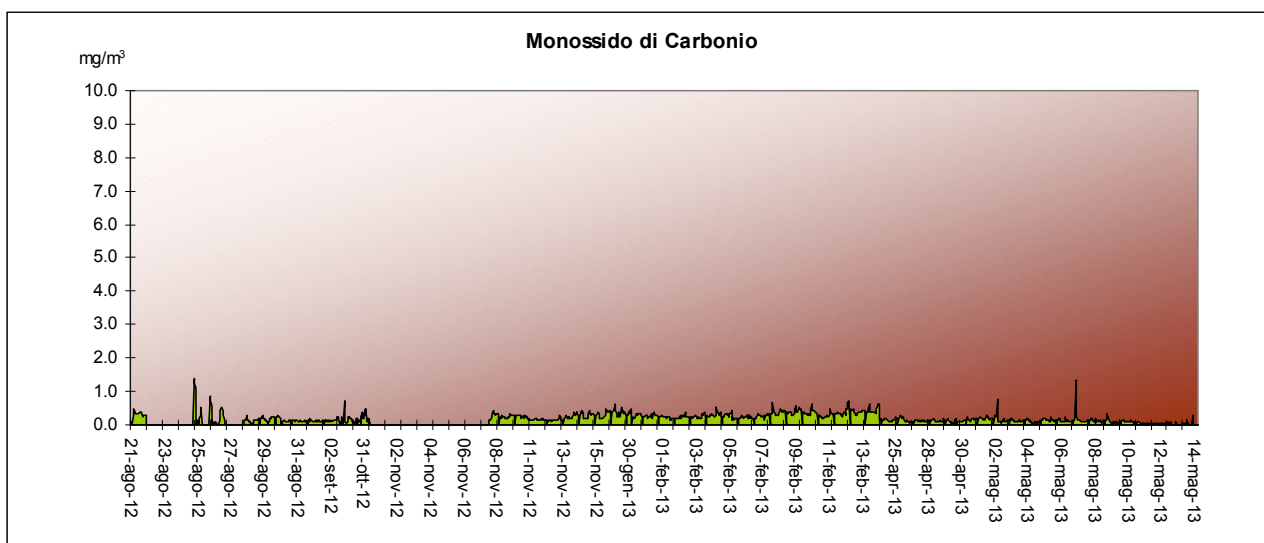


Grafico 1.1.2 andamenti orari biossido di azoto

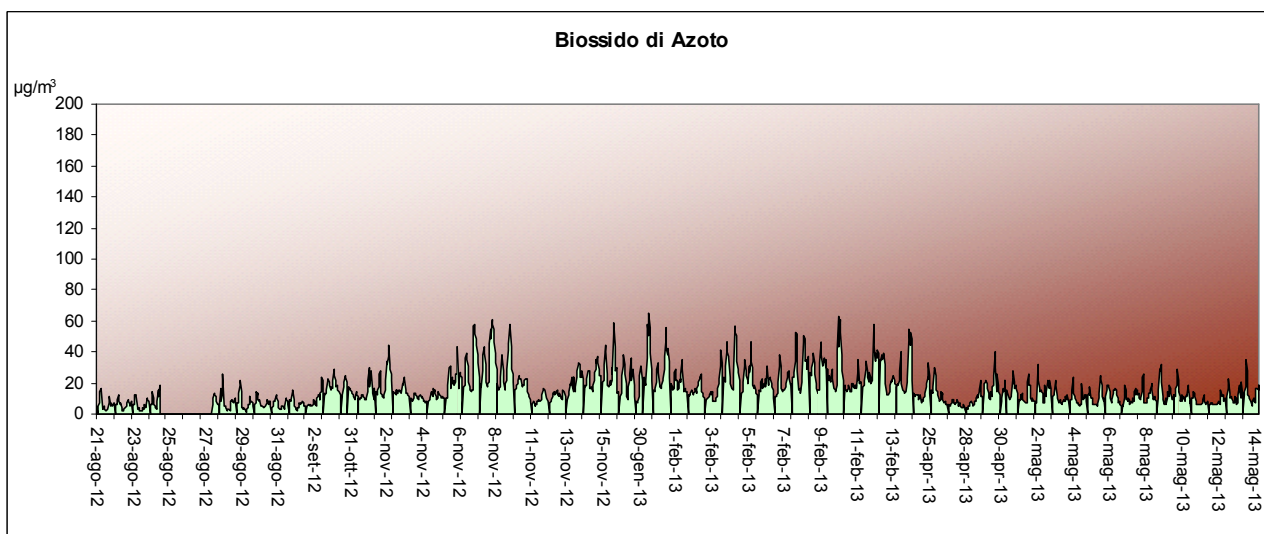


grafico 1.1.3 andamenti orari ozono

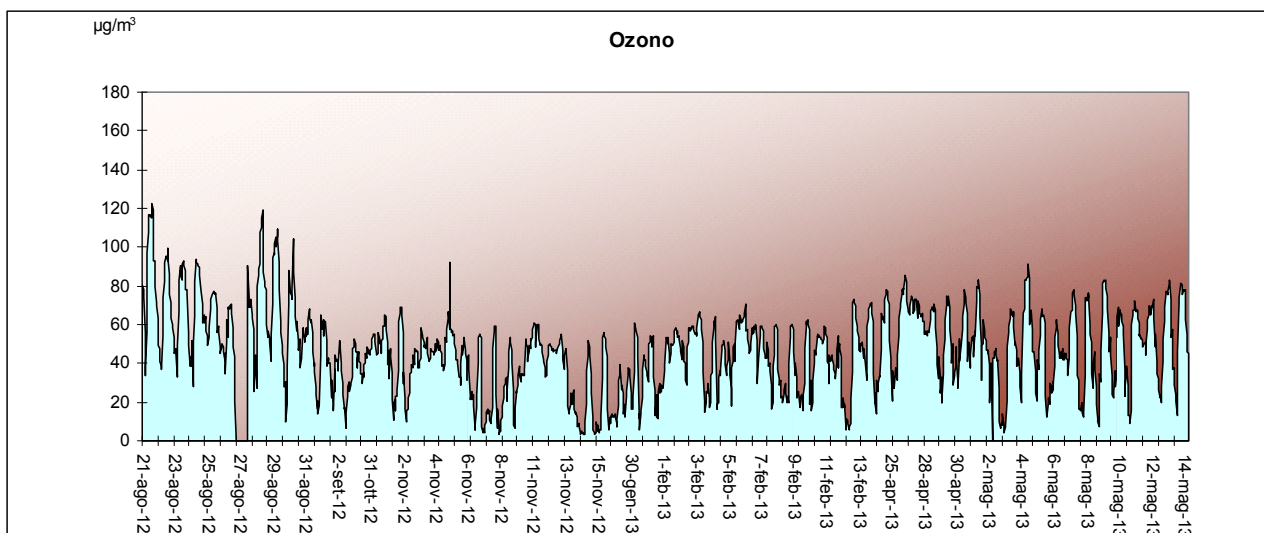


grafico 1.1.4 andamenti orari biossido di zolfo

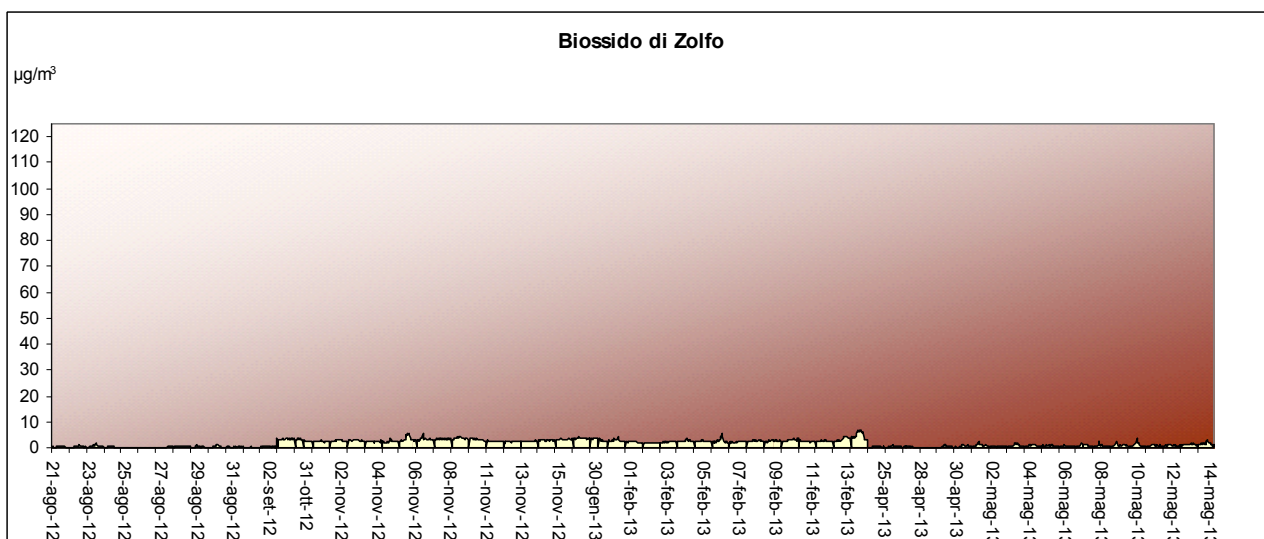


grafico 1.1.5 andamenti orari benzene

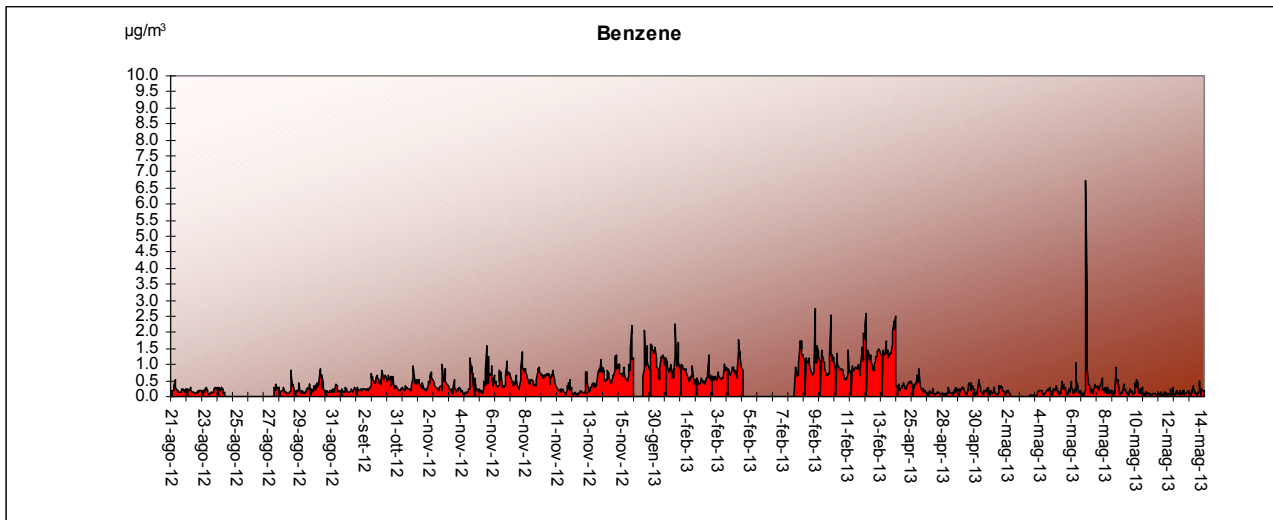


grafico 1.1.6 andamenti orari toluene

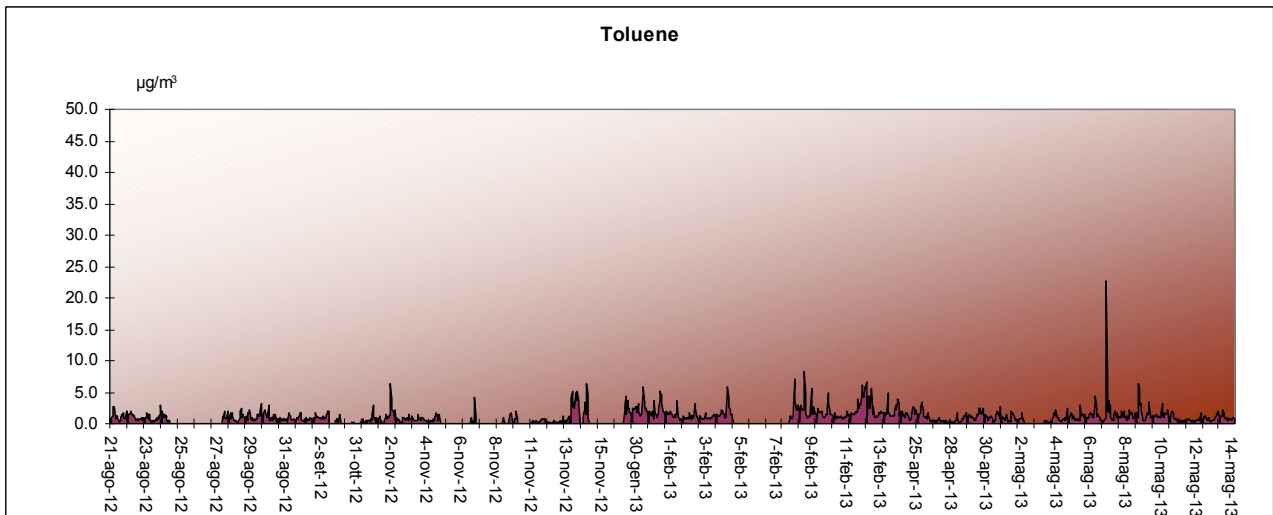


grafico 1.1.7 andamenti giornalieri materiale particolato PM10

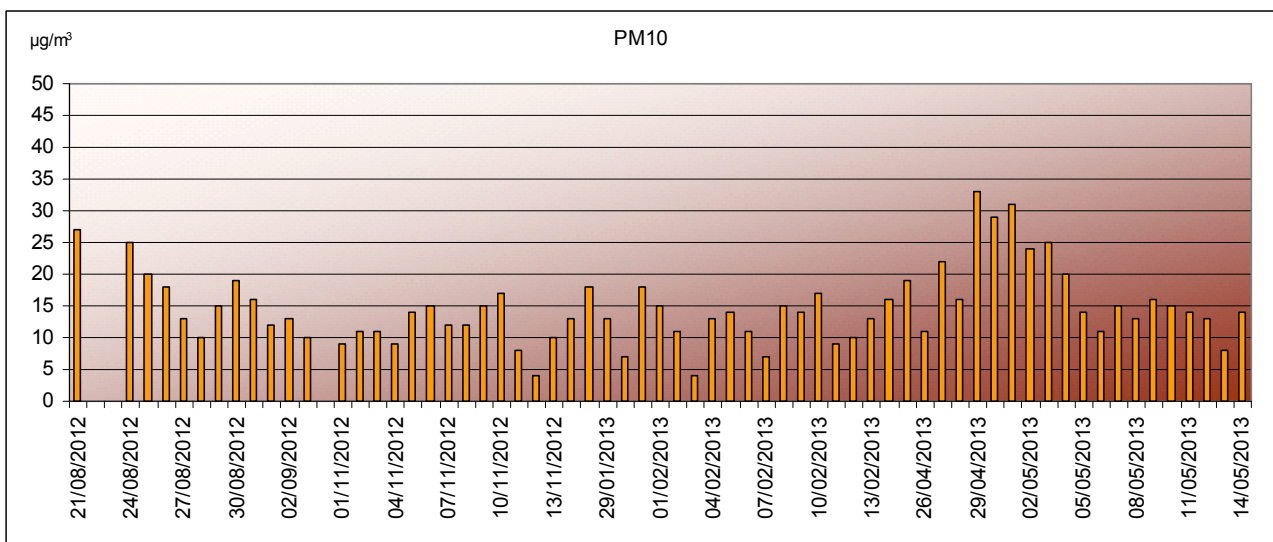
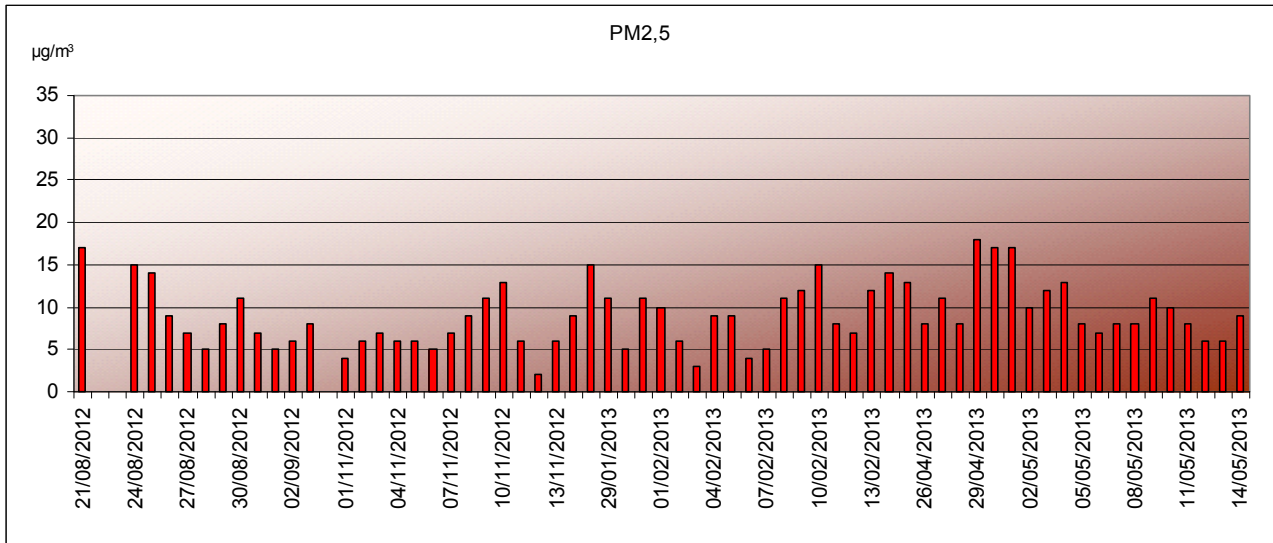


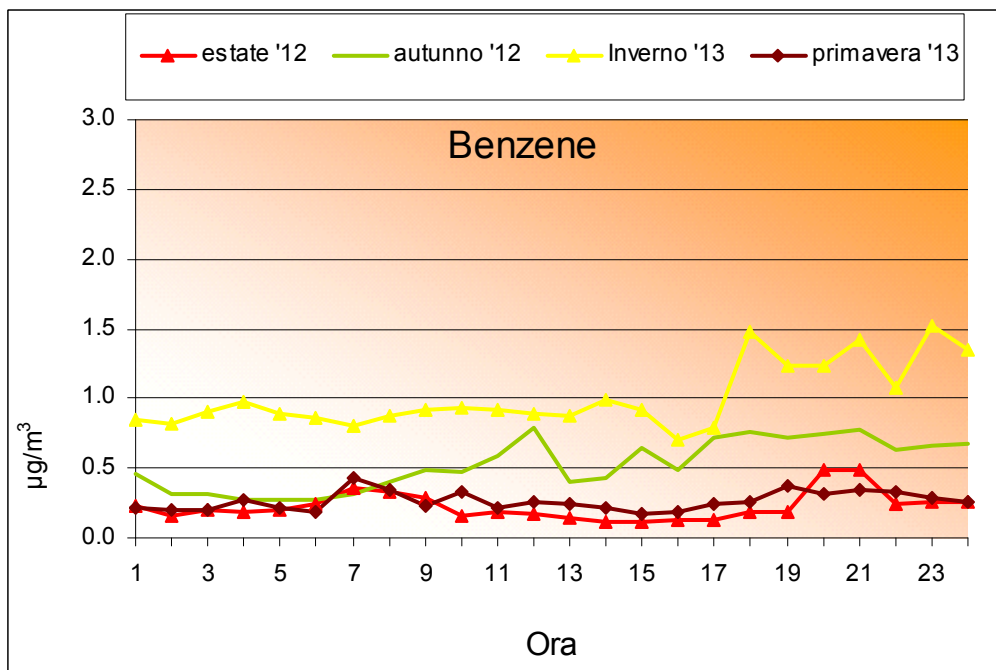
grafico 1.1.8 andamenti giornalieri materiale particolato PM2,5



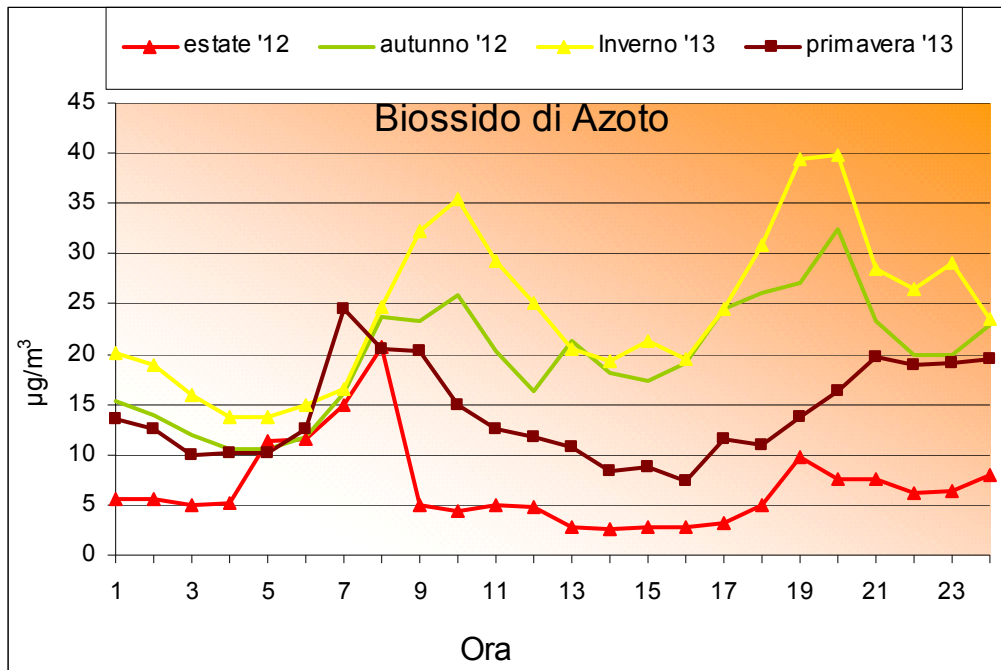
1.2 Giorni tipo

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).

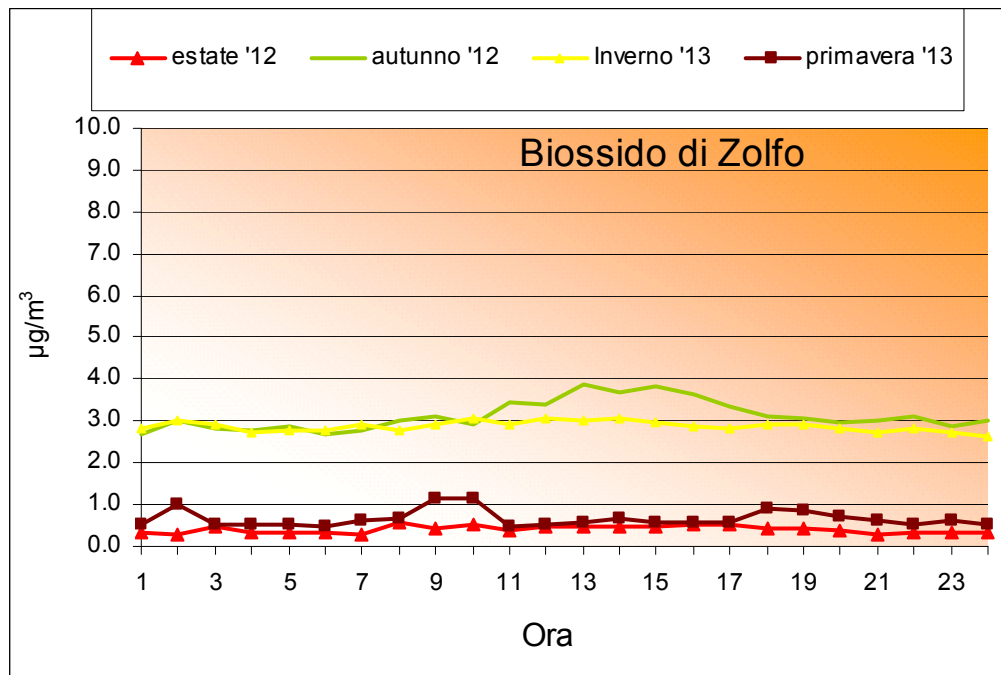
1.2.1 grafico giorno tipo benzene



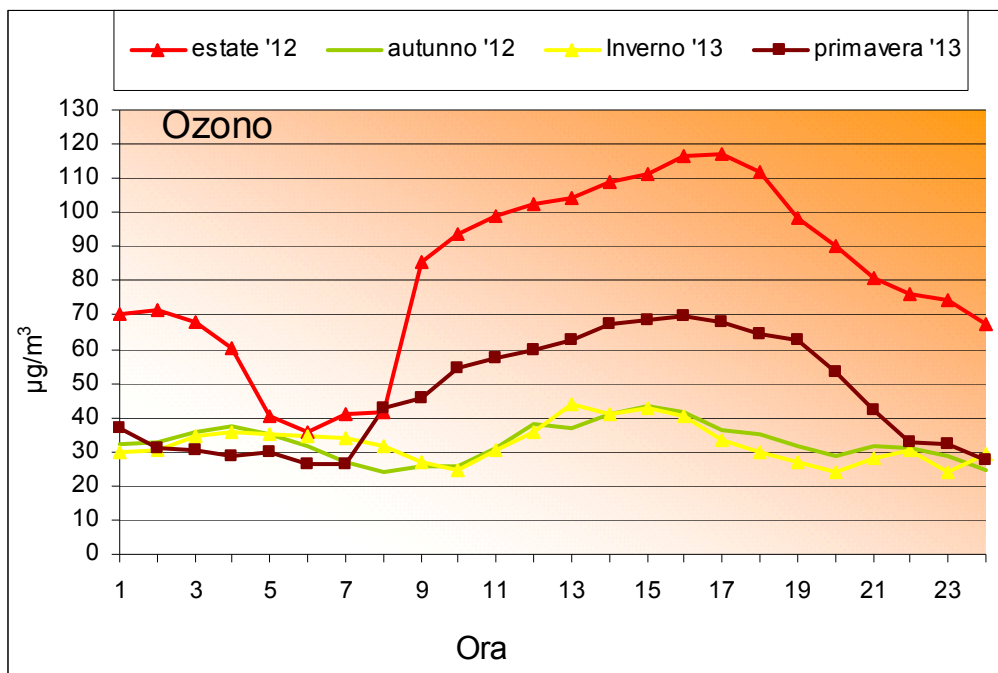
1.2.2 grafico giorno tipo biossido di azoto



1.2.3 grafico giorno tipo biossido di zolfo



1.2.4 grafico giorno tipo ozono



1.3 Andamenti stagionali 2012 – 2013

grafico 1.3.2. istogramma andamenti stagionali indicatori di CO

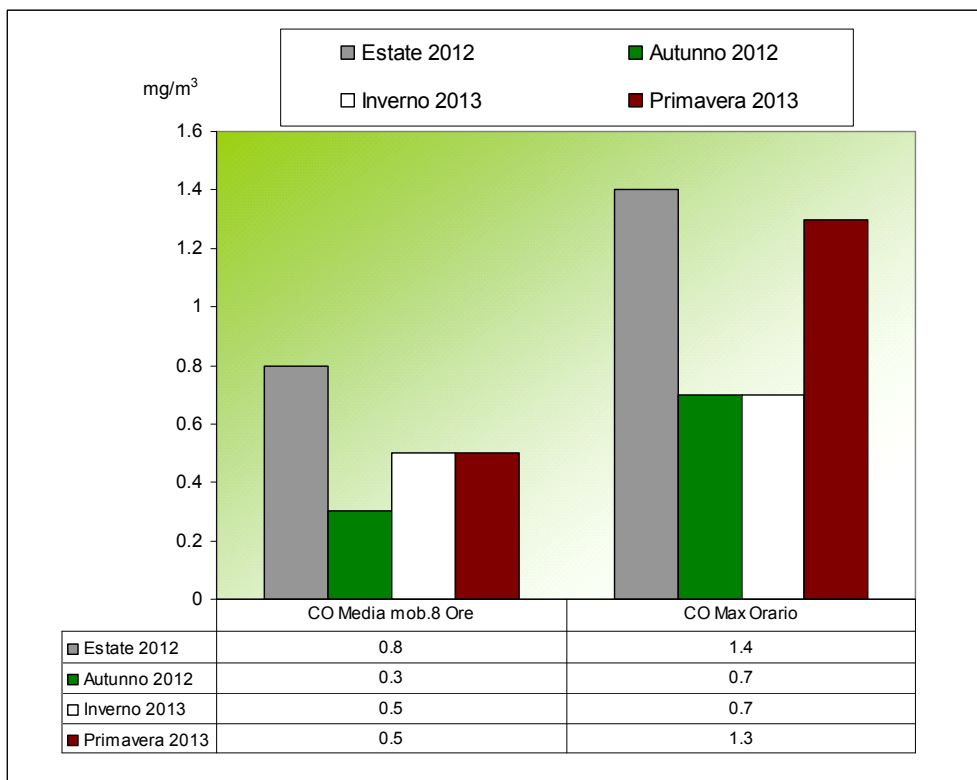
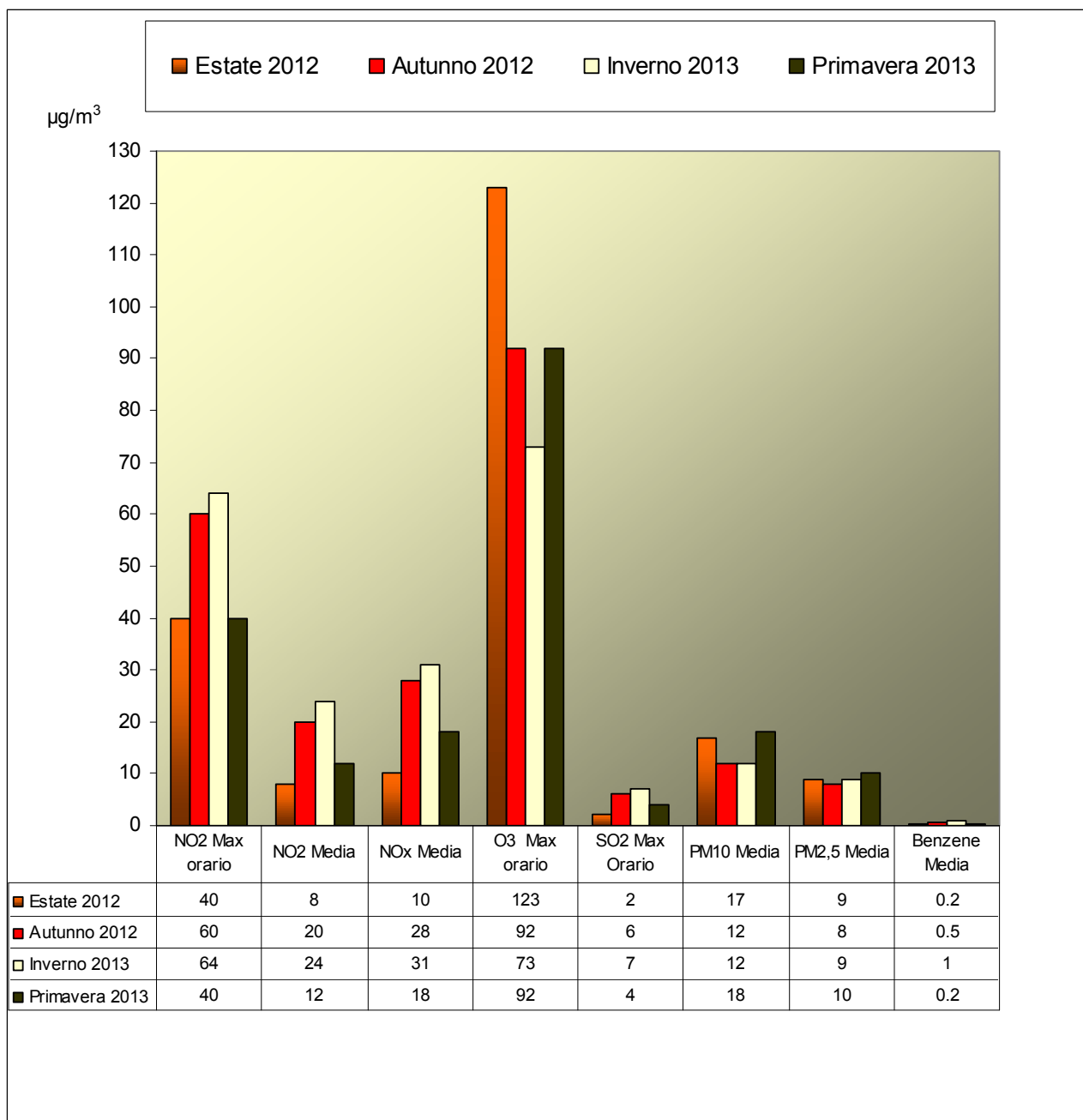


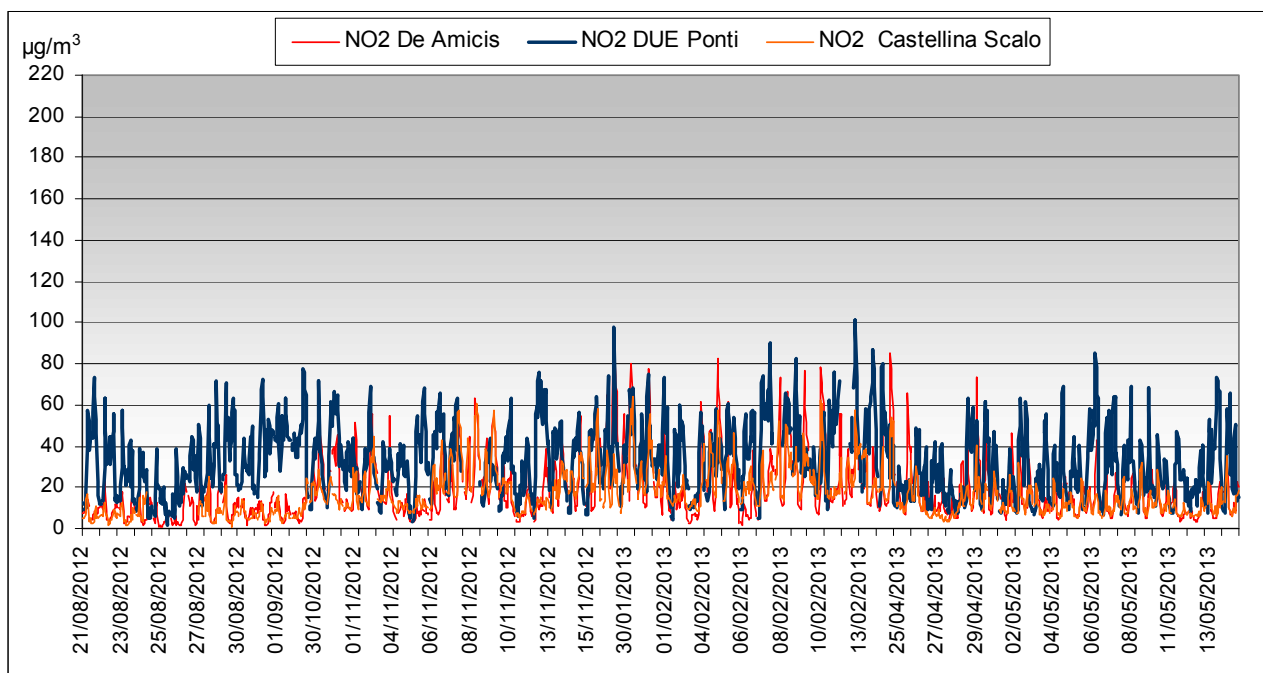
grafico 1.3.2. istogramma andamenti stagionali indicatori di NO₂, NO_x, O₃, SO₂, PM₁₀, PM_{2,5} e benzene



1.4 Confronto con gli andamenti registrati dalle stazioni fisse di Via De Amicis e Due Ponti

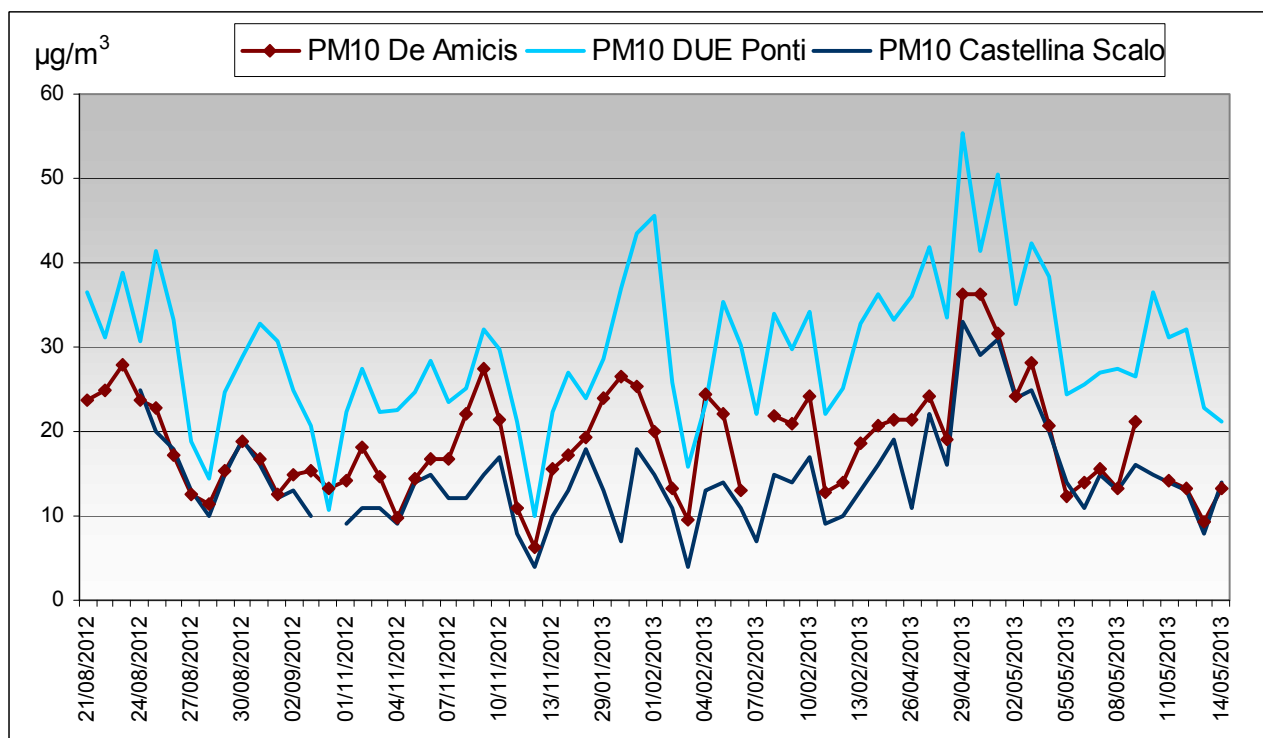
Biossido di azoto NO₂ – valori medi orari

grafico 1.4.1. andamenti orari 21 agosto 2012 – 14 maggio 2013

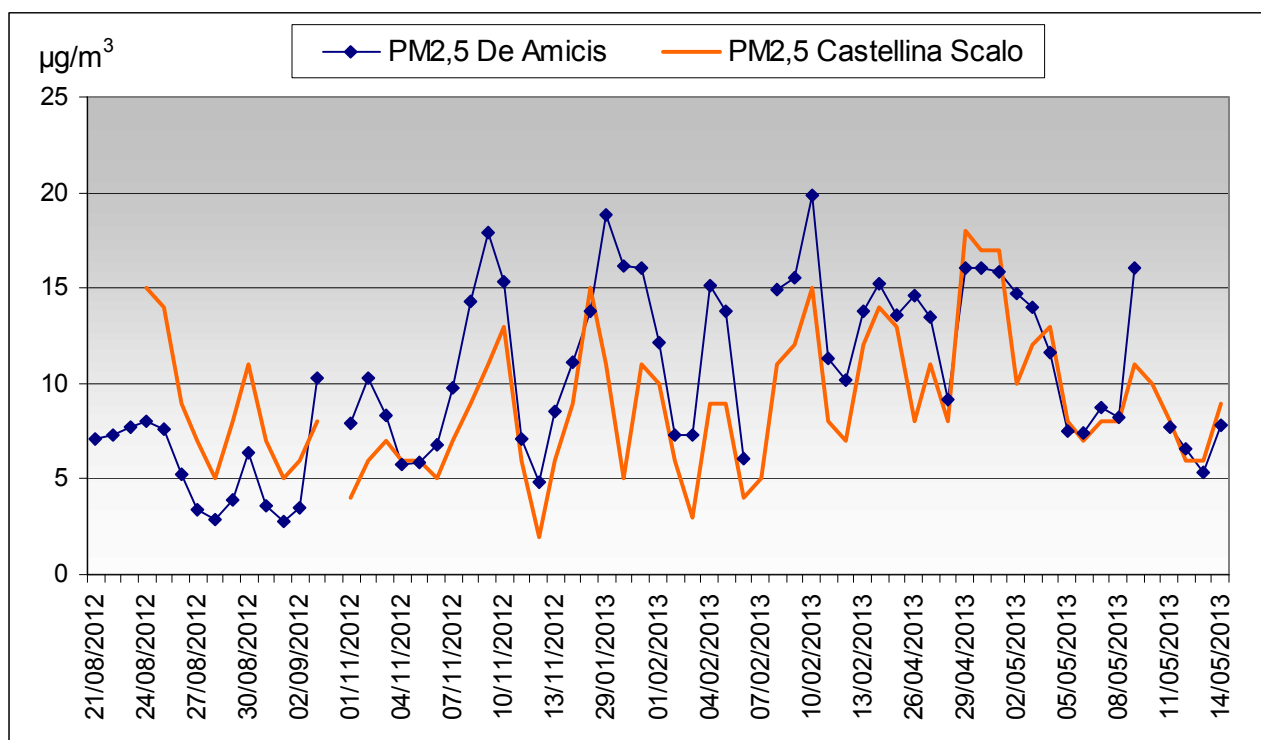


Materiale particolato – valori medi giornalieri

PM10 - grafico 1.4.2 andamenti giornalieri 21 agosto 2012 – 14 maggio 2013



PM2,5 - grafico 1.4.2 andamenti giornalieri 21 agosto 2012 – 14 maggio 2013



1.5 Grafici a dispersione Castellina Scalo, Via De Amicis, Due Ponti

Materiale Particolato PM10

Grafico 1.5.1 dispersione valori giornalieri Castellina Scalo/Via De Amicis

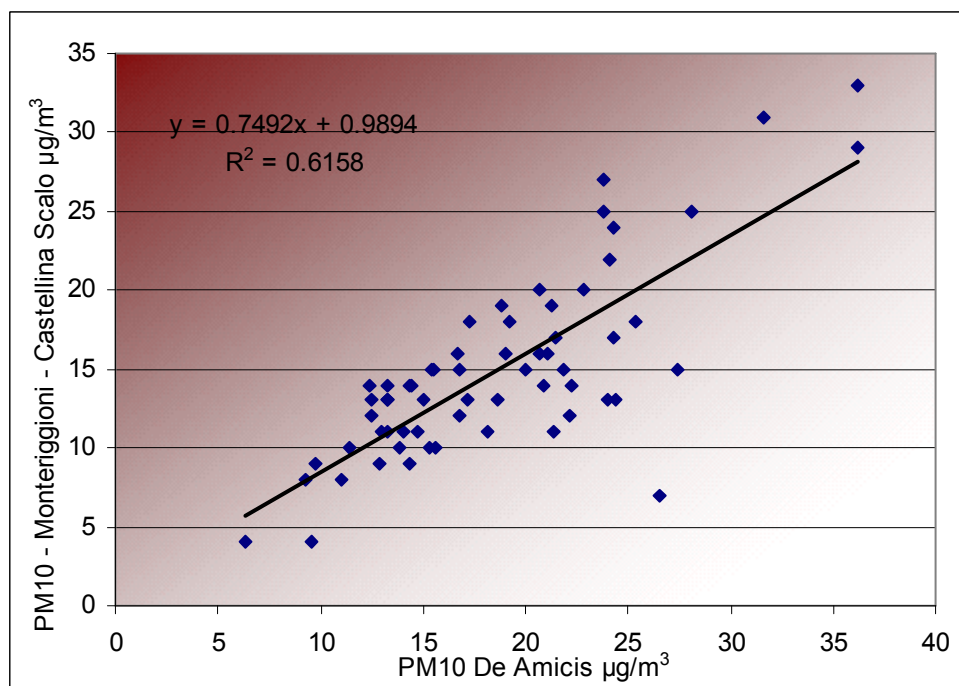
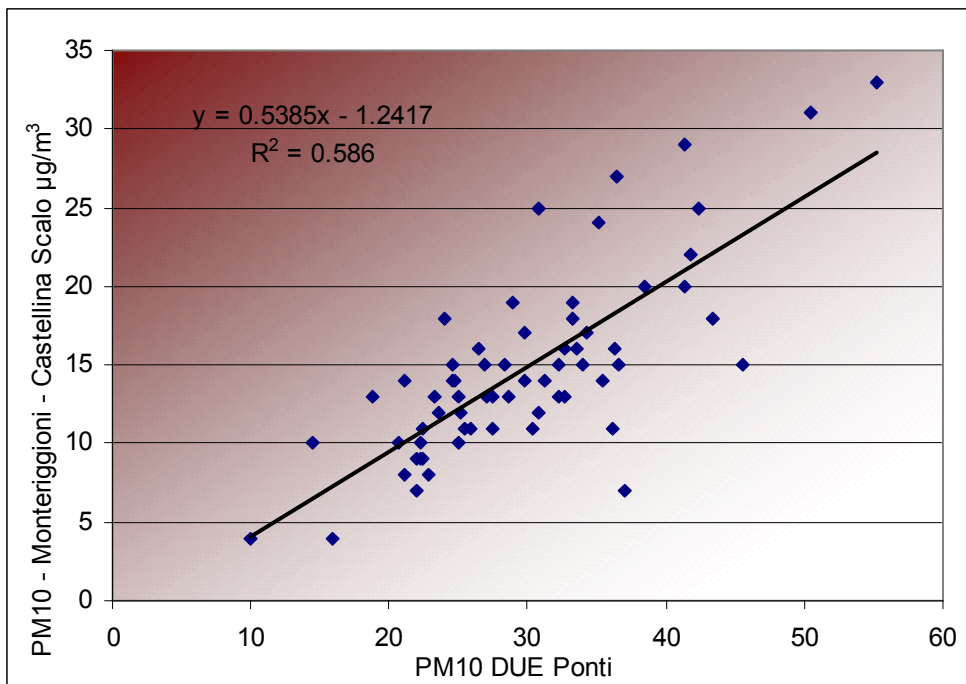
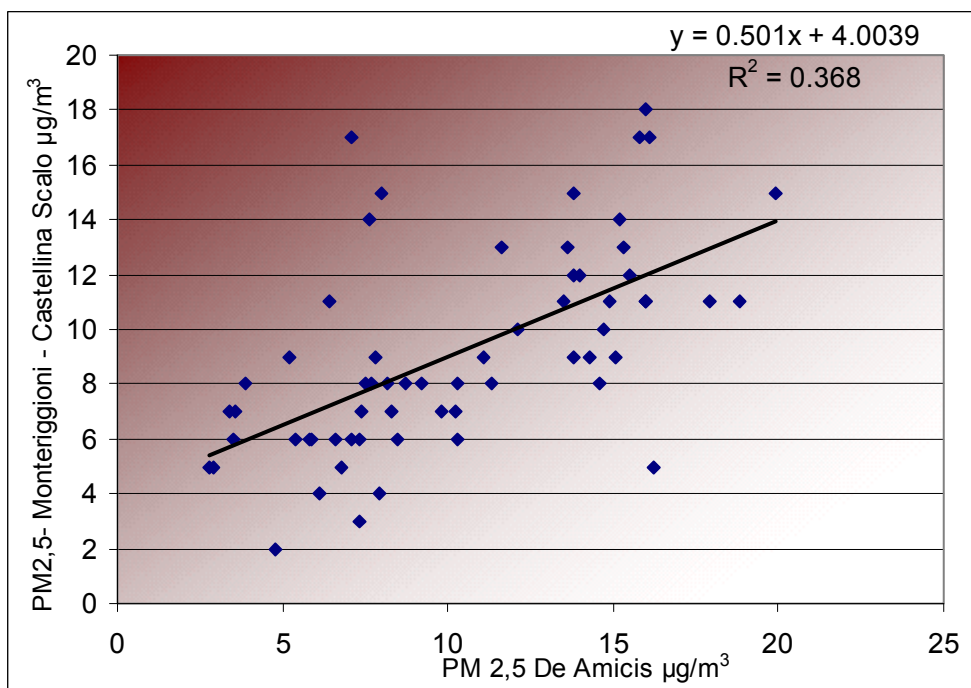


Grafico 1.5.2 dispersione valori giornalieri Castellina Scalo/Due Ponti



Materiale Particolato PM2,5

Grafico 1.5.3 dispersione valori giornalieri Castellina Scalo /Via De Amicis



1.6 Distribuzione dei livelli di concentrazione – grafici box plot

Il box plot o diagramma a scatola e baffi, è un grafico, relativo a caratteri quantitativi, ottenuto a partire dai 5 numeri di sintesi [minimo, 1° quartile (Q1), mediana, 3° quartile (Q3), massimo] – che descrive le caratteristiche salienti della distribuzione. Si ottiene riportando su un asse verticale i 5 numeri di sintesi. La scatola del box plot ha come estremi inferiore e superiore rispettivamente Q1 e Q3. La mediana divide la scatola in due parti.

Confrontando tra loro le lunghezze dei due baffi (che rappresentano le distanze tra Q1 e il minimo e tra Q3 e il massimo) e le altezze dei due rettangoli che costituiscono la scatola (che rappresentano le distanze tra Q1 e mediana e tra mediana e Q3) si ottengono informazioni sulla simmetria della distribuzione: questa è tanto più simmetrica quanto le lunghezze dei baffi risultano simili tra loro e le altezze dei due rettangoli risultano simili tra loro.

I baffi mettono inoltre in evidenza la presenza di eventuali outliers (osservazioni eccezionali) [Valori estremi e outliers].

La tabella sottostante visualizza gli indicatori di sintesi (comprensivi della media annuale) elaborati nell'intero periodo di osservazione, per biossido di zolfo, ossidi di azoto, biossido di azoto, monossido di carbonio, ozono, benzene, toluene, biossido di zolfo (medie orarie) e idrogeno solforato (medie orarie), materiale particolato PM10 e materiale particolato PM2,5, (medie giornaliere).

Tabella 1.6.1 indicatori di sintesi biossido di zolfo, ossidi di azoto, biossido di azoto, monossido di carbonio, ozono, materiale particolato PM10, materiale particolato PM2,5, benzene e toluene

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	SO ₂	NO _x	NO ₂	CO	O ₃	PM10	PM2,5	Benzene	Toluene
Minimo	0,1	1,0	1,0	0,0	2,8	4	2	0,0	0,0
Massimo	7	115	64	1,4	123	33	18	6,7	22,7
Media	1,8	22,8	16,7	0,2	47,0	15	9	0,5	1,1
Mediana	2,1	18,5	14,0	0,2	47,3	14	8	0,3	0,9
Deviazione standard	1,3	15,7	10,9	0,1	21,8	6,1	3,8	0,5	1,2
1 Quartile	0,6	12,8	8,7	0,1	32,6	11	6	0,2	0,4
3 Quartile	2,7	27,8	21,3	0,3	60,2	17	11	0,7	1,5

CO = monossido di carbonio

NO₂ = biossido di azoto

O₃ = ozono

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

SO₂ = biossido di zolfo

NO_x = ossidi di azoto totali

grafico 1.6.1 grafici box plot materiale particolato PM10

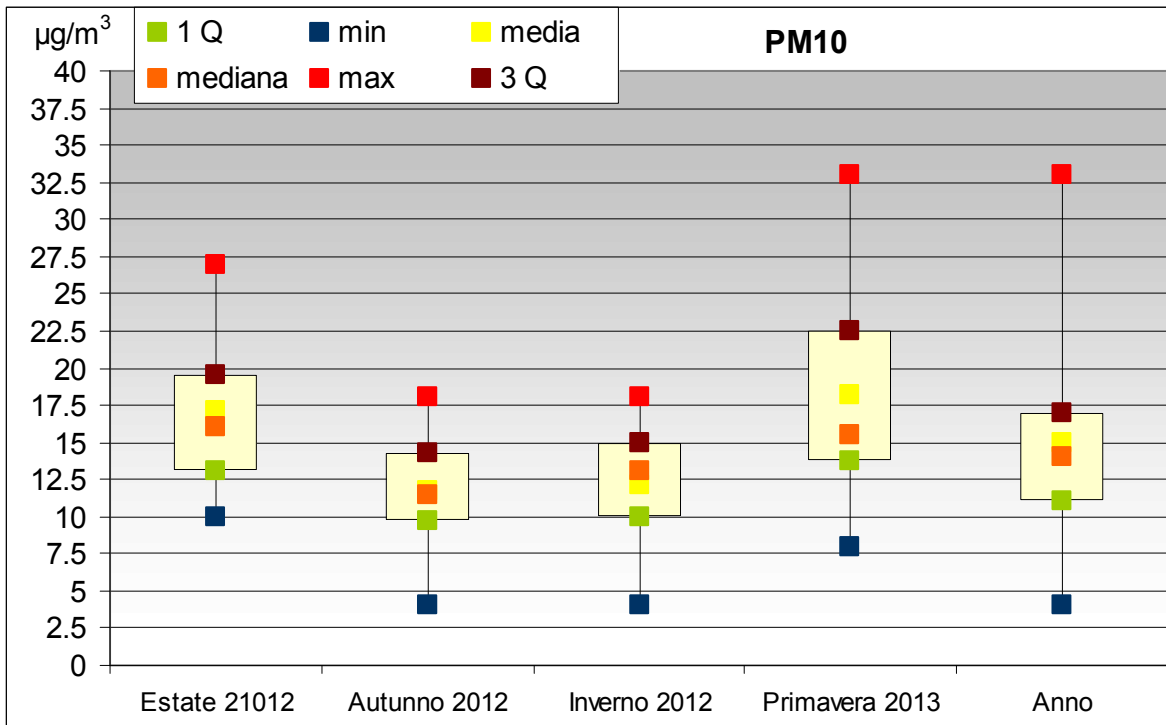


grafico 1.6.2 grafici box plot materiale particolato PM2,5

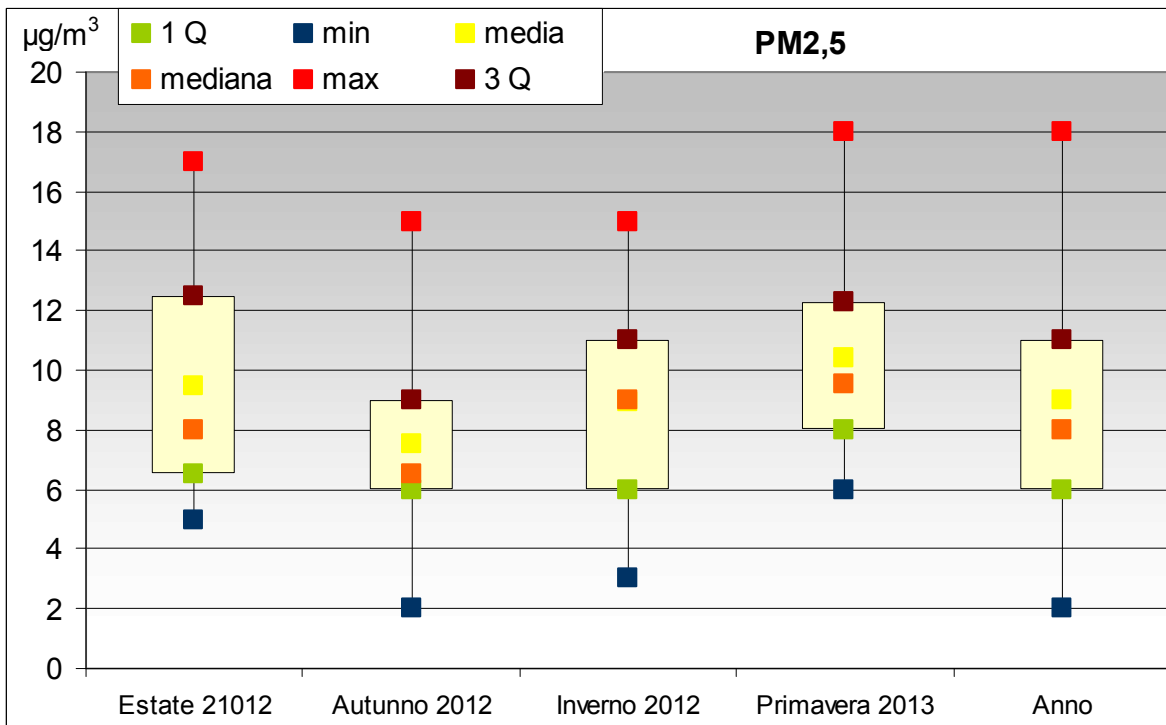


grafico 1.6.3 grafici box plot biossido di zolfo

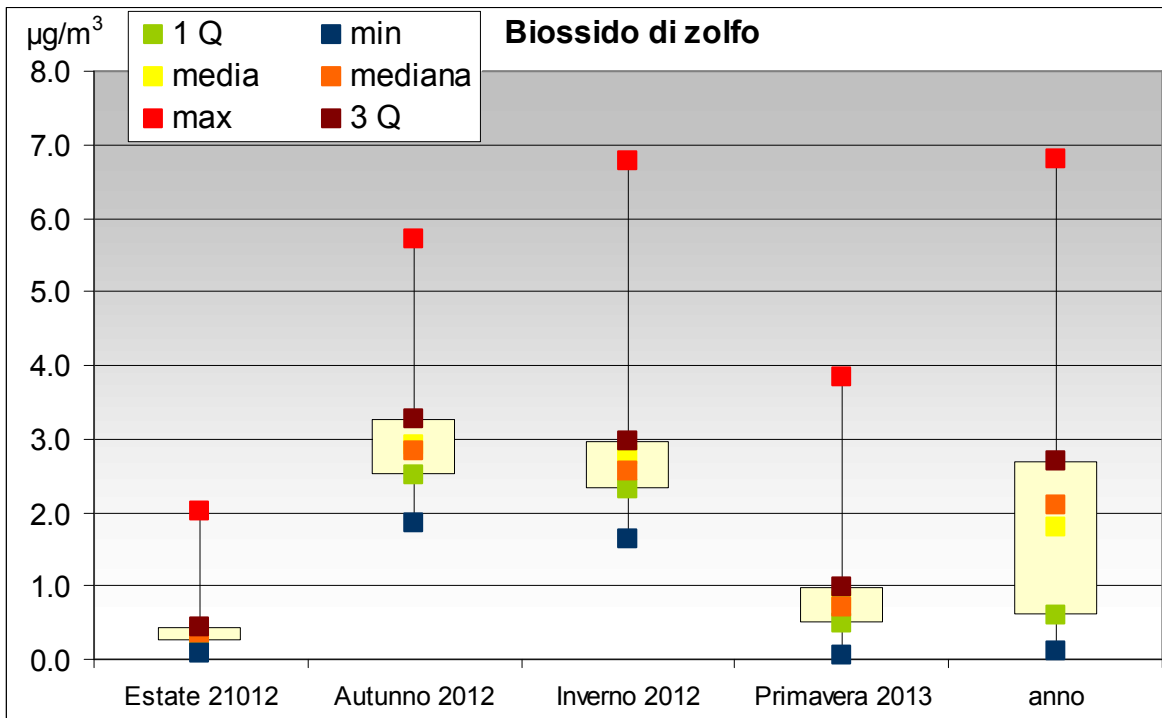


grafico 1.6.4 grafici box plot biossido di azoto

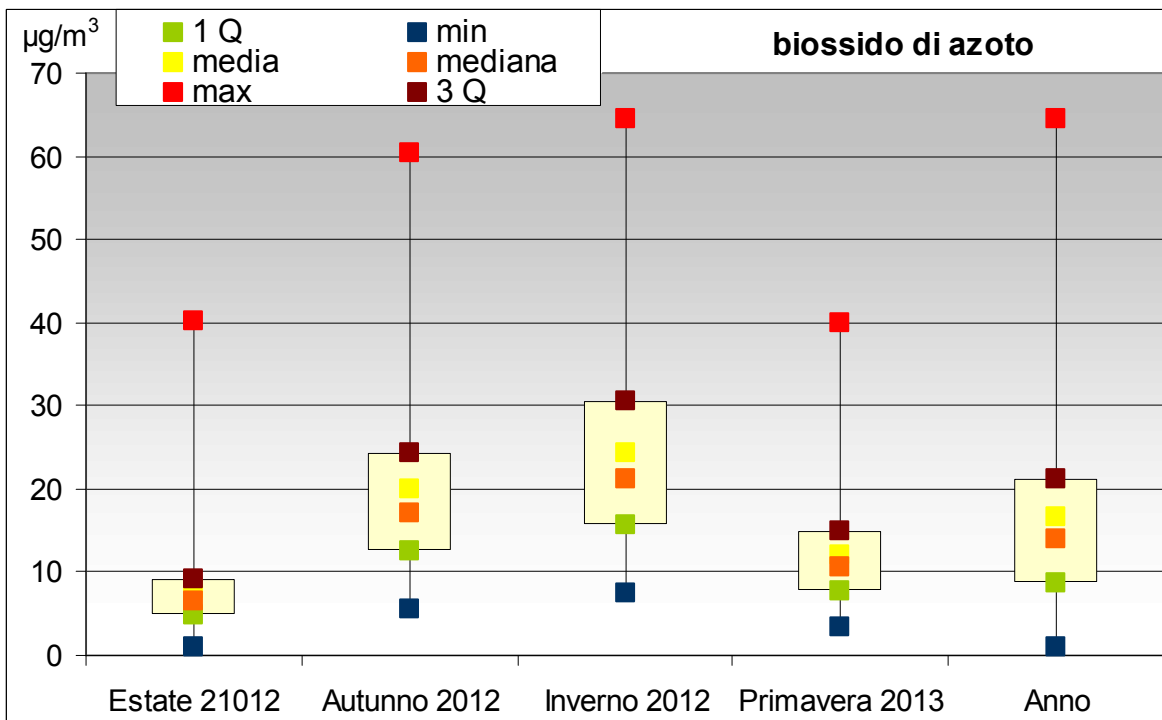


grafico 1.6.5 grafici box plot ozono

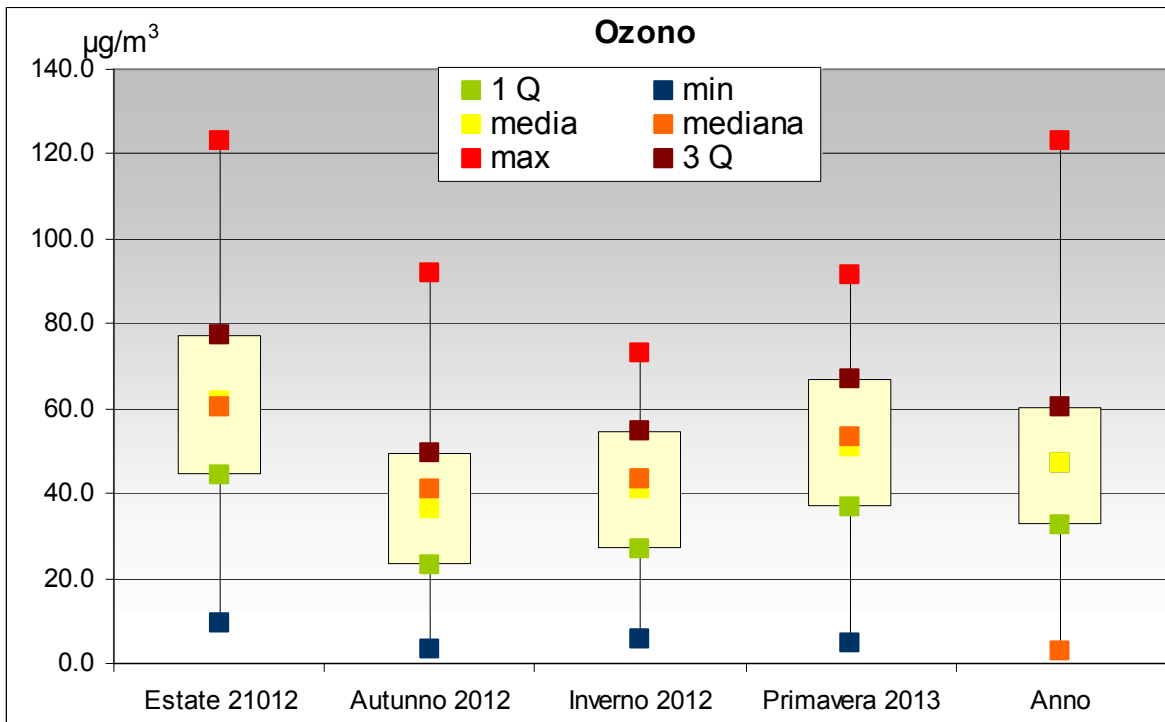


grafico 1.6.6 grafici box plot monossido di carbonio

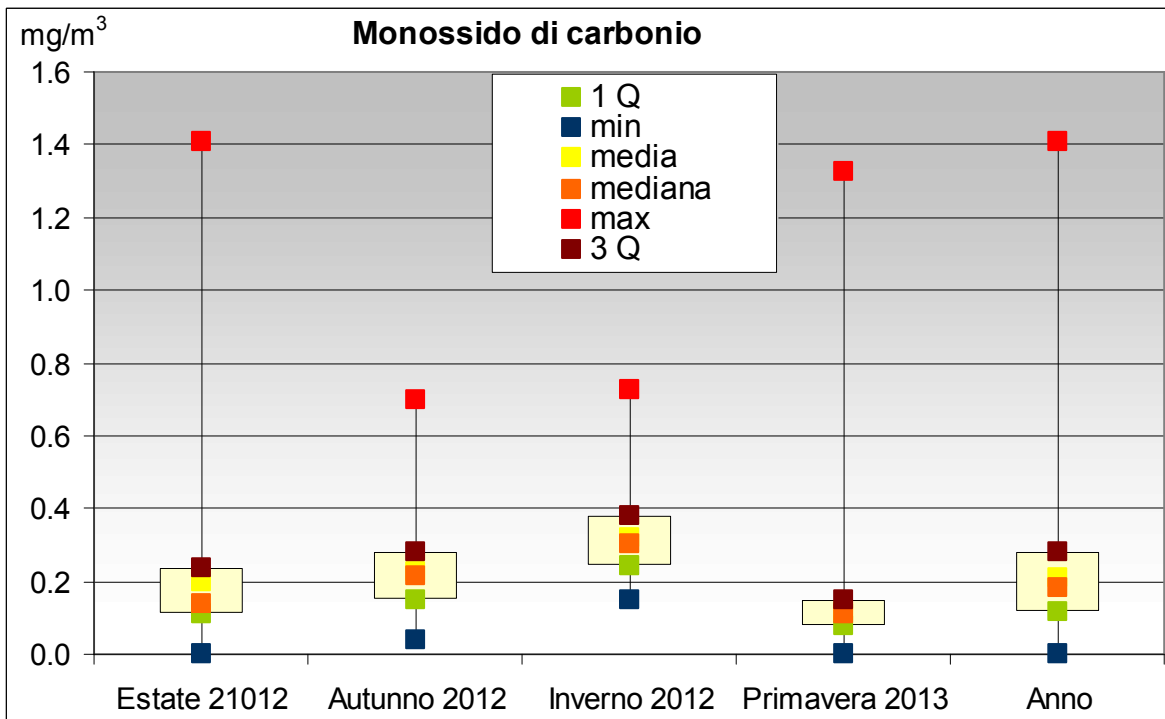


grafico 1.6.7 grafici box plot benzene

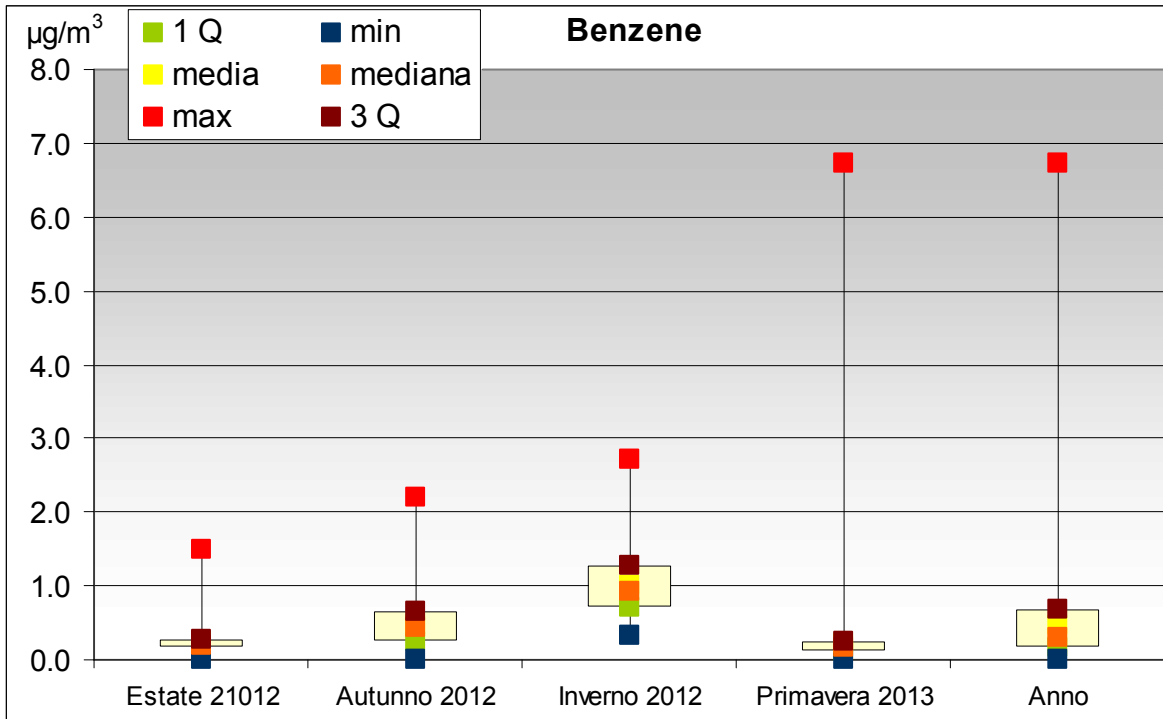
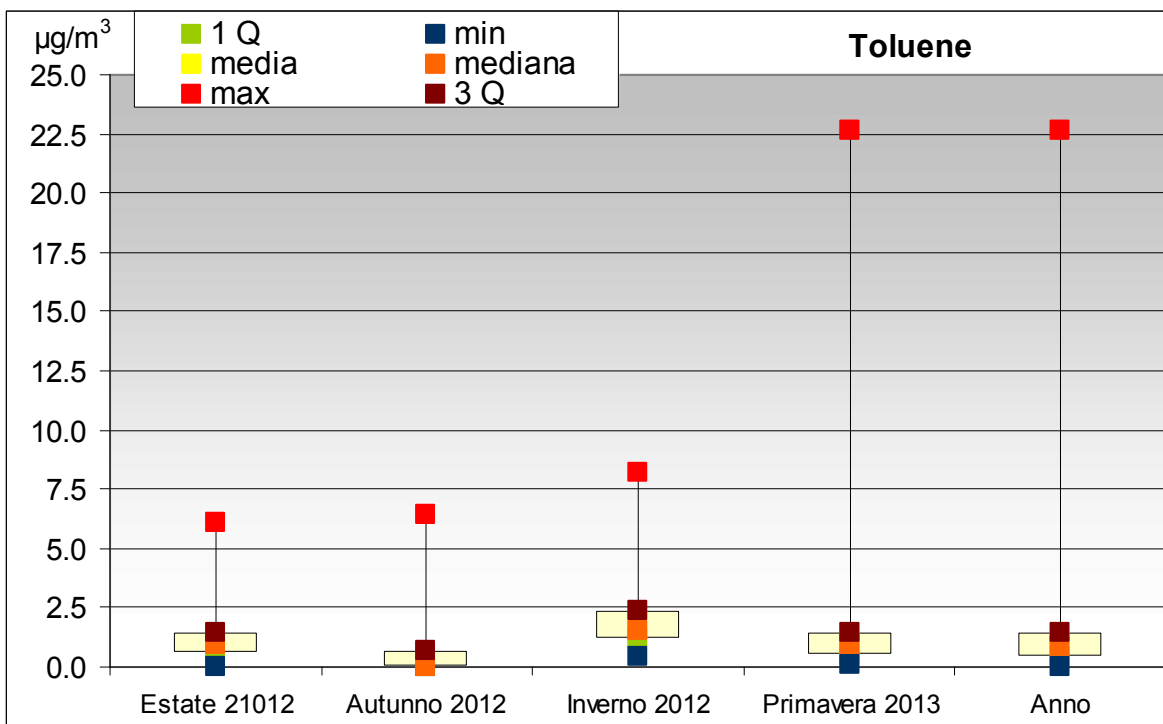
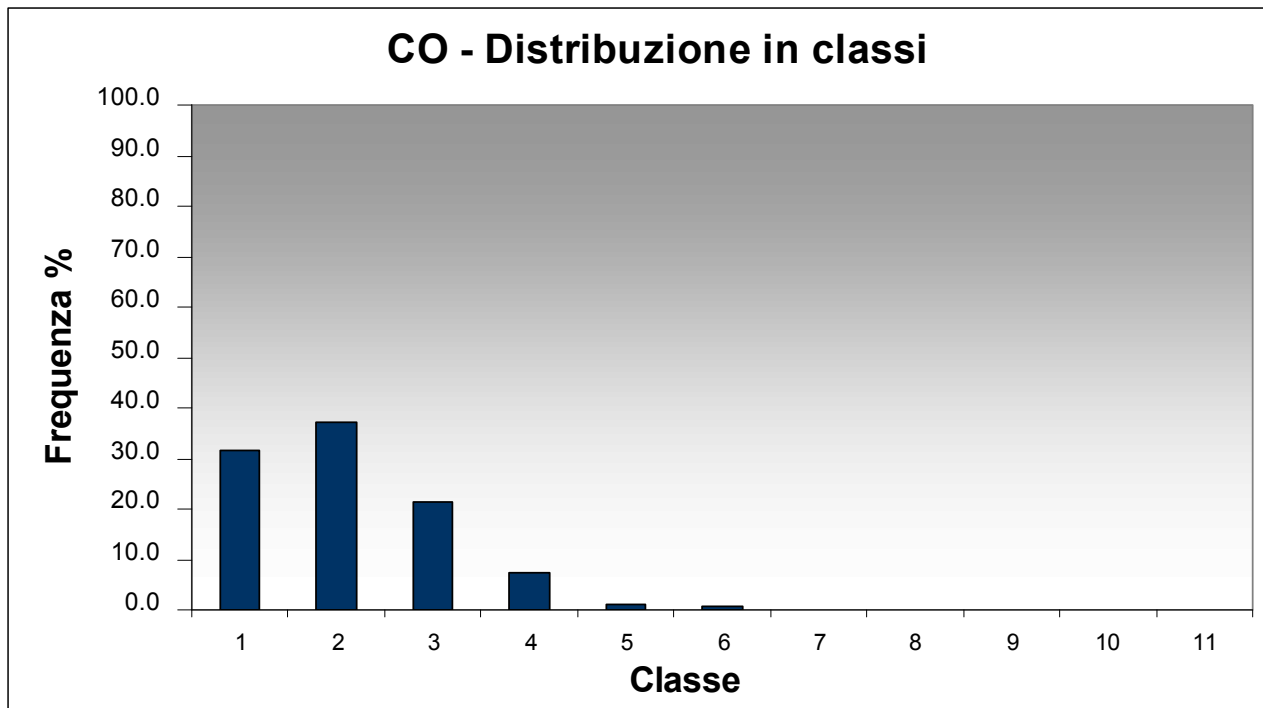


grafico 1.6.8 grafici box plot toluene



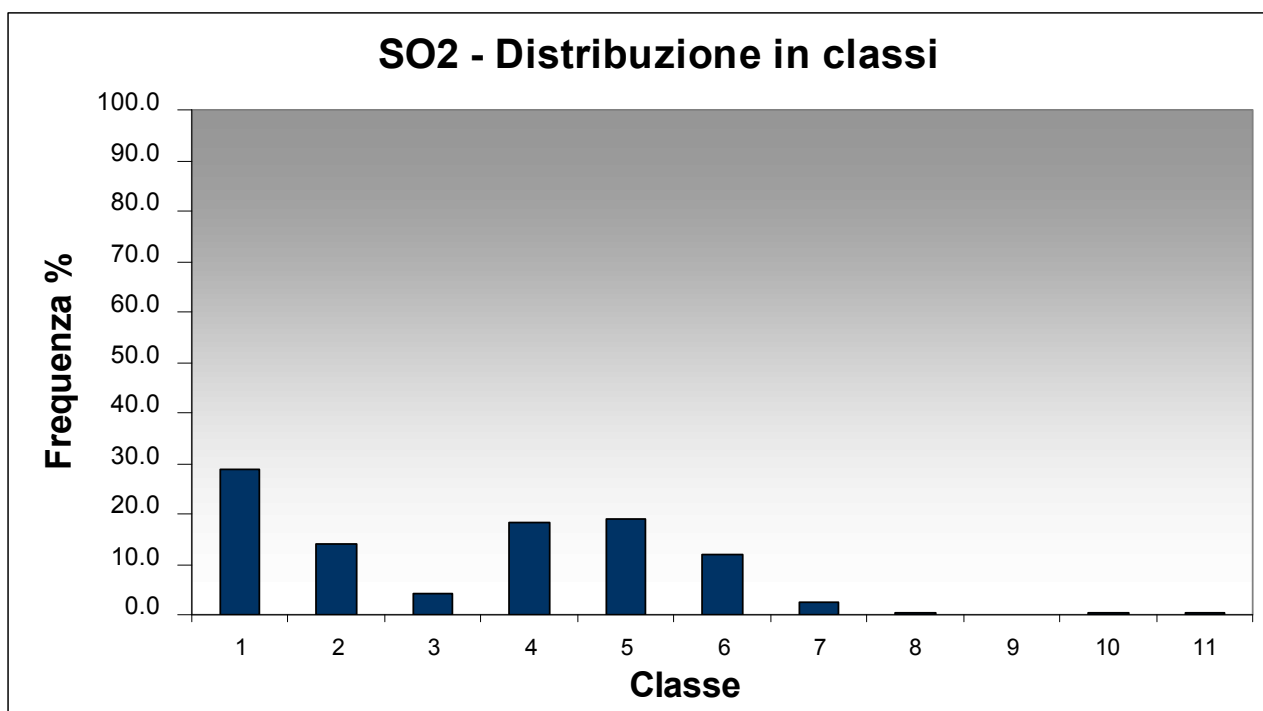
1.7 Distribuzione in classi

grafico 1.7.1. istogramma distribuzione in classi monossido di carbonio



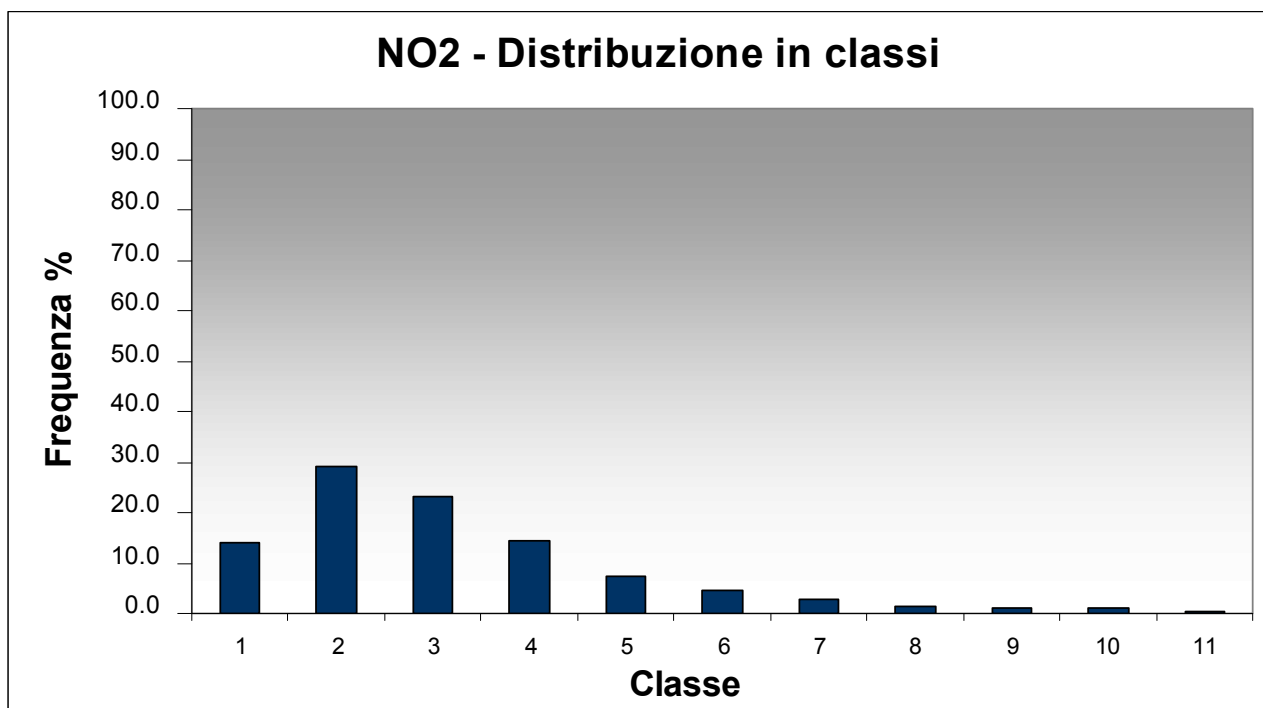
Estremi classe	Min ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	0,0	0,1
2	0,1	0,3
3	0,3	0,4
4	0,4	0,5
5	0,5	0,6
6	0,6	0,8
7	0,8	0,9
8	0,9	1,0
9	1,0	1,1
10	1,1	1,3
11	1,3	1,4

grafico 1.7.2. istogramma distribuzione in classi biossido di zolfo



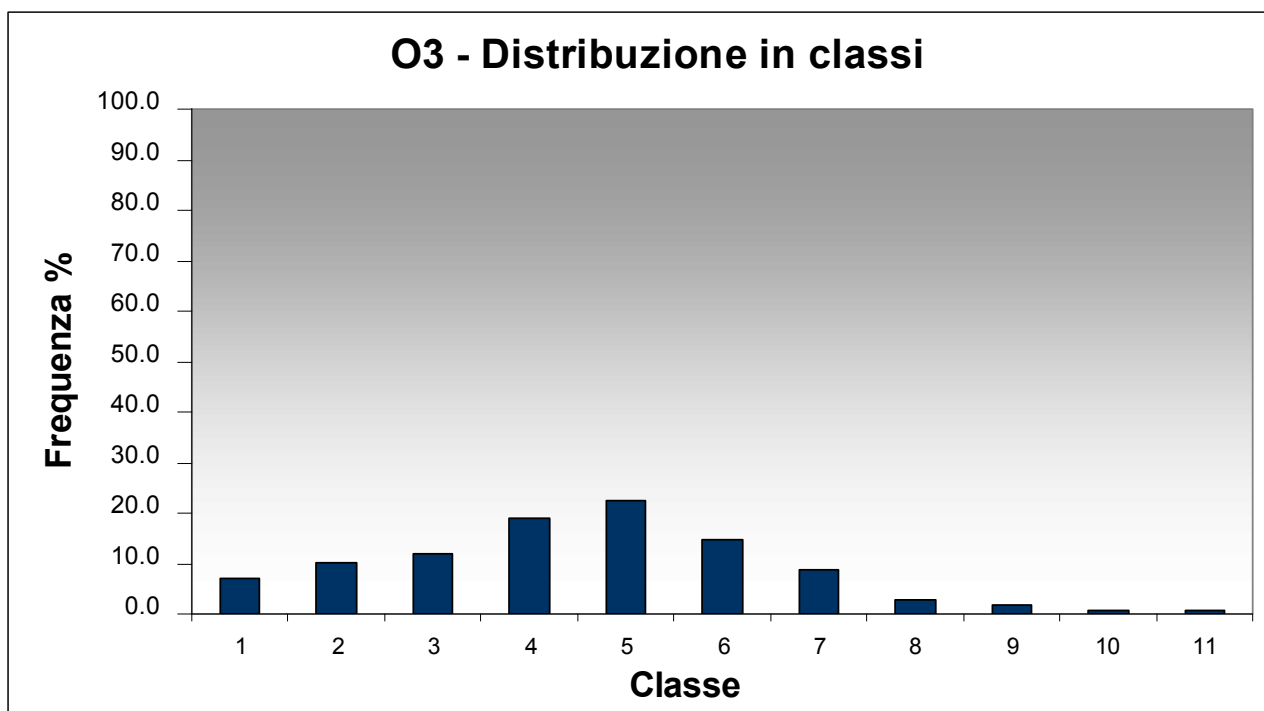
Estremi classe	Min ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	0,1	0,7
2	0,7	1,3
3	1,3	1,9
4	1,9	2,5
5	2,5	3,1
6	3,1	3,7
7	3,7	4,3
8	4,3	5,0
9	5,0	5,6
10	5,6	6,2
11	6,2	6,8

grafico 1.7.3. istogramma distribuzione in classi biossido di azoto



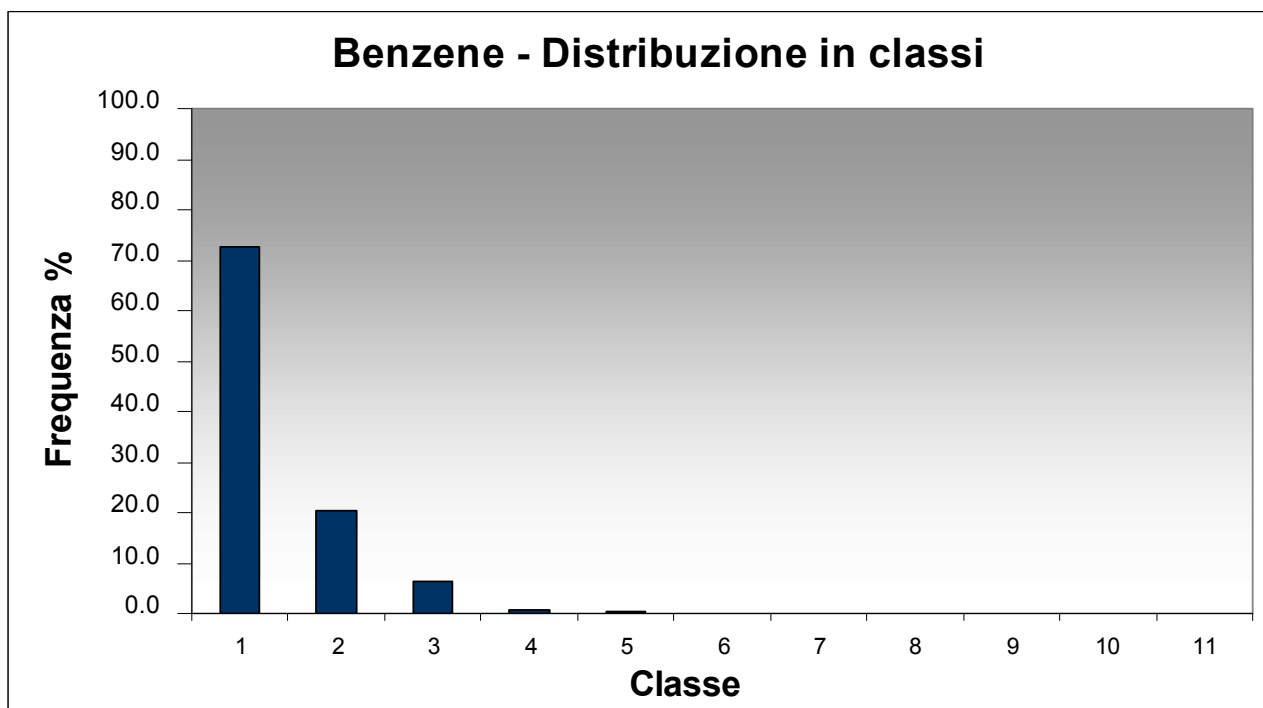
Estremi classe	Min ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	1	7
2	7	13
3	13	18
4	18	24
5	24	30
6	30	36
7	36	41
8	41	47
9	47	53
10	53	59
11	59	64

grafico 1.7.4. istogramma distribuzione in classi ozono



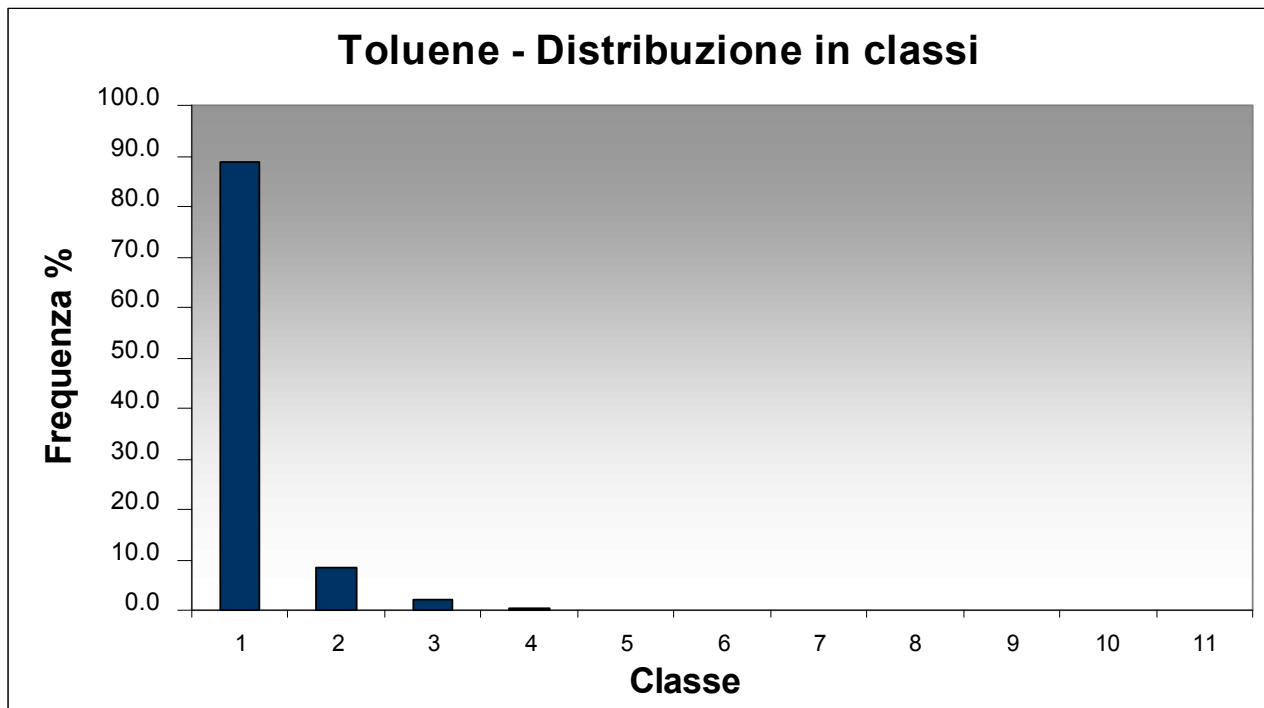
Estremi classe	Min ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	3	14
2	14	25
3	25	36
4	36	47
5	47	58
6	58	68
7	68	79
8	79	90
9	90	101
10	101	112
11	112	123

grafico 1.7.5. istogramma distribuzione in classi benzene



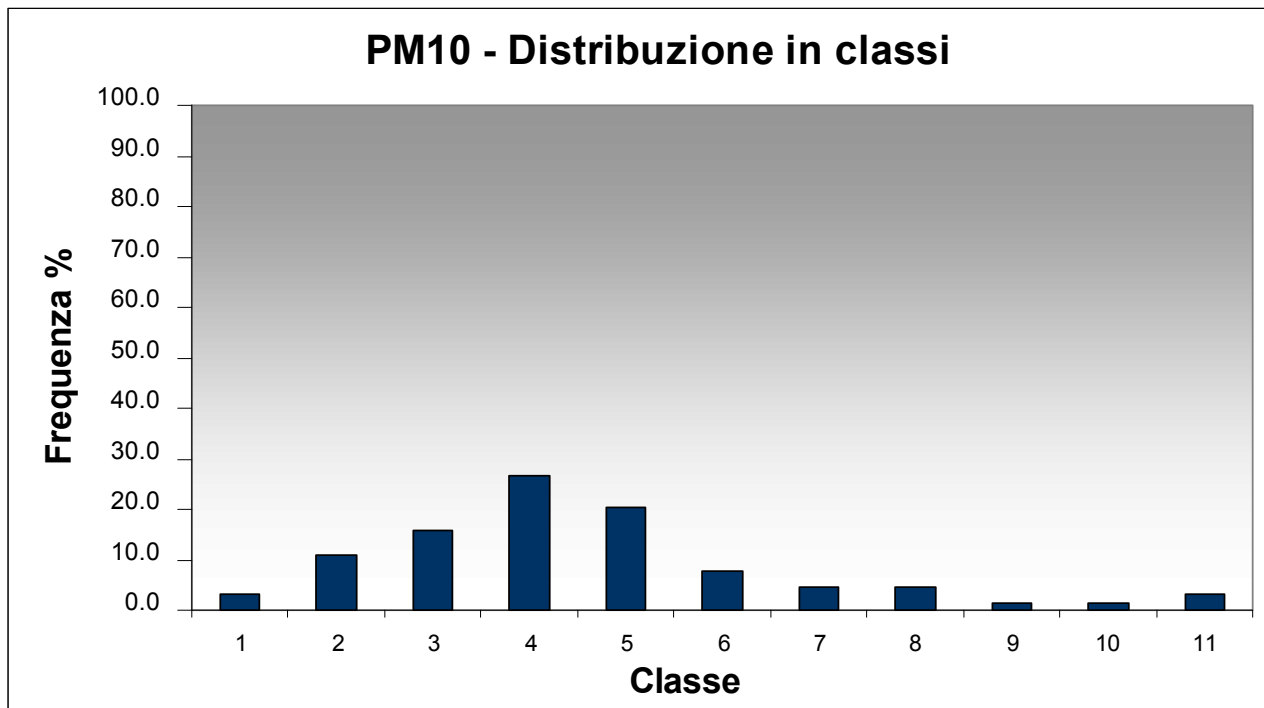
Estremi classe	Min ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	0,0	0,6
2	0,6	1,2
3	1,2	1,8
4	1,8	2,4
5	2,4	3,1
6	3,1	3,7
7	3,7	4,3
8	4,3	4,9
9	4,9	5,5
10	5,5	6,1
11	6,1	6,7

grafico 1.7.6. istogramma distribuzione in classi toluene



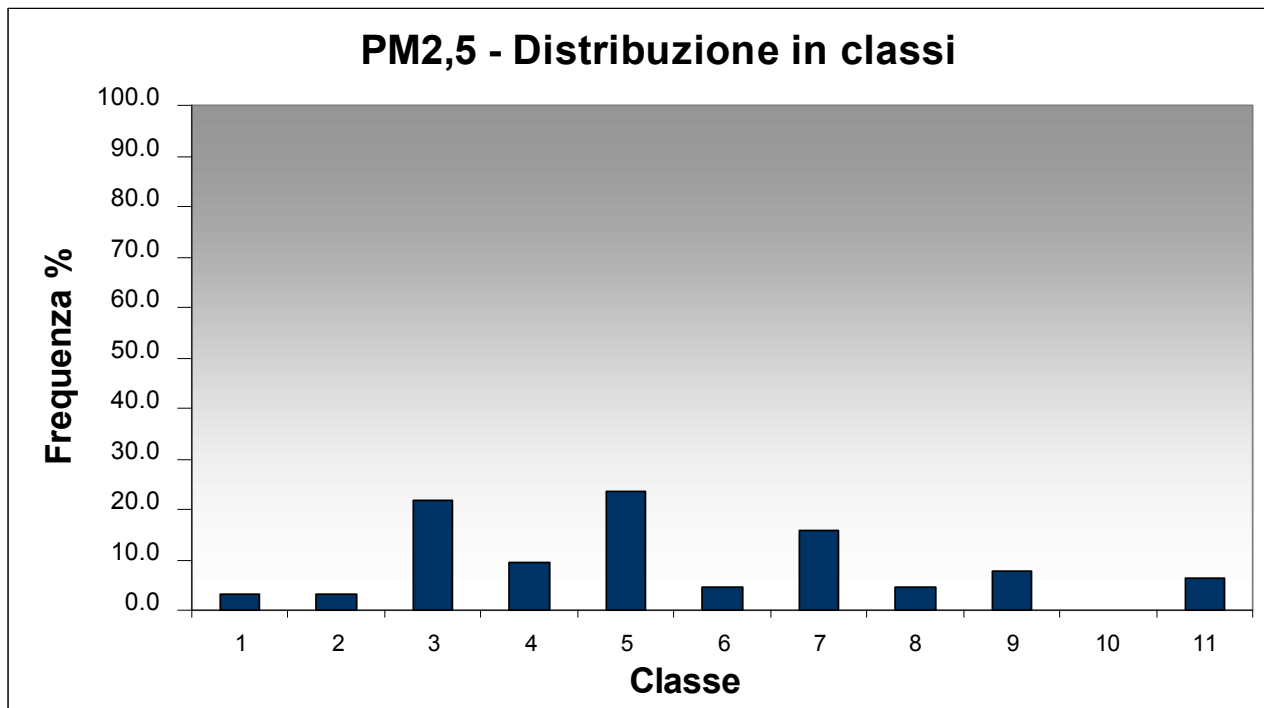
Estremi classe	Min ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	0,0	2,1
2	2,1	4,1
3	4,1	6,2
4	6,2	8,2
5	8,2	10,3
6	10,3	12,4
7	12,4	14,4
8	14,4	16,5
9	16,5	18,6
10	18,6	20,6
11	20,6	22,7

grafico 1.7.7. istogramma distribuzione in classi materiale particolato PM10



Estremi classe	Min ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	4	7
2	7	9
3	9	12
4	12	15
5	15	17
6	17	20
7	20	22
8	22	25
9	25	28
10	28	30
11	30	33

grafico 1.7.8. istogramma distribuzione in classi materiale particolato PM2,5



Estremi classe	Min ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	2	3
2	3	5
3	5	6
4	6	8
5	8	9
6	9	11
7	11	12
8	12	14
9	14	15
10	15	17
11	17	18

Allegato 2 elaborazione dei dati meteorologici

Velocità del vento

Grafico 2.1 giorno tipo

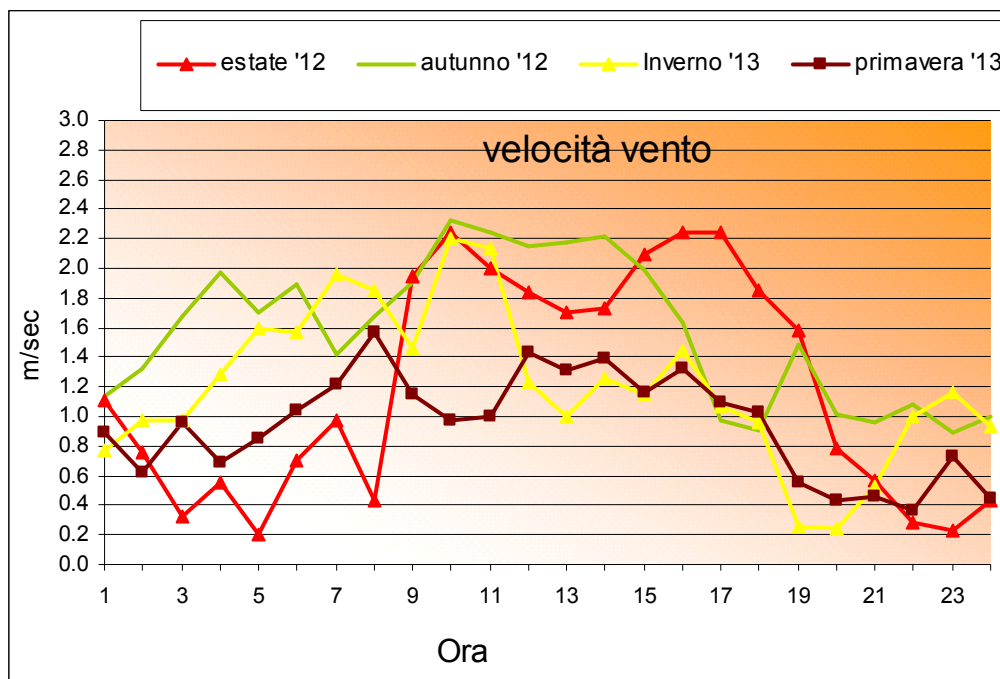
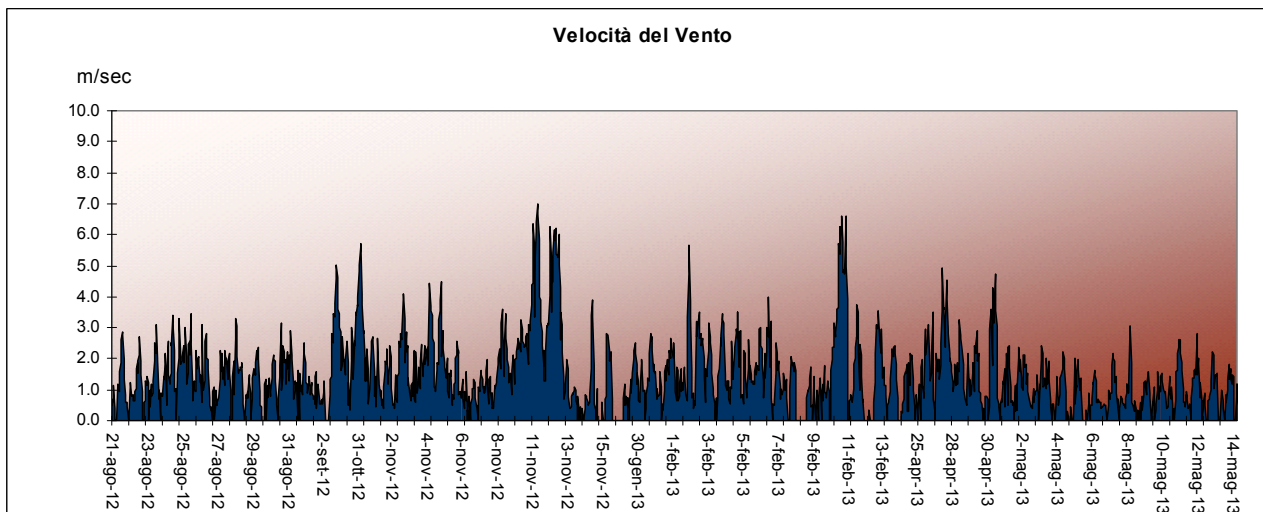


grafico 2.2 andamenti valori medi orari



Il valore massimo della velocità del vento è stato raggiunto il giorno 11 novembre 2012 alle ore 9 con 7 m/sec.

Rosa dei venti stagionale

grafico 2.3 rosa dei venti estate 2012

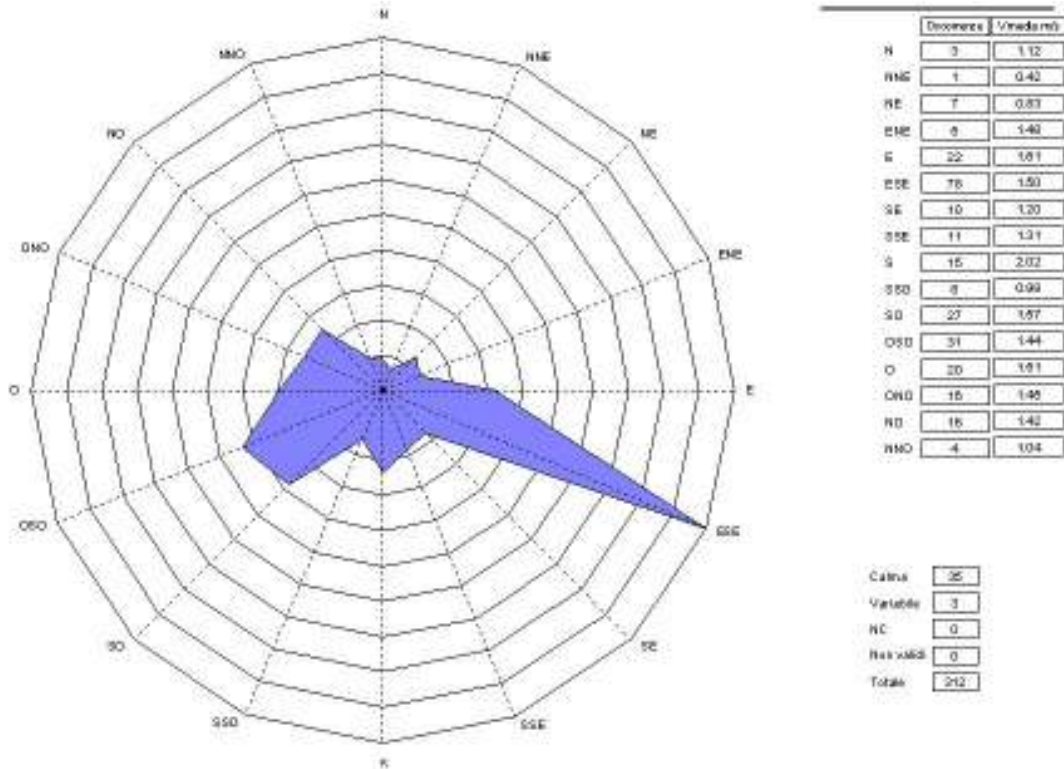


grafico 2.4 rosa dei venti autunno 2012

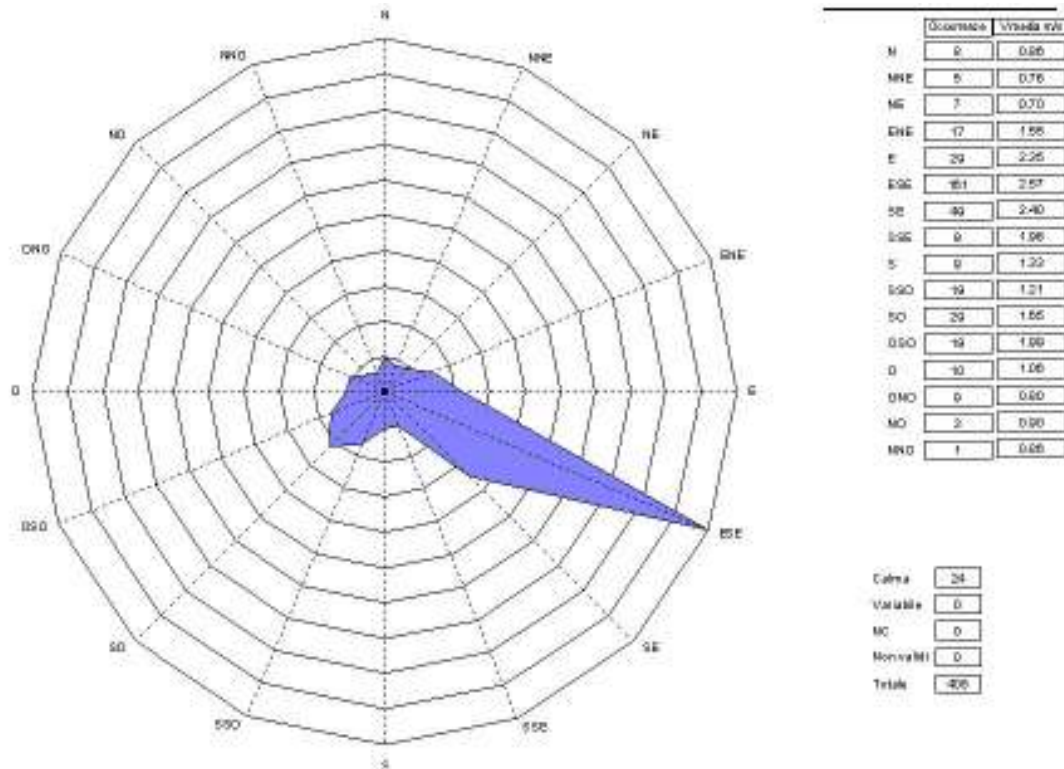


grafico 2.5 rosa dei venti inverno 2013

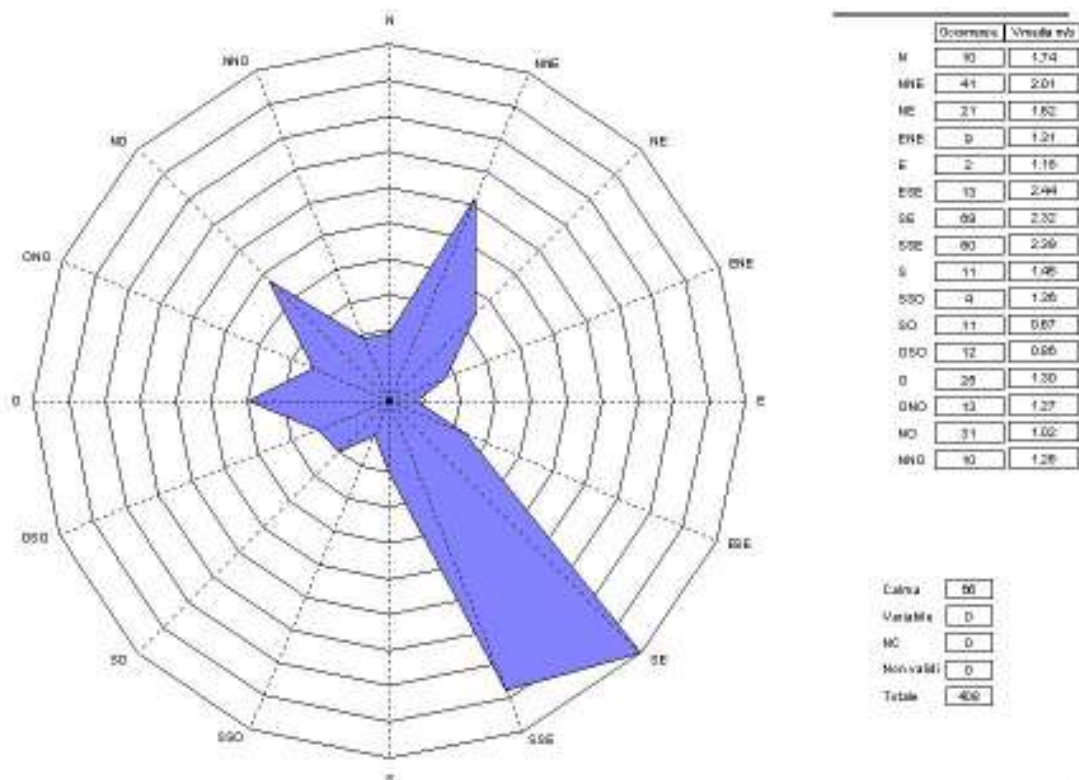


grafico 2.6 rosa dei primavera 2013

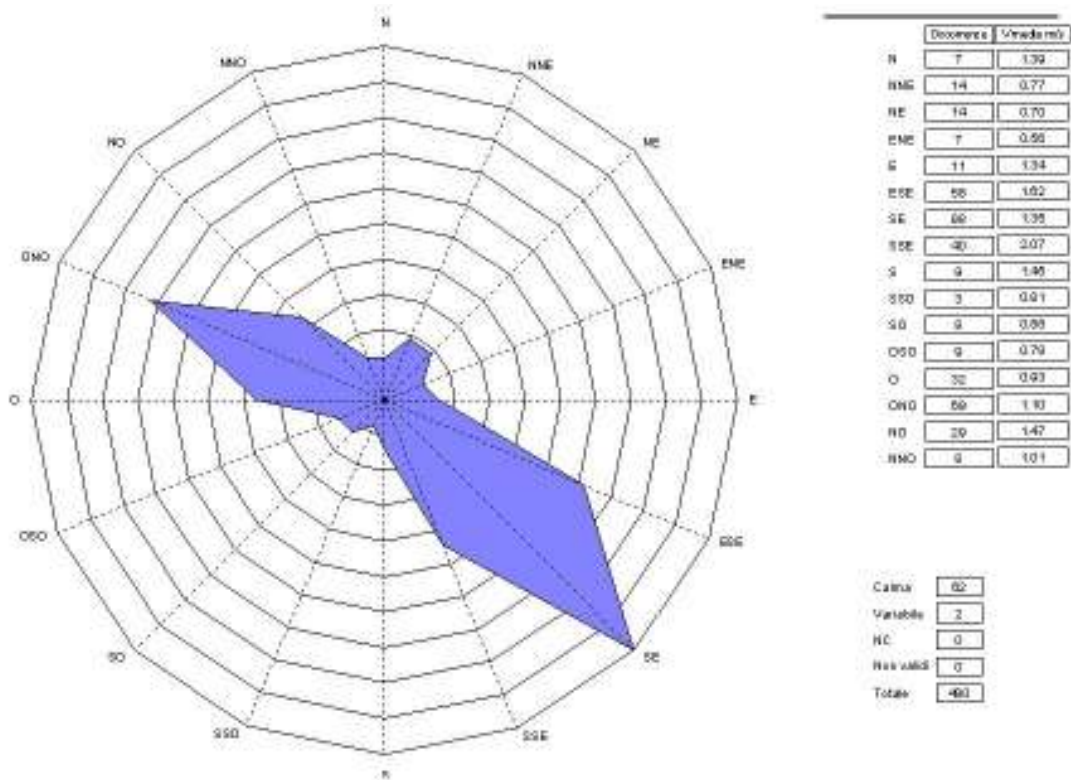


grafico 2.7 andamenti valori medi orari – temperatura dell'aria

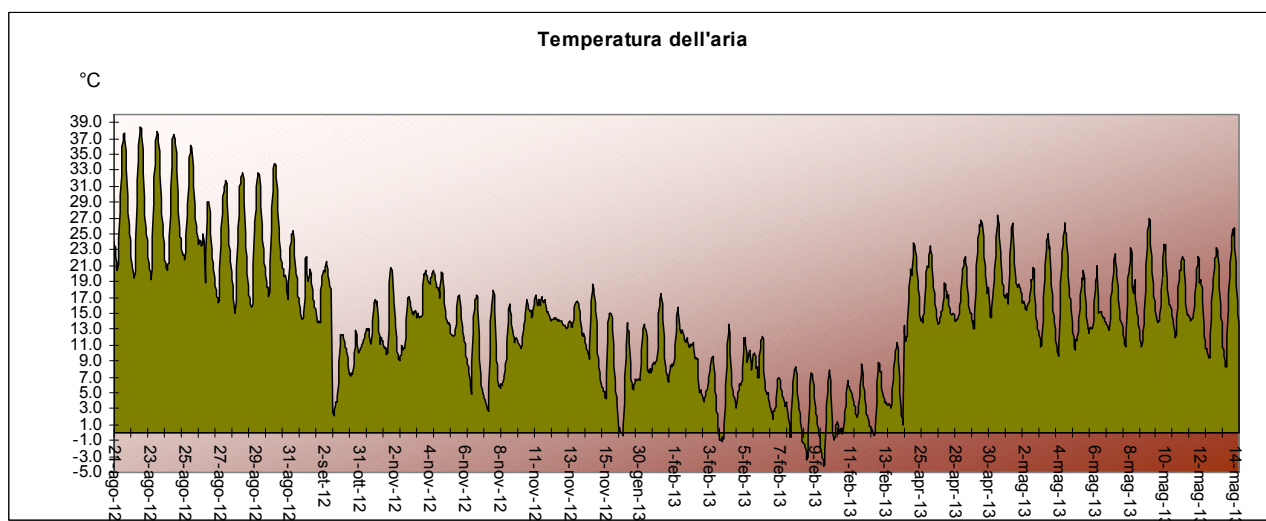


grafico 2.8 andamenti valori medi orari – umidità dell'aria

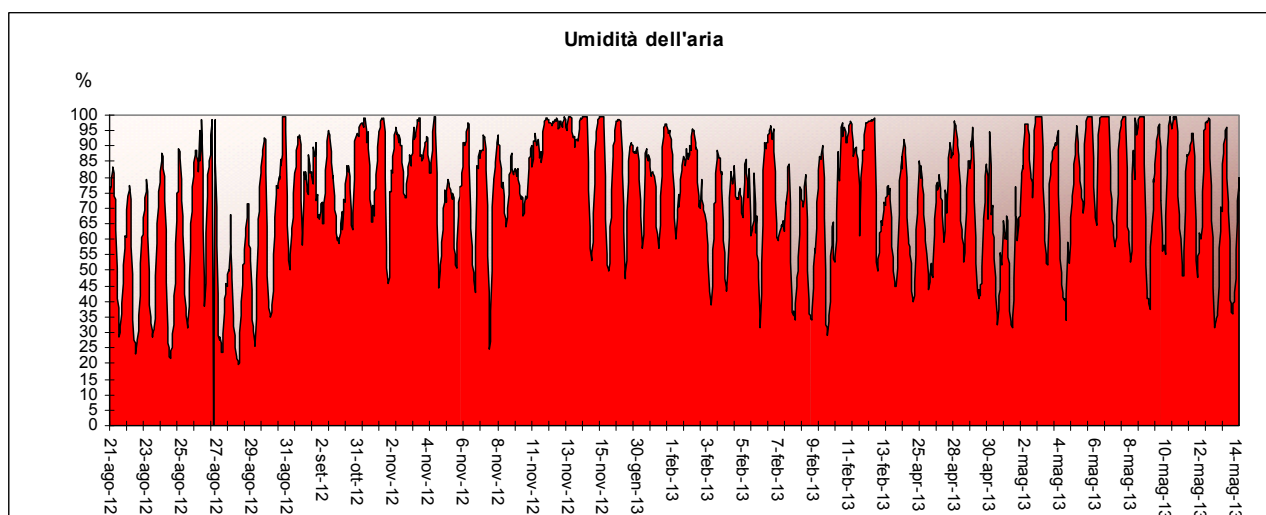


Tabella 2..1 indicatori di sintesi velocità del vento, temperatura ed umidità dell'aria

	VV (m/sec)	TEMP (°C)	UMID. (%)
Minimo	0,0	-4,3	20
Massimo	7,0	38,6	100
Mediana	1,3	14,5	77
Media	1,5	14,7	74

VV = velocità del vento

TEMP = temperatura dell'aria

UMID = umidità dell'aria

Allegato 3. Caratteristiche tecniche analizzatori/sensori

tabella 3.1 caratteristiche tecniche analizzatori e sensori meteo

Inquinante	Marca Modello	N. serie	Principio Misura	Limite Rilevabilità	Precisione
O ₃	Philips K50110	24562-216	Assorbimento UV	2 ppb	2 ppb
NO _x	Thermo 42i	1289-074	Chemiluminescenza	0,40 ppb per misure mediate su 60 secondi	±0,4 ppb - campo 500 ppb
SO ₂	PHILIPS K50206	28680-232	Fluorescenza UV	1 ppb con misure mediate su 60 secondi	% del valore letto o 1 ppb
CO	API 300 A	615	Correlazione Infrarosso	50 ppb	0,5 %
PM10-PM2,5	FAI DC 5a	292	Attenuazione raggi β	1 µg/m ³	± 0,3 µg (ciclo di 24 ore portata operativa 2,3 m ³ /h)
C ₆ H ₆	Chromatec Air Toxic GC866	26881211	Gasromatografia PID	≤ 0,01 ppb (0,0325 µg/m ³ per il benzene)	< 2% su 48 ore a 1 ppb
DV	MTX FAR 200 AG		Sistema a banderuola ad uscita potenziometrica	0,08 gradi	± 2 gradi
VV	MTX FAR 300CA		mulinello a 3 coppe girevole intorno ad un asse verticale e trasduttore, costituito da un fotochopper	0,2 m/s	± 1% del valore letto
TEMP/UMR	MTX FAR 091AA		termoresistenza al platino (Pt100) classe 1/3 DIN /capacitivo a polimeri igroscopici	risoluzione 0,01% U.R.	TEMP = +/- 0.1 °C UMR = da 5 a 95% u.r.: ± 1,5% u.r. < 5% u.r. e > 95% u.r.: ± 2% u.r

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.

MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)

E' un gas incolore ed inodore che si forma dai processi di combustione in carenza di ossigeno, situazione che si verifica in vario grado nei motori degli autoveicoli soprattutto a bassi regimi ed in decelerazione, negli impianti di riscaldamento e negli impianti industriali. Un'altra fonte estremamente significativa è rappresentata dal fumo di sigaretta.

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 (PM_{10-2,5} detto anche frazione grossolana del PM₁₀) dall'atmosfera nel giro di poche ore dall'emissione, il PM_{2,5} 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 PM_{2,5} 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 PM_{2,5} danneggia seriamente la salute aumentando i decessi per malattie cardio-respiratorie e cancro del polmone. La crescita delle concentrazioni di PM_{2,5} 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.

OZONO (O₃)

E' un gas fortemente ossidante che si forma nella bassa atmosfera per reazioni fotochimiche attivate dalla luce solare, che danno origine allo smog fotochimico. La formazione di elevate concentrazioni di ozono è un fenomeno prettamente estivo, legato alla potenzialità della radiazione solare, alle alte temperature e alla presenza di sostanze chimiche (idrocarburi e biossido di azoto) dette precursori, che attivano e alimentano le reazioni fotochimiche producendo ozono, radicali liberi, perossidi ed altre sostanze organiche fortemente ossidanti. Il problema dell'ozono ha la sua origine nell'ambiente urbano.

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.

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	Data alla quale il valore limite deve essere raggiunto
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.	1.01.2010
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m ³ NO ₂	1.01.2010
Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	Anno civile	30 µg/m ³ NO _x	1.01.2010
Soglia di allarme	Anno civile Superamento di 3 ore consecutive	400 µg/m ³ NO ₂	1.01.2010

Tabella 2 all. 5 MONOSSIDO DI CARBONIO – normativa e limiti (D.Lgs. 155/2010)

CO	Periodo di mediazione	Valore limite	Data alla quale il valore limite deve essere raggiunto
Valore limite orario per la protezione della salute umana.	Media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m ³	1.01.2005

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

O ₃	Periodo di mediazione	Valori di riferimento
Soglia di informazione.	Media massima oraria	180 µg/m ³
Soglia di allarme.	Media massima oraria.	240 µg/m ³
Valore bersaglio per la protezione della salute umana.	Media su 8 ore massima giornaliera.	120 µg/m ³ da non superare più di 25 giorni per anno civile come media su tre anni
Valore bersaglio per la protezione della vegetazione	AOT40, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	18.000 µg/m ³ come media su 5 anni
Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana.	Media su 8 ore massima giornaliera.	120 µg/m ³
Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione.	AOT40, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	6.000 µg/m ³
Beni materiali	Media Annuale	40 µg/m ³

Tabella 4 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 è applicato un margine di tolleranza del 20 % al giorno 11 giugno 2008, con riduzione il 1 gennaio successivo e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0% il 1 gennaio 2015	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