


Relazione sulla qualità dell'aria

Anno 2013



Relazione redatta ai sensi del
D. Lgs. 155/2010
L. R. 16/2011

ARPA MOLISE

DIREZIONE GENERALE

dott. Quintino PALLANTE

DIREZIONE TECNICO SCIENTIFICA

dott.ssa Annamaria MANUPPELLA

U.O.C. delle Attività Tecniche ed Informatiche

dott.ssa Maria Grazia CERRONI

Gestione Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria

sig. Giovanni GUGLIELMI, sig. Antonello MASTROMONACO, ing. Luigi PIERNO, dott.ssa Michela PRESUTTI

DIPARTIMENTO di CAMPOBASSO

dott. Arturo LUCCI

Area Funzionale delle Attività Laboratoristiche

dott.ssa Raffaella BISIGNANI



La politica per la tutela della qualità dell'aria in Europa, contenuta nel Sesto Programma di Azione per l'Ambiente, è fortemente incentrata sul raggiungimento di livelli di qualità che non comportino rischi per la salute umana e per l'ambiente; in tale contesto è stata emanata la Direttiva Comunitaria 2008/50/CE, recepita in Italia con il D.Leg.vo n° 155/2010, modificato con il D.Leg.vo n° 250/2012. Tali Decreti costituiscono una norma quadro che ingloba ed armonizza le precedenti normative italiane in materia di qualità dell'aria (D.Leg.vo n° 351/99, D.M. n° 60/2002, D.Leg.vo n° 183/2004, D.Leg.vo n° 152/2007); a seguito dell'emanazione delle predette Norme, la Regione Molise ha emanato la legge regionale n° 16/2011: "Disposizioni per la tutela dell'ambiente in materia di inquinamento atmosferico".

La legge regionale prevede, tra l'altro, l'individuazione e classificazione delle zone ed agglomerati, nonché il controllo della qualità dell'aria tramite centraline fisse. Il presente rapporto fornisce informazioni preziose sulla qualità dell'aria nella Regione Molise; esso descrive per la prima volta in modo esaustivo l'andamento degli inquinanti monitorati; il documento, inoltre, contribuisce significativamente non solo al miglioramento della conoscenza dello stato della qualità dell'aria nella Regione Molise, ma anche alla corretta gestione del rischio industriale. Esso, infatti, risulterà importante, a seguito della zonizzazione, per una riorganizzazione della rete di centraline fisse e mobili della Regione, al fine di migliorare la rappresentatività spaziale del monitoraggio, nel rispetto dei principi di efficienza, efficacia ed economicità.

Nella progettazione della nuova rete verranno presi in considerazione gli elementi cardine previsti dalla normativa che concorrono alla corretta valutazione della qualità dell'aria: inventario emissioni, modellistica della dispersione degli inquinanti. Per quanto riguarda la modellistica, sono in corso di valutazione dei sistemi che permetteranno di definire la qualità dell'aria integrando le misure strumentali "in situ" con stime di carattere modellistico, sulla base della previsione degli effetti del trasporto degli effluenti; ciò consentirà di estendere la rappresentatività spaziale delle misure anche a quelle porzioni di territorio "omogenee" dal punto di vista della zonizzazione, dove non sono presenti stazioni di misura, né potenziali fonti emissive; la valutazione modellistica, inoltre fornirà informazioni anche su scala temporale, fornendo una previsione della qualità dell'aria su tre giorni.

Per quel che concerne, invece, il monitoraggio, è stato già intrapreso anche quello dei metalli, i cui risultati saranno resi noti attraverso il sito internet dell'ARPA Molise, che subirà un restyling, in modo da fornire ulteriori informazioni in materia di qualità dell'aria.

In definitiva, l'impegno dell'ARPA consentirà anche di favorire le opportune scelte della classe politica, nella gestione degli insediamenti di complessi industriali con fonti emissive significative.

L'ARPA Molise si pone, pertanto, l'obiettivo di aggiornare annualmente il rapporto sulla qualità dell'aria, fornendo così alla Regione il suo indispensabile supporto tecnico, in risposta al bisogno di informazioni capillari sullo stato della qualità dell'aria del Molise da parte di tutti gli Stakeholder, sia pubblici che privati, nell'ottica di voler fornire un contributo importante alla gestione sostenibile del territorio.

*dott.ssa Annamaria MANUPPELLA
Direttore Tecnico Scientifico ARPA Molise*

*dott. Quintino PALLANTE
Direttore Generale ARPA Molise*

SOMMARIO

Sommario	1
Indice figure	2
Indice tabelle	2
Indice grafici	2
Premessa	6
La qualità dell'aria	7
<i>La qualità dell'aria in Molise</i>	10
La rete di rilevamento della qualità dell'aria	10
<i>Valutazione della qualità dell'aria in Molise nel 2013</i>	12
La validazione dei dati	12
Criteri per la verifica dei valori limite	13
NO₂	14
O₃	31
PM₁₀	43
SO₂	58
CO	63
BENZENE	68
<i>Indice qualità dell'aria</i>	69
Indice qualità dell'aria	69
<i>Allegati</i>	71
Caratteristiche degli inquinanti	71
L'inquinamento atmosferico.	73
Inquinanti primari e secondari.	74
La diffusione degli inquinanti.	74
Forme di inquinamento	77
<i>Bibliografia</i>	80

INDICE FIGURE

figura 1 - variabilità spaziale e temporale degli inquinanti in atmosfera.....	7
figura 2 - valutazione qualità dell'aria.....	9
figura 3 - dislocazione stazioni di rilevamento della qualità dell'aria	10
figura 4 - esterno.....	11
figura 5 - interno	11
figura 6 - effetto del tipo di atmosfera sul trasporto e diffusione di un pennacchio emesso in atmosfera.....	76

INDICE TABELLE

tabella 1 - scala spaziale fenomeni inquinanti.....	8
tabella 2 - stazioni di monitoraggio	11
tabella 3 - criteri calcolo parametri statistici	13
tabella 4 - limiti NO ₂	14
tabella 5 - risultati monitoraggio 2013 - NO ₂	14
tabella 6 - limiti O ₃	31
tabella 7 - risultato monitoraggio 2013 - O ₃	31
tabella 8 - limiti PM ₁₀	43
tabella 9 - risultato monitoraggio 2013 - PM ₁₀	43
tabella 10 - distribuzione classi medie giornaliere.....	47
tabella 11 - media annuale e copertura dati PM ₁₀ - 2013.....	56
tabella 12 - limiti SO ₂	58
tabella 13 -indice qualità dell'aria.....	69
tabella 14 - frequenza indice qualità dell'aria.....	70
tabella 15 - categorie e classi di stabilità atmosferiche	76

INDICE GRAFICI

grafico 1 - medie orarie NO ₂ - Campobasso1.....	15
grafico 2 - giorno tipo NO ₂ - Campobasso1	15
grafico 3 - confronto medie annuali NO ₂ - Campobasso1	16
grafico 4 - confronto giorno tipo NO ₂ - Campobasso1 anni 2007/2013	16
grafico 5 - confronto giorno tipo mensile - gennaio - marzo - NO ₂ - Campobasso1 anni 2007/2013.....	17
grafico 6 - confronto giorno tipo mensile - aprile - giugno - NO ₂ - Campobasso1 anni 2007/2013	18
grafico 7 - confronto giorno tipo mensile - luglio - settembre - NO ₂ - Campobasso1 anni 2007/2013...19	19
grafico 8 - confronto giorno tipo mensile - ottobre - dicembre - NO ₂ - Campobasso1 anni 2007/2013.....	20
grafico 9 - carta shewart NO ₂ Campobasso1 NO ₂ 2013.....	21
grafico 10 - medie orarie NO ₂ - Campobasso3.....	22
grafico 11 - giorno tipo NO ₂ Campobasso3.....	22
grafico 12 - giorno tipo - trimestrale - NO ₂ Campobasso3	22
grafico 13 - medie orarie NO ₂ - Campobasso4.....	23
grafico 14 - giorno tipo NO ₂ Campobasso4.....	23
grafico 15 - giorno tipo - trimestrale - NO ₂ Campobasso4	23
grafico 16 - medie orarie NO ₂ - Termoli1	24

grafico 17 – giorno tipo NO ₂ Termoli1	24
grafico 18 – giorno tipo – trimestrale - NO ₂ Termoli1.....	24
grafico 19 – medie orarie NO ₂ - Termoli2	25
grafico 20 – giorno tipo NO ₂ Termoli2	25
grafico 21 – giorno tipo – trimestrale - NO ₂ Termoli2.....	25
grafico 22 – medie orarie NO ₂ - Isernia1	26
grafico 23 – giorno tipo NO ₂ Isernia1	26
grafico 24 – giorno tipo – trimestrale - NO ₂ Isernia1	26
grafico 25 – medie orarie NO ₂ - Venafro1	27
grafico 26 – giorno tipo NO ₂ Venafro1	27
grafico 27 – giorno tipo – trimestrale - NO ₂ Venafro1.....	27
grafico 28 – medie orarie NO ₂ - Venafro2	28
grafico 29 – giorno tipo NO ₂ Venafro2	28
grafico 30 – giorno tipo – trimestrale - NO ₂ Venafro2.....	28
grafico 31 – medie orarie NO ₂ - Guardiaregia.....	29
grafico 32 – giorno tipo NO ₂ Guardiaregia	29
grafico 33 – giorno tipo – trimestrale - NO ₂ Guardiaregia.....	29
grafico 34 – medie orarie NO ₂ - Vastogirardi	30
grafico 35 – giorno tipo NO ₂ Vastogirardi.....	30
grafico 36 – giorno tipo – trimestrale - NO ₂ Vastogirardi	30
grafico 37 - valore massimo giornaliero media mobile 8h ozono - Vastogirardi	32
grafico 38 - valore massimo giornaliero media mobile 8h ozono - Guardiaregia.....	32
grafico 39 - valore massimo giornaliero media mobile 8h ozono - Campobasso3.....	33
grafico 40 - valore massimo giornaliero media mobile 8h ozono - Campobasso4.....	33
grafico 41 - valore massimo giornaliero media mobile 8h ozono - Termoli2	34
grafico 42 - valore massimo giornaliero media mobile 8h ozono - Venafro2	34
grafico 43 – valore massimo orario giornaliero ozono - Vastogirardi.....	35
grafico 44 - valore massimo orario giornaliero ozono - Guardiaregia.....	35
grafico 45 - valore massimo orario giornaliero ozono - Campobasso3	36
grafico 46 - valore massimo orario giornaliero ozono - Campobasso4	36
grafico 47 - valore massimo orario giornaliero ozono - Termoli2	37
grafico 48 - valore massimo orario giornaliero ozono - Venafro2	37
grafico 49 – giorno tipo stagionale ozono – radiazione solare globale – Venafro2 – primo trimestre.....	38
grafico 50 – giorno tipo stagionale ozono – radiazione solare globale – Venafro2 – secondo trimestre ...	38
grafico 51 – giorno tipo stagionale ozono – radiazione solare globale – Venafro2 – terzo trimestre	39
grafico 52 – giorno tipo stagionale ozono – radiazione solare globale – Venafro2 – quarto trimestre.....	39
grafico 53 – giorno tipo ozono – radiazione solare globale – Venafro2.....	40
grafico 54 – giorno tipo ozono -NO ₂ – Venafro2.....	40
grafico 55 – giorno tipo stagionale ozono – NO ₂ – Venafro2	41
grafico 56 – giorno tipo stagionale ozono – NO ₂ – Vastogirardi	41
grafico 57 – giorno tipo stagionale ozono – NO ₂ – Venafro2	41
grafico 58 – giorno tipo stagionale ozono – NO ₂ – Vastogirardi	41
grafico 59 – giorno tipo stagionale ozono – NO ₂ – Venafro2	41
grafico 60 – giorno tipo stagionale ozono – NO ₂ – Vastogirardi	41
grafico 61 – giorno tipo stagionale ozono – NO ₂ – Venafro2	41
grafico 62 – giorno tipo stagionale ozono – NO ₂ – Vastogirardi	41

grafico 63 – giorno tipo ozono tutte le stazioni	42
grafico 64 – confronto medie giornaliere PM ₁₀ tutte le stazioni.....	43
grafico 65 – medie mensili PM ₁₀ tutte le stazioni.....	44
grafico 66 – medie mensili PM ₁₀ Venafro1 – Venafro2.....	44
grafico 67 – giorno tipo PM ₁₀ Campobasso1	45
grafico 68 – giorno tipo PM ₁₀ Campobasso3	45
grafico 69 – giorno tipo PM ₁₀ Termoli1	45
grafico 70 – giorno tipo PM ₁₀ Termoli2	45
grafico 71 – giorno tipo PM ₁₀ Venafro1	45
grafico 72 – giorno tipo PM ₁₀ Venafro2	45
grafico 73 – giorno tipo PM ₁₀ – ZI Venafro2 – trim1	46
grafico 74 – giorno tipo PM ₁₀ – ZI Venafro2 – trim2	46
grafico 75 – giorno tipo PM ₁₀ – ZI Venafro2 – trim3	46
grafico 76 – giorno tipo PM ₁₀ – ZI Venafro2 – trim4	46
grafico 77 – frequenze medie giornaliere PM ₁₀	46
grafico 78 – variabilità medie giornaliere PM ₁₀	47
grafico 79 – medie giornaliere PM ₁₀ Campobasso1	48
grafico 80 – medie giornaliere PM ₁₀ Campobasso3	48
grafico 81 – confronto medie giornaliere PM ₁₀ Campobasso1 – Campobasso3.....	49
grafico 82 – giorno tipo PM ₁₀ Campobasso1 – Campobasso3	49
grafico 83 – medie giornaliere PM ₁₀ Termoli1	50
grafico 84 – medie giornaliere PM ₁₀ Termoli2	50
grafico 85 – medie giornaliere PM ₁₀ Termoli1 – Termoli2.....	51
grafico 86 – giorno tipo PM ₁₀ Termoli1 – Termoli2.....	51
grafico 87 – medie giornaliere PM ₁₀ Isernia1	52
grafico 88 – giorno tipo PM ₁₀ Isernia1	52
grafico 89 – medie giornaliere PM ₁₀ Venafro1.....	53
grafico 90 – medie giornaliere PM ₁₀ Venafro2.....	53
grafico 91 – medie giornaliere PM ₁₀ Venafro1 – Venafro2	54
grafico 92 – giorno tipo PM ₁₀ Venafro1 – Venafro2.....	54
grafico 93 – medie giornaliere PM ₁₀ Vastogirardi.....	55
grafico 94 – giorno tipo PM ₁₀ Vastogirardi.....	55
grafico 95 – medie mensili PM ₁₀ Venafro1 – Venafro2 - 2013.....	56
grafico 96 – medie giornaliere SO ₂ – Campobasso1.....	59
grafico 97 – giorno tipo SO ₂ Campobasso1	59
grafico 98 – medie giornaliere SO ₂ – Termoli1.....	60
grafico 99 – giorno tipo SO ₂ Termoli1	60
grafico 100 – medie giornaliere SO ₂ – Isernia1	61
grafico 101 – giorno tipo SO ₂ Isernia1	61
grafico 102 – medie giornaliere SO ₂ – Venafro1	62
grafico 103 – giorno tipo SO ₂ Venafro1.....	62
grafico 104 - massimo giornaliero media mobile 8 h - CO - Campobasso1	64
grafico 105 – giorno tipo CO Campobasso1.....	64
grafico 106 - massimo giornaliero media mobile 8 h - CO - Termoli1	65
grafico 107 – giorno tipo CO Termoli1	65
grafico 108 - massimo giornaliero media mobile 8 h - CO - Isernia1	66

grafico 109 – giorno tipo CO Isernia1.....	66
grafico 110 - massimo giornaliero media mobile 8 h - CO - Venafro1.....	67
grafico 111 – giorno tipo CO Venafro1	67
grafico 112 - massimo giornaliero media mobile 8 h - CO - tutte le stazioni	68
grafico 113 – frequenza indice qualità dell'aria.....	70

PREMESSA

Il Decreto Legislativo n. 155/2010 “Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell’aria ambiente e per un’aria più pulita in Europa”, così come modificato dal Decreto Legislativo n.250/2012, è la normativa cui si deve far riferimento per la corretta gestione della qualità dell’aria.

La presente relazione viene redatta in ottemperanza alla L. R. n. 16 del 22 luglio 2011 che detta disposizioni per la tutela dell’ambiente in materia di inquinamento atmosferico e che prevede, tra l’altro, la redazione, da parte di ARPA Molise, di un rapporto sulla valutazione dei livelli dei principali inquinanti monitorati dalla rete regionale di rilevamento della qualità dell’aria.

LA QUALITÀ DELL'ARIA

Le sostanze che vengono immesse in atmosfera a seguito delle attività umane possono produrre effetti indesiderati. Tale considerazione è alla base della definizione di inquinante fornita dall'Agenzia Europea per l'Ambiente: sostanza che, "imnessa direttamente (inquinanti primari) o indirettamente nell'aria (inquinanti secondari), può avere effetti nocivi sulla salute umana o sull'ambiente nel suo complesso". Una sostanza inquinante per l'aria, pertanto, può essere identificata secondo i suoi effetti temporanei o irreversibili, immediati o a lungo termine sull'uomo e sull'ambiente; sul fatto che sia in grado di produrre, reagendo con altri elementi naturali e non dell'atmosfera, sostanze a loro volta nocive.

Le sostanze inquinanti vengono, poi, classificate in base alla loro pericolosità, valutata dal punto di vista tossicologico (uomo) e della loro aggressività nei confronti dell'ambiente naturale o dei beni materiali.

Infine, siccome l'atmosfera può essere paragonata ad un reattore chimico nel quale i composti sono introdotti, rimossi ed evolvono su scale spaziali e temporali molto diverse, meglio rappresentate in Figura 1, in cui si distinguono

a. Categorie spaziali

- microscala: riguarda i fenomeni che hanno un'azione limitata a poche decine di metri
- scala urbana o locale che interessa aree metropolitane e/o industriali con un raggio di 10-50 km
- la mesoscala (scala regionale) caratteristica di fenomeni che interessano aree da alcune decine ad alcune centinaia di chilometri
- scala sinottica dalle centinaia alle migliaia di chilometri
- scala globale comprende scale oltre i 5000 km

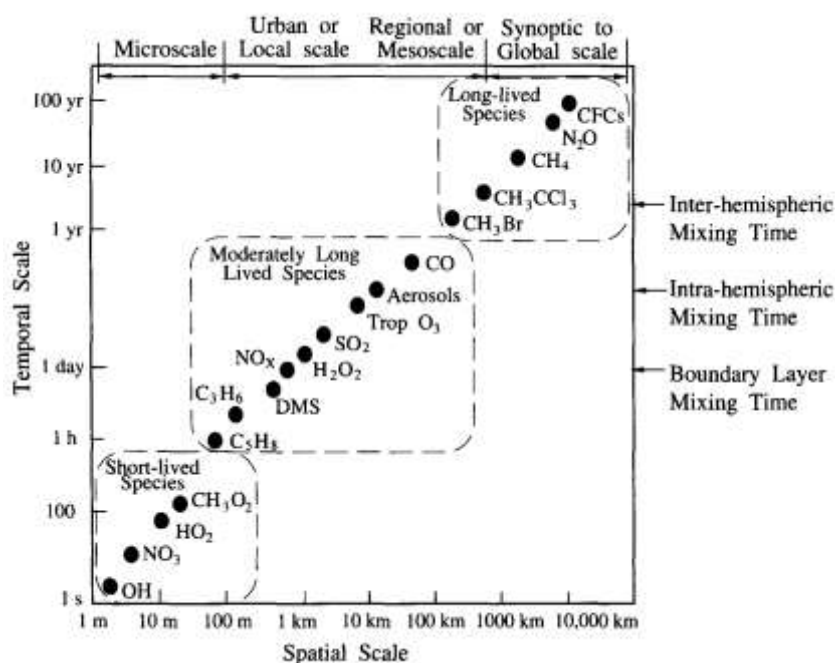


Figura 1 - variabilità spaziale e temporale degli inquinanti in atmosfera

Nella tabella seguente si riporta la scala di diversi fenomeni che si svolgono in atmosfera

Processo	Scala (km)
Inquinamento urbano	1-100
Inquinamento regionale	10-1000
Deposizione e piogge acide	100-2000
Inquinanti tossici	0.1-100
Assottigliamento dell'ozono stratosferico	1000-40000
Incremento dei gas serra	1000-40000
Interazioni aerosol-clima	100-40000
Trasporto troposferico e processi di ossidazione	1-40000
Interazione stratosfera-troposfera	0.1-100
Trasporto stratosferico e processi di ossidazione	1-40000

Tabella 1 – scala spaziale fenomeni inquinanti

b. Categorie temporali

Si definisce tempo di vita di una specie, l'intervallo medio nel quale una molecola di quella specie rimane in atmosfera prima che sia rimossa attraverso fenomeni fisici e trasformazioni chimiche. Il tempo di vita può variare da pochi centesimi di secondo a diversi anni. Le molecole con vita molto breve subiscono processi di trasporto a scala spaziale limitata, mentre le specie più stabili sono coinvolte in fenomeni a scala globale.

Strumenti per la valutazione della qualità dell'aria

Lo studio degli effetti degli inquinanti sulla salute della popolazione e dell'ecosistema in generale ha portato alla definizione di limiti di concentrazione che, se frequentemente superati, possono arrecare danni alla salute della popolazione e all'ambiente. La valutazione della conformità ai limiti può essere effettuata con diversi strumenti. Il classico monitoraggio della qualità dell'aria con la tradizionale rete di misurazione con stazioni fisse presenta, però, limiti operativi dovuti al fatto che le stazioni di misura non possono essere numerose come si vorrebbe per evidenti problemi economici (costi di investimento, costi di manutenzione). Bisogna, poi, considerare che la qualità dell'aria non dipende solo dal tasso di emissione delle sostanze inquinanti ma, anche dalle caratteristiche disperdenti dell'atmosfera. Infatti, come si evince chiaramente dalla figura 1, le sostanze immesse in atmosfera sono trasportate dalle masse d'aria in movimento entro la parte bassa della troposfera (PBL – Planetary Boundary Layer), vengono disperse dalla turbolenza e reagiscono chimicamente tra loro generando sostanze inquinanti secondarie, come l'ozono ed una parte del particolato, che anche se non emesse direttamente compaiono al suolo con concentrazioni rilevanti. Lo studio della dispersione degli inquinanti è molto complesso, ma realizzabile con sistemi modellistici realistici, utilizzabili per la previsione e la ricostruzione della qualità dell'aria. La conoscenza della qualità dell'aria, legata alla mera misurazione strumentale, inoltre, non prende in considerazione le cause dell'inquinamento atmosferico (tassi di emissione - inventario emissioni - capacità disperdente dell'atmosfera) di conseguenza fornisce un quadro della situazione limitato, anche in virtù del fatto che le stazioni di misurazione sono necessariamente poche in rapporto all'estensione territoriale, con la conseguenza di avere vaste porzioni del territorio prive di informazioni. Per i motivi anzidetti è nata, quindi, la necessità di affiancare alle tradizionali reti di monitoraggio altre metodologie, al verificarsi di talune condizioni, in grado di fornire ulteriori informazioni sui livelli di inquinamento che interessano un territorio. Per la

valutazione della qualità dell'aria, al fine di garantire una informazione dettagliata e continua della concentrazione al suolo dei principali inquinanti atmosferici che interessano un territorio, il D. Lgs. 155/10 promuove, pertanto, l'utilizzo di:

- *modelli matematici*
- *metodi statistici obiettivi*
- *misurazioni con stazioni mobili*

Quindi, la conoscenza della qualità dell'aria, è collocata in una visione integrata di strumenti a disposizione, dove le reti rappresentano uno dei tre elementi fondamentali insieme agli inventari delle emissioni ed alla modellazione dei processi diffusionali e di trasformazione chimica degli inquinanti.

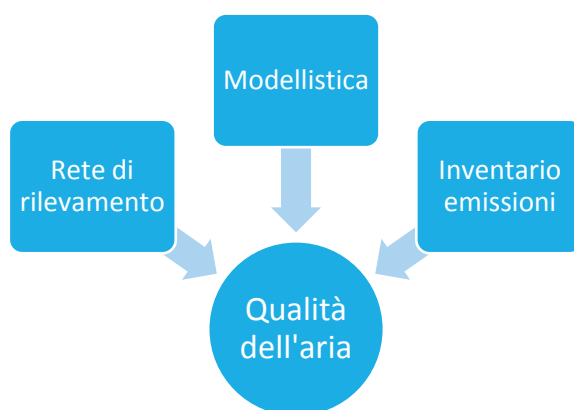


Figura 2 – valutazione qualità dell'aria

L'integrazione delle informazioni che hanno origine dal monitoraggio, dagli inventari di emissione e dai modelli, costituisce l'approccio ottimale al problema della valutazione e gestione della qualità dell'aria.

Infatti, i tre elementi concorrono alla valutazione in maniera integrata ma differenziata a seconda del livello di inquinamento della zona su cui viene effettuata la valutazione. L'informazione si estende quindi dalle misure provenienti dalle reti di rilevamento, agli inventari delle emissioni e ai dati, compresi quelli meteorologici, necessari all'impiego dei modelli di trasporto, dispersione e trasformazione chimica degli inquinanti, nel rispetto dei criteri dell'efficienza, dell'efficacia, dell'economicità.

La qualità dell'aria in Molise

La rete di rilevamento della qualità dell'aria

La qualità dell'aria in Molise è valutata attraverso l'utilizzo di una rete di rilevamento composta da 11 stazioni di monitoraggio fisse, di cui nove dislocate nei principali centri regionali (Campobasso, Isernia, Termoli e Venafro) secondo un criterio di urbanizzazione, due stazioni di fondo (Guardiaregia e Vastogirardi), per monitorare l'inquinamento di fondo.

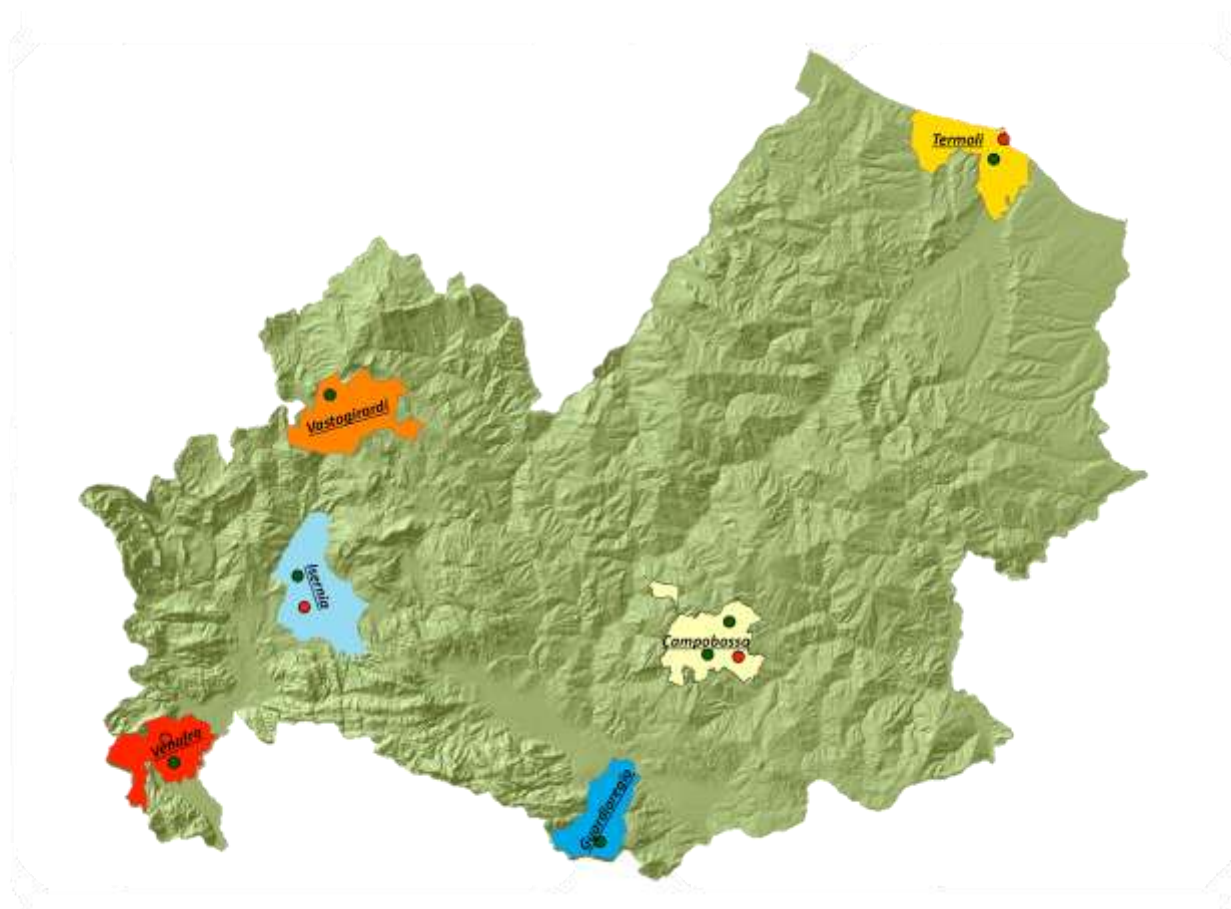


Figura 3 - dislocazione stazioni di rilevamento della qualità dell'aria

Nella tabella seguente si riporta la tipologia, la localizzazione e gli inquinanti monitorati per ognuna delle stazioni.

Denominazione stazione	Localizzazione	Tipologia	Inquinanti misurati
Campobasso1	Piazza Cuoco (CB)	Traffico	NO _x , SO ₂ , CO, PM ₁₀ , BTX.
Campobasso3	Via Lombardia	Background	NO _x , PM ₁₀ , O ₃ , BTX.
Campobasso4	Via XXIV Maggio	Background	NO _x , CO, O ₃ .
Termoli1	Piazza Garibaldi	Traffico	NO _x , SO ₂ , CO, PM ₁₀ , BTX.
Termoli2	Via Martiri della Resistenza	Traffico	NO _x , PM ₁₀ , O ₃ , BTX.
Isernia1	Piazza Puccini	Traffico	NO _x , SO ₂ , CO, PM ₁₀ , BTX.
Isernia2 ^a	Via Aldo Moro	Background	NO _x , O ₃ , PM ₁₀ , BTX.
Venafro1	Via Colonia Giulia	Traffico	NO _x , SO ₂ , CO, PM ₁₀ , BTX.
Venafro2	Via Campania	Background	NO _x , PM ₁₀ , O ₃ , BTX.
Guardiaregia ^b	Arcichiaro	Background	NO _x , SO ₂ , O ₃ .
Vastogirardi	Monte di Mezzo	Background	NO _x , PM ₁₀ , O ₃ .

Tabella 2 – stazioni di monitoraggio



Figura 4 – Esterno stazione di rilevamento della qualità dell'aria



Figura 5 – Interno stazione di rilevamento della qualità dell'aria

^a La stazione ISERNIA2 è attualmente ferma in attesa di ricollocazione.

^b La stazione Guardiaregia è stata individuata (con Decreto del Ministero dell'Ambiente del 29 novembre 2012) quale stazione di fondo in siti rurali per la misurazione dell'ozono in ottemperanza a quanto previsto all'articolo 8, comma 6 del decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155.

Valutazione della qualità dell'aria in Molise nel 2013

La validazione dei dati

La validazione dei dati è rappresentata dall'insieme delle attività, manuali o automatiche, sui valori numerici dei dati rilevati dalla RRQA, per la verifica del soddisfacimento di particolari requisiti, ottenuta a seguito di analisi e supportata da evidenza oggettiva al fine di evitare l'archiviazione e l'utilizzo di dati non validi, da non confondere con le procedure di QC utili a minimizzare questa tipologia di dati.

I criteri di validazione ed i limiti di accettabilità dei dati potranno essere variabili in funzione degli obiettivi della RRQA e del conseguente utilizzo dei dati da essa prodotti. Ad esempio, per campagne finalizzate di breve durata le serie temporali di interesse potranno essere validate con criteri diversi da quelli adottati quotidianamente per la validazione dei dati.

La validazione si può suddividere in tre fasi:

- A. Giornaliera
- B. Trimestrale
- C. Definitiva

Queste fasi nascono dalla seguente classificazione del dato:

- Grezzo: dato come acquisito dal sistema informatico in tempo reale
- Validato: dato validato il giorno successivo a quello di acquisizione
- Confermato: dato validato su base trimestrale (entro 10 giorni dalla fine del trimestre) per l'ozono tale dato deve essere confermato su base mensile nel periodo aprile-settembre
- Storicizzato: dato validato in maniera definitiva (entro 2 mesi dalla fine dell'anno civile)

Le attività di validazione possono essere distinte in due categorie:

- a) attività eseguite da personale qualificato, operante a stretto contatto con il sistema di misurazione della RRQA e che abbia maturato la necessaria esperienza sul comportamento e sulla distribuzione spazio-temporale degli inquinanti; per eseguire tale validazione si opera su due archivi:
 - a. uno chiamato grezzi, dove sono conservati i dati grezzi
 - b. uno chiamato validi, dove avvengono le operazioni di validazione da parte del personale incaricato in tal modo viene lasciata evidenza delle operazioni eseguite.
- b) attività di "filtraggio" eseguite sull'archivio dati mediante l'uso sistematico di tecniche statistiche per l'identificazione di outliers, serie anomale, rispetto di limiti fisici, etc.

Tutti i dati presentati nella relazione sono espressi con le unità di misura e riferiti alle condizioni previste dalla normativa.

Criteria per la verifica dei valori limite

Per la verifica della validità dell'aggregazione dei dati e del calcolo dei parametri statistici sono stati utilizzati i criteri previsti dalla norma vigente e che si riportano di seguito.

Parametro	Percentuale richiesta di dati validi
Valori su 1 h	75 % (ossia 45 minuti)
Valori su 8 h	75 % dei valori (ovvero 6 ore)
Valore medio massimo giornaliero su 8 h	75 % delle concentrazioni medie consecutive su 8 ore calcolate in base a dati orari (ossia 18 medie su 8 ore al giorno)
Valori su 24 h	75 % delle medie orarie (ossia almeno 18 valori orari)
Media annuale	90 % ^c dei valori di 1 ora o (se non disponibile) dei valori di 24 ore nel corso dell'anno

Tabella 3 - criteri calcolo parametri statistici

^c La prescrizione per il calcolo della media annuale non comprende le perdite di dati dovute alla calibrazione periodica o alla manutenzione ordinaria della strumentazione.

NO₂

Il D. Lgs. 155/10 prevede per il biossido di azoto (NO₂) i seguenti limiti

Tipologia	Indicatore statistico	Valore
Soglia di allarme	Superamento per 3h consecutive del valore soglia	400 µg/ m ³
Limite orario per la protezione della salute umana	Media 1 h	200 µg/ m ³ da non superare più di 18 volte per anno civile
Limite di 24 ore per la protezione della salute umana	Media annuale	40 µg/ m ³

Tabella 4 – limiti NO₂

Nella tabella seguente si riepilogano le statistiche riscontrate per il biossido di azoto nelle varie stazioni di misurazione.

Indicatori	CB1	CB3	CB4	TE1	TE2	IS1	VE1	VE2	GU	VA
Superamenti soglia allarme (#)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Superamenti media oraria (#)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Media annuale (µg/ m ³)	42	23	18	24	26	40	39	33	16	5
Copertura dati (%)	36	84	90	79	51	44	76	93	95	83

Tabella 5 – risultati monitoraggio 2013 - NO₂

Nessuna stazione ha registrato il superamento né della soglia d'allarme, né del valore limite orario.

Per quel che riguarda la soglia annuale, la verifica può essere effettuata solo per le stazioni di Campobasso4, Venafro2 e Guardiaregia, che rappresentano le uniche stazioni dove si è raggiunta la soglia stabilita dalla normativa per quel che concerne la copertura dei dati, che deve essere non inferiore al 90%. In nessuna delle stazioni suddette si è verificato il superamento dei 40 µg/m³ previsto dalla legge.

Dall'analisi dei grafici del giorno tipo, riportati nelle pagine seguenti, emerge

- un andamento bimodale del biossido di azoto, ad eccezione delle stazioni Guardiaregia e Vastogirardi, con dei picchi nelle ore di maggior traffico veicolare ovvero al mattino (ore 7-9) ed alla sera (18-20)
- un andamento stagionale (giorno tipo trimestrale) in cui si presentano valori più elevati nel primo e quarto trimestre, evidenziando il contributo dovuto al riscaldamento residenziale

Campobasso 1

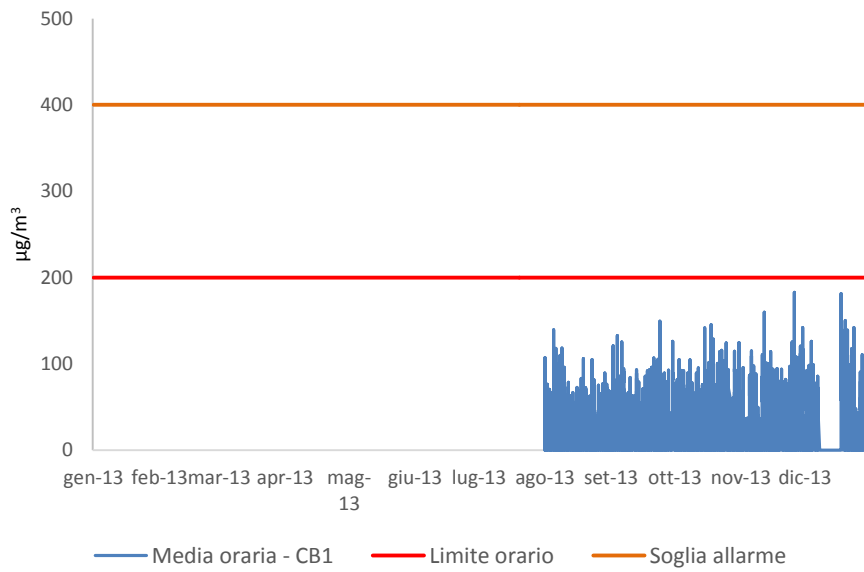


Grafico 1 – medie orarie NO₂ – Campobasso1

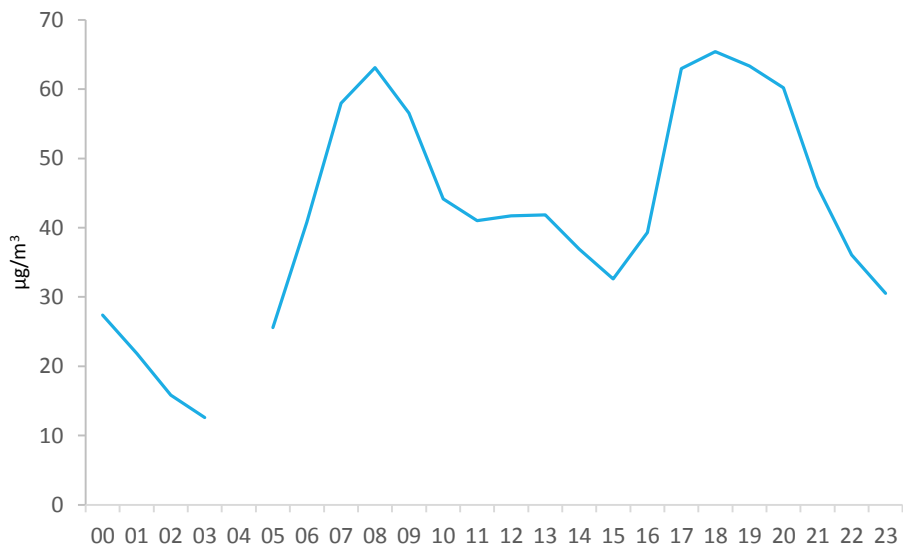


Grafico 2 – giorno tipo NO₂ – Campobasso1

Per la stazione Campobasso1, nel 2013 la media annuale si sarebbe attestata a 42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ anche se non essendo stata raggiunta la soglia di copertura dei dati prevista dalla normativa, pari al 90%, non si può parlare di valore superato. Infatti, la raccolta dati si è fermata al 36%.

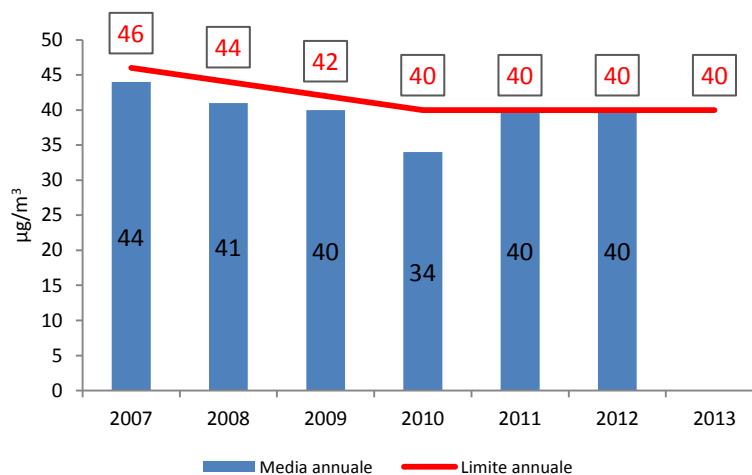


Grafico 3 – confronto medie annuali NO_2 – Campobasso1

La raccolta dati così bassa è stata dovuta ad un malfunzionamento riscontrato sulla linea di prelievo. La invalidazione dei dati è stata riscontrata in quanto una delle fasi di validazione dei dati prevede il confronto di alcuni indici statistici con gli anni precedenti; da questi confronti si è notato un aumento della media annuale durante tutto il corso dell'anno (circa il 30%), senza che ci fosse un motivo evidente per giustificare tale tendenza, che si apprezza meglio da un confronto del grafico del giorno tipo nel periodo 2007/2013.

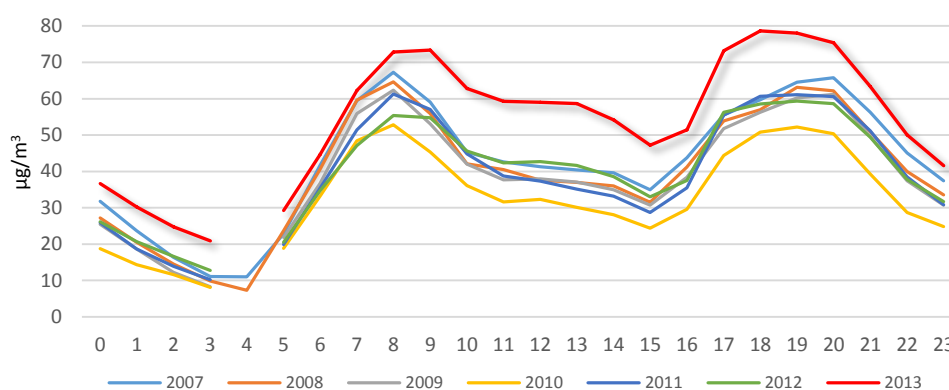


Grafico 4 – confronto giorno tipo NO_2 – Campobasso1 anni 2007/2013

A seguito di questa osservazione, è stato richiesto un intervento alla ditta di manutenzione sull'analizzatore di NO_2 , intervento effettuato in data 01/08/2013 in cui è stata riscontrata un'anomalia sul sistema di aspirazione del flusso di aria in ingresso allo strumento. In seconda analisi, si è ravvisata la necessità di stimare l'ampiezza dell'arco temporale in cui si è, verosimilmente, manifestata questa anomalia. Come prima cosa è stato effettuato un confronto, su base mensile, del giorno tipo nel periodo 2007/2013.

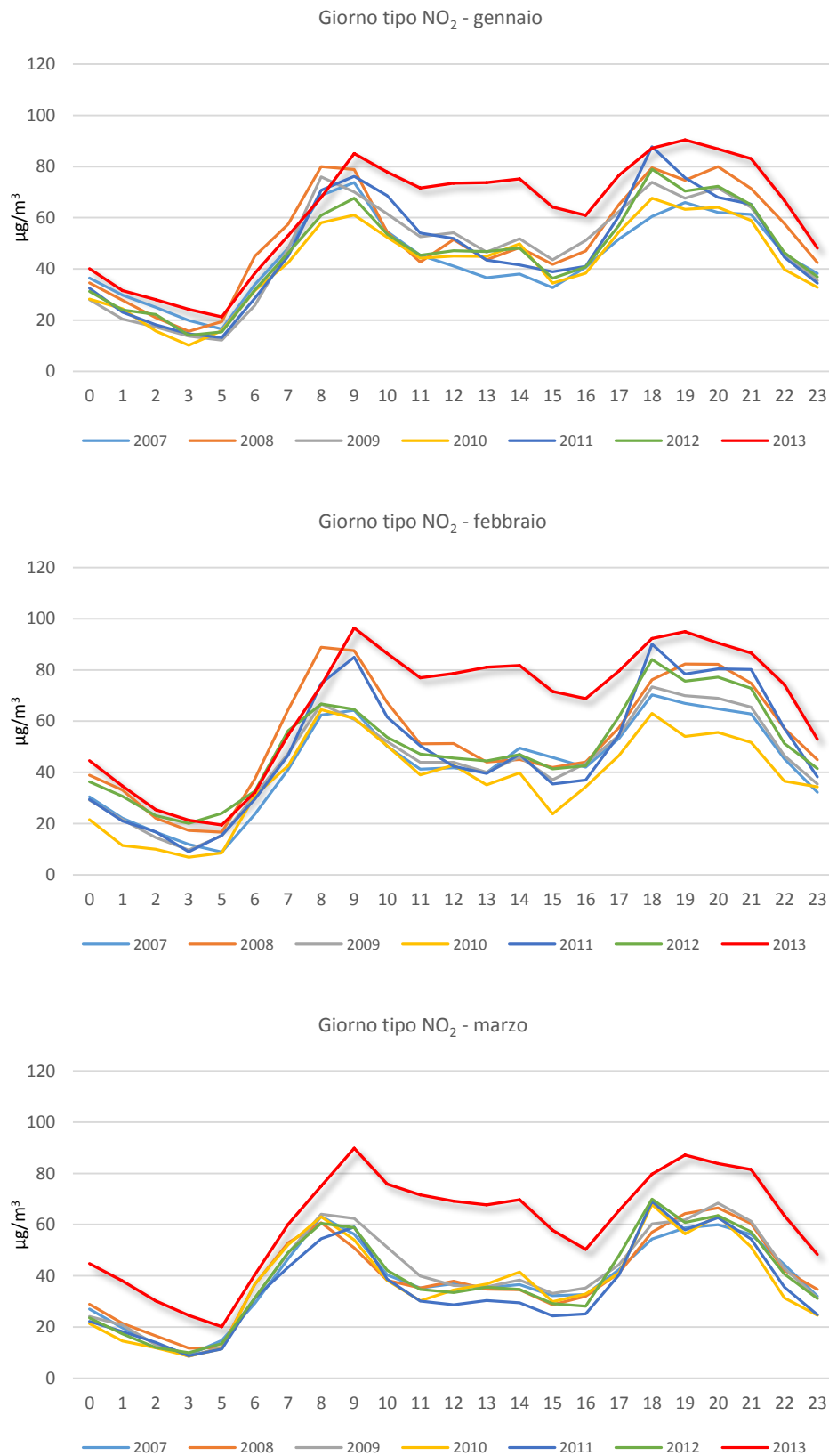
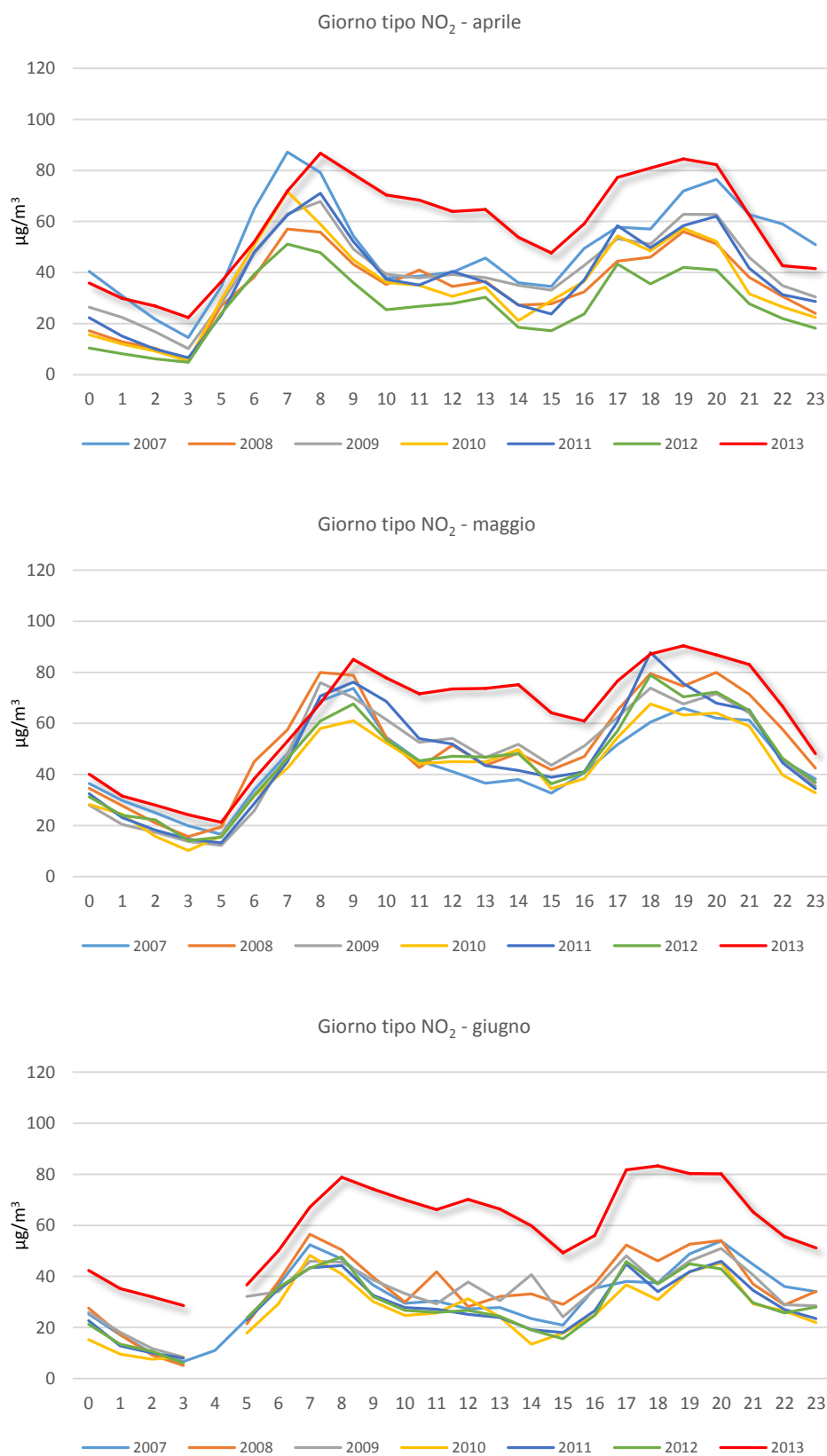


Grafico 5 – confronto giorno tipo mensile – gennaio – marzo - NO₂ – Campobasso1 anni 2007/2013

Grafico 6 - confronto giorno tipo mensile - aprile - giugno - NO₂ - Campobasso1 anni 2007/2013

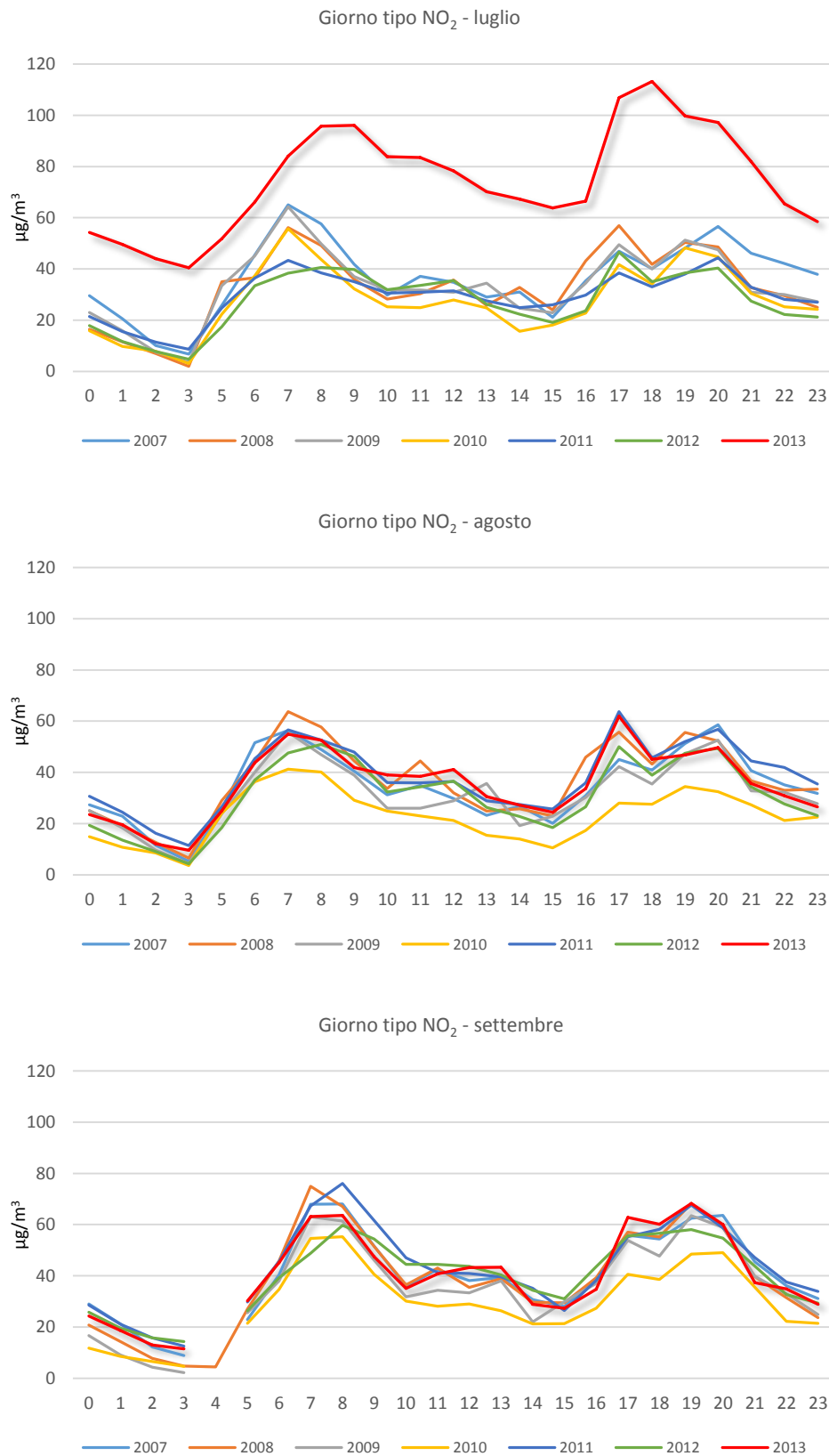
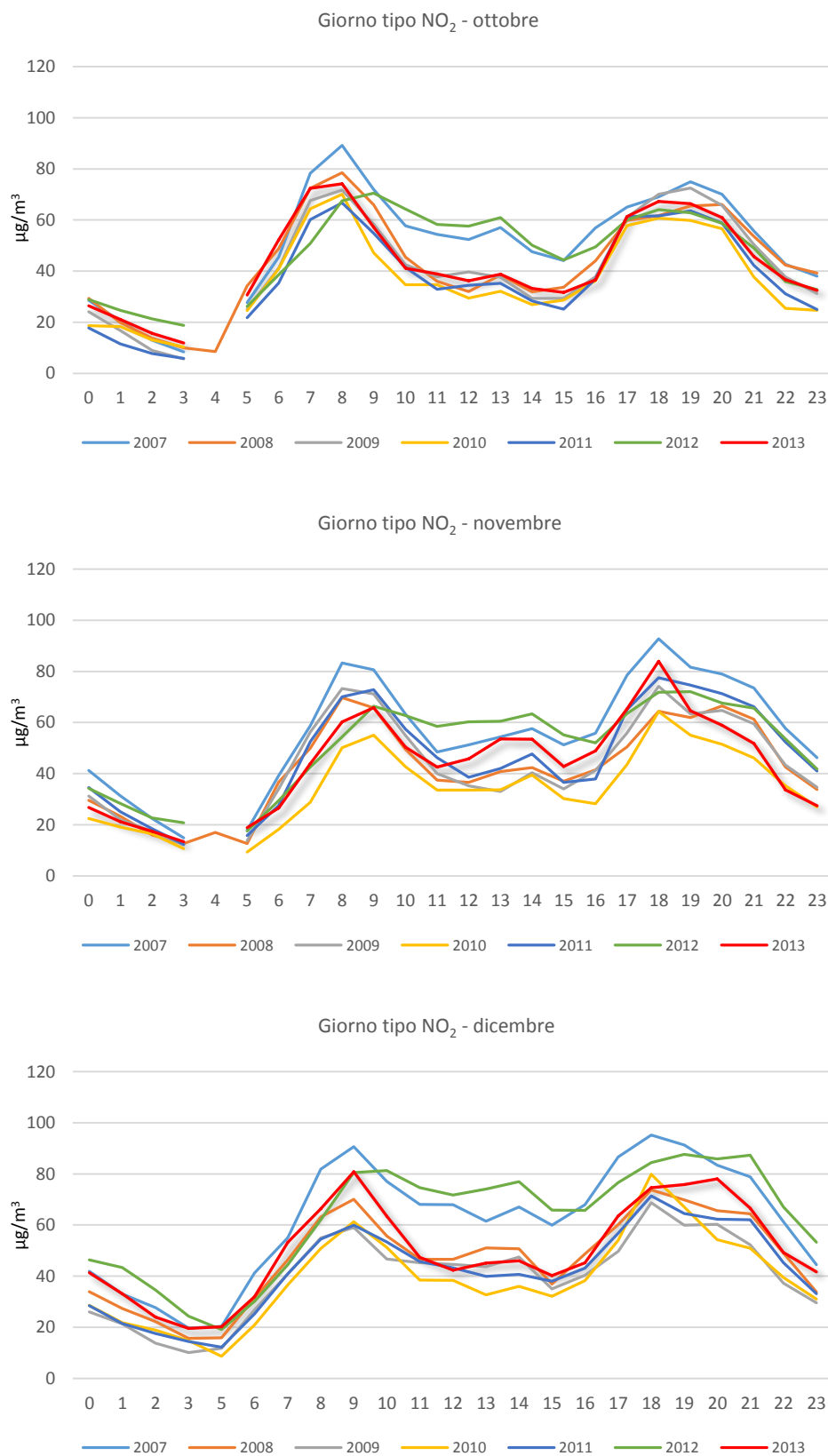


Grafico 7 – confronto giorno tipo mensile – luglio – settembre - NO₂ – Campobasso1 anni 2007/2013

Grafico 8 – confronto giorno tipo mensile – ottobre – dicembre - NO₂ – Campobasso1 anni 2007/2013

Da questo confronto risulta evidente uno scostamento dei dati nel periodo gennaio-luglio 2013 con i dati degli anni precedenti mentre, si nota un riallineamento con i valori storici già a partire dal mese di agosto. Quindi, si è potuto ipotizzare che l'anomalia riscontrata in data 01/08/2013 era presente sin dall'inizio dell'anno.

Infine, per avere maggiori conferme, si è fatto ricorso all'utilizzo della tecnica della carta Shewart (metodo utilizzato in campo industriale per tenere sotto controllo qualitativo un processo produttivo e riconosciuto applicabile nell'ambito della validazione dei dati di qualità dell'aria a livello internazionale). La carta di controllo è stata costruita sulla base dei dati degli anni dal 2007 al 2012 e ha confermato la non consistenza dei dati monitorati di NO₂ nel periodo gennaio-luglio 2013 con i dati storicizzati, com'è evidente dal grafico sotto riportato.

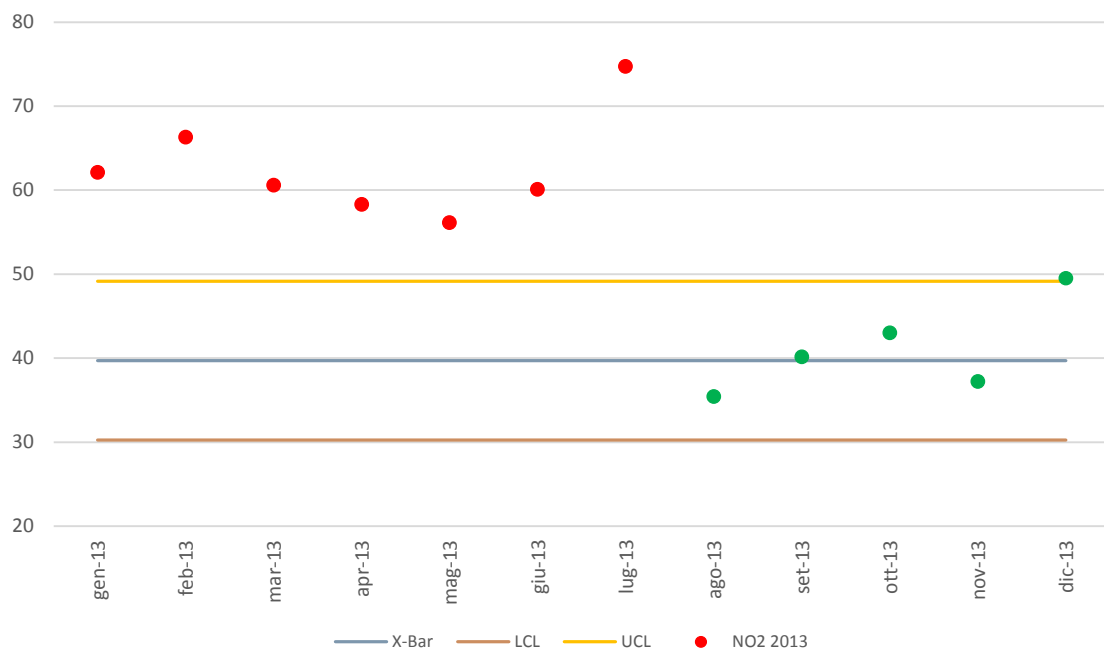


Grafico 9 – carta Shewart NO₂ Campobasso1 NO₂ 2013

Campobasso 3 - Campobasso 4

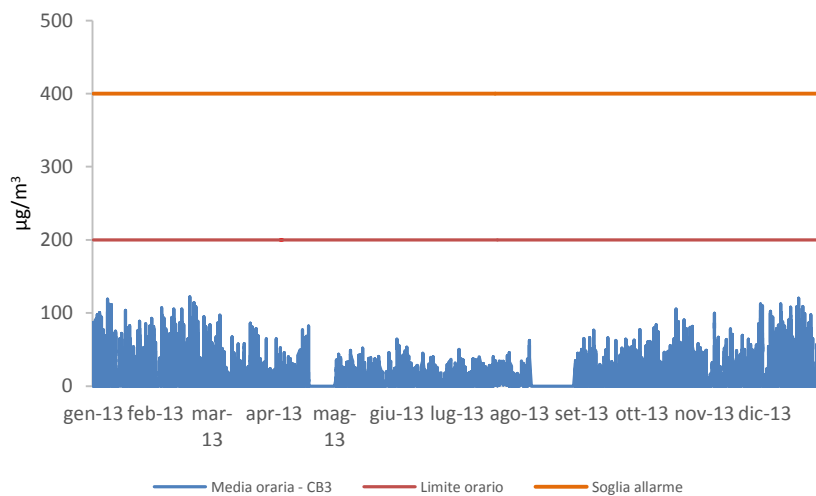


Grafico 10 - medie orarie NO₂ - Campobasso3

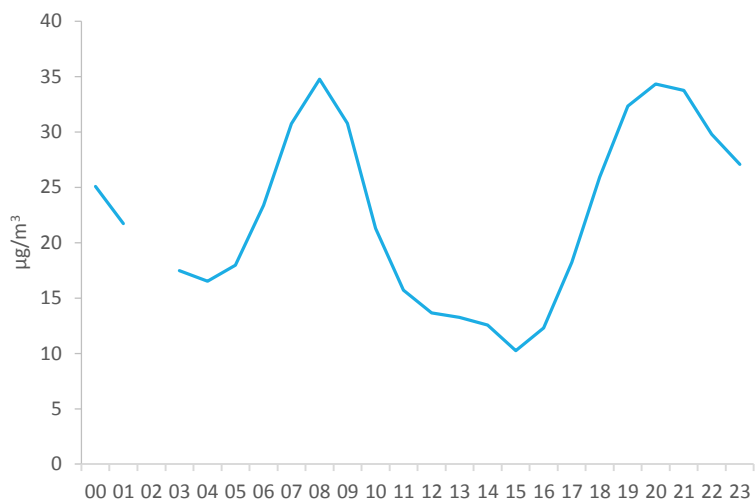


Grafico 11 - giorno tipo NO₂ Campobasso3

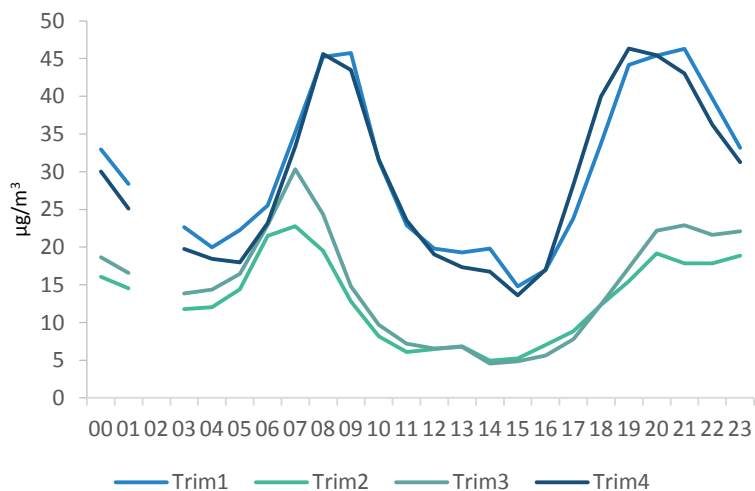


Grafico 12 - giorno tipo - trimestrale - NO₂ Campobasso3

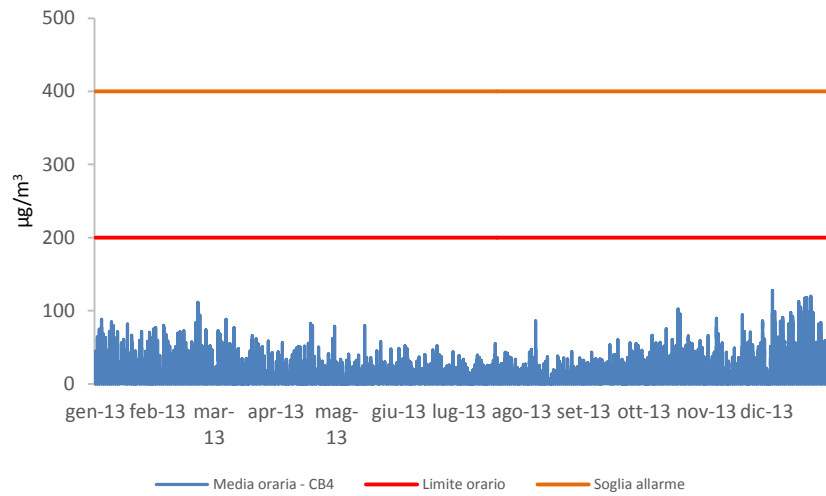


Grafico 13 - medie orarie NO₂ – Campobasso4

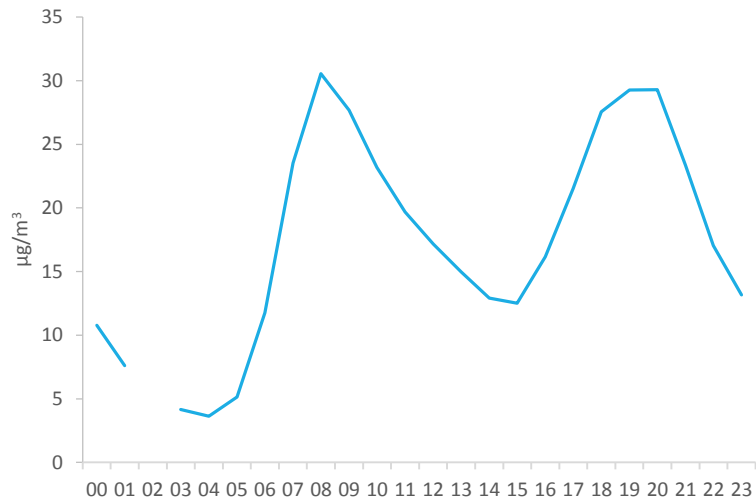


Grafico 14 – giorno tipo NO₂ Campobasso4

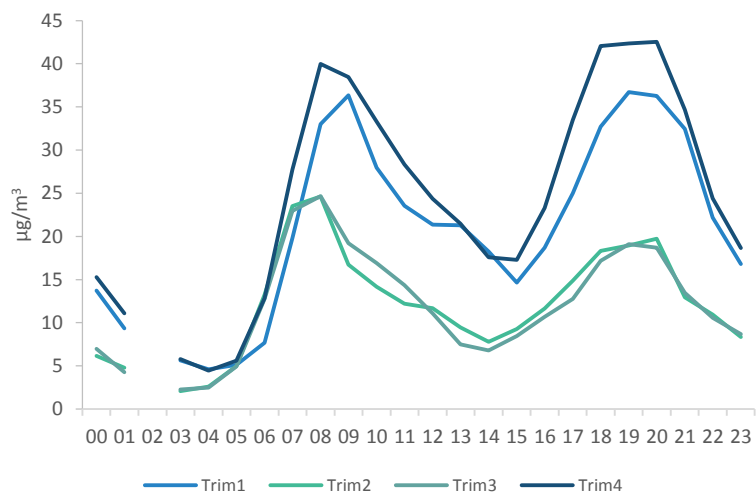


Grafico 15 – giorno tipo – trimestrale - NO₂ Campobasso4

Termoli 1 - Termoli 2

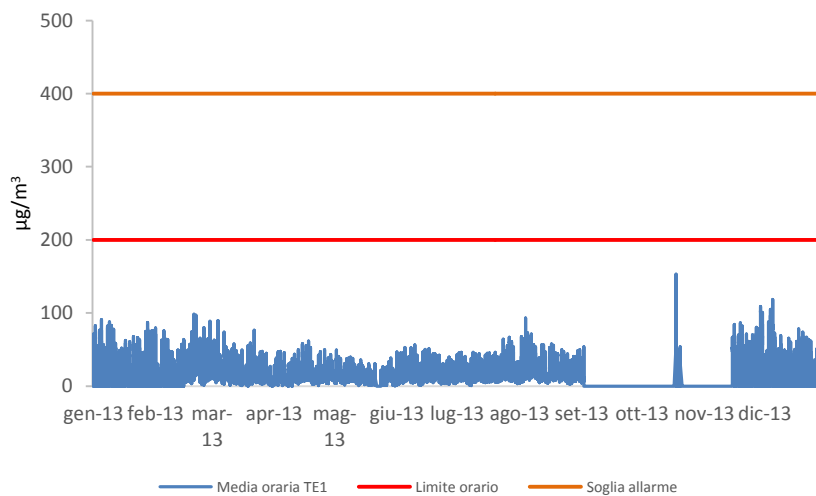


Grafico 16 - medie orarie NO₂ - Termoli1

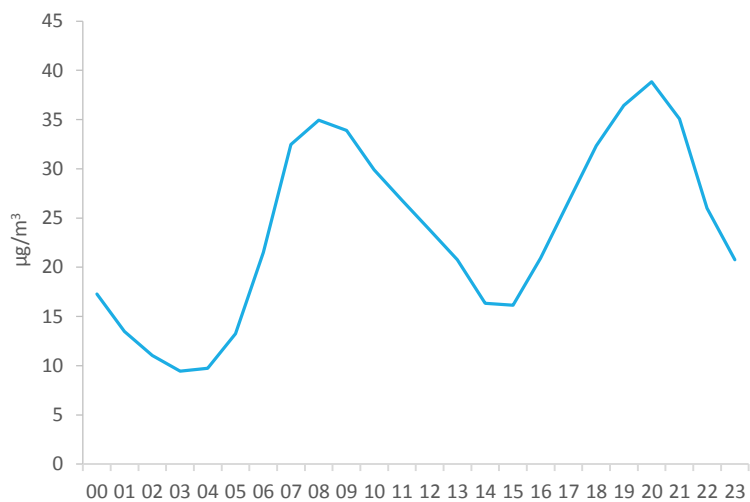


Grafico 17 - giorno tipo NO₂ Termoli1

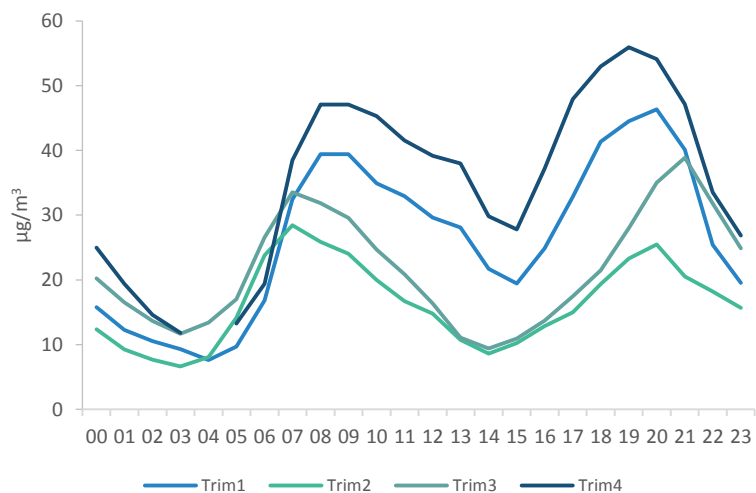


Grafico 18 - giorno tipo - trimestrale - NO₂ Termoli1

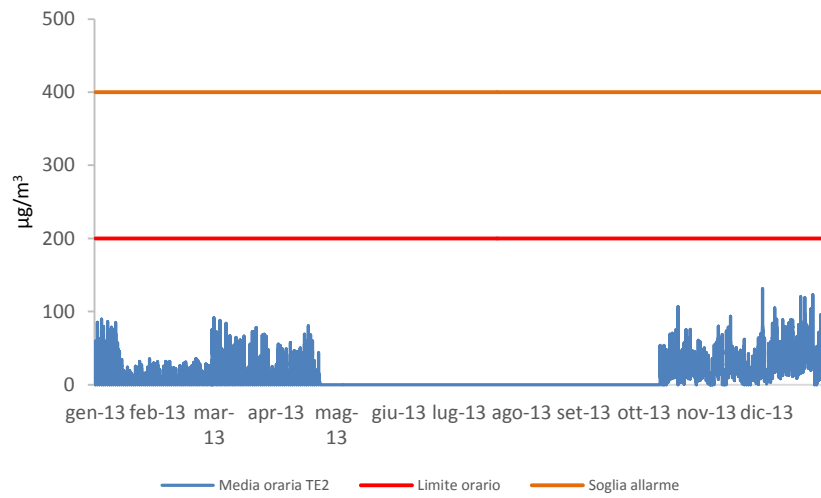


Grafico 19 – medie orarie NO₂ - Termoli2

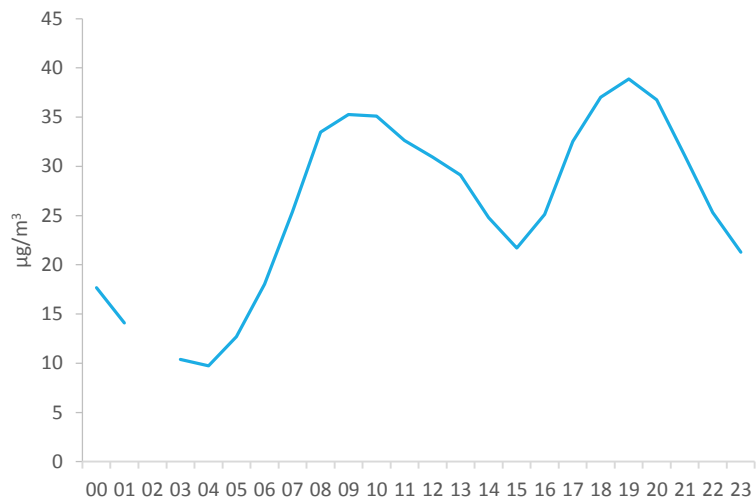


Grafico 20 – giorno tipo NO₂ Termoli2

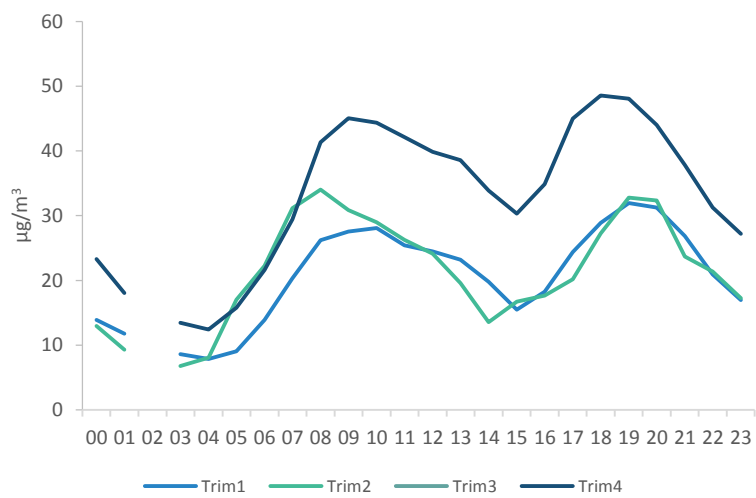


Grafico 21 – giorno tipo – trimestrale - NO₂ Termoli2

Isernia 1

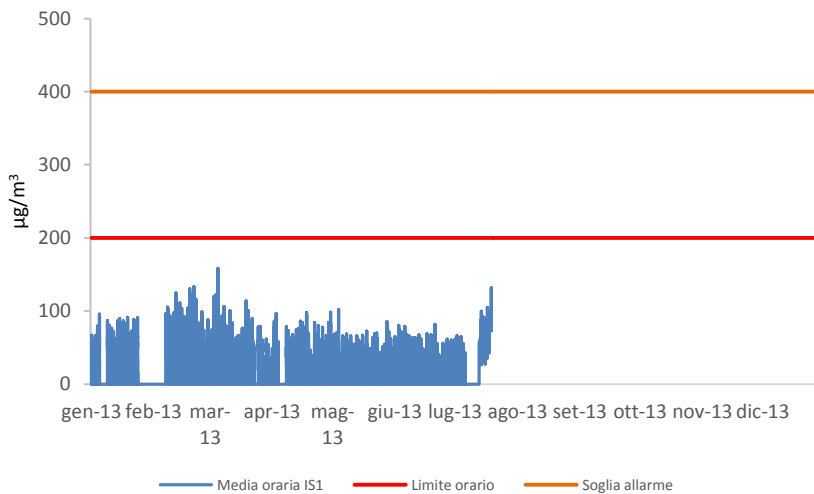


Grafico 22 – medie orarie NO₂ – Isernia1

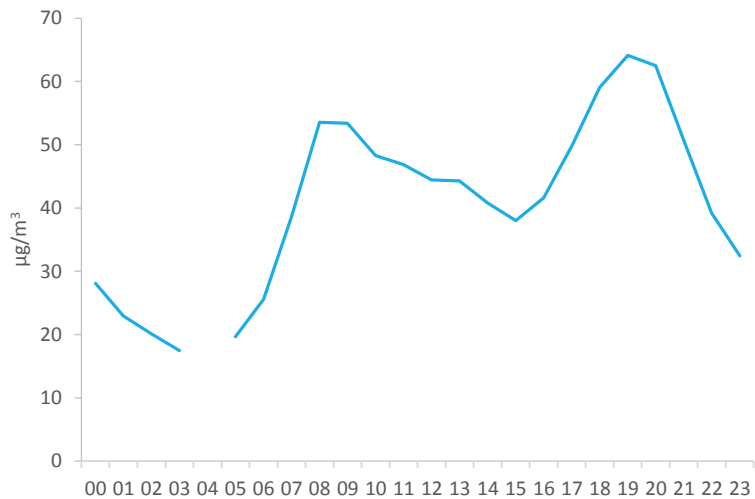


Grafico 23 – giorno tipo NO₂ Isernia1

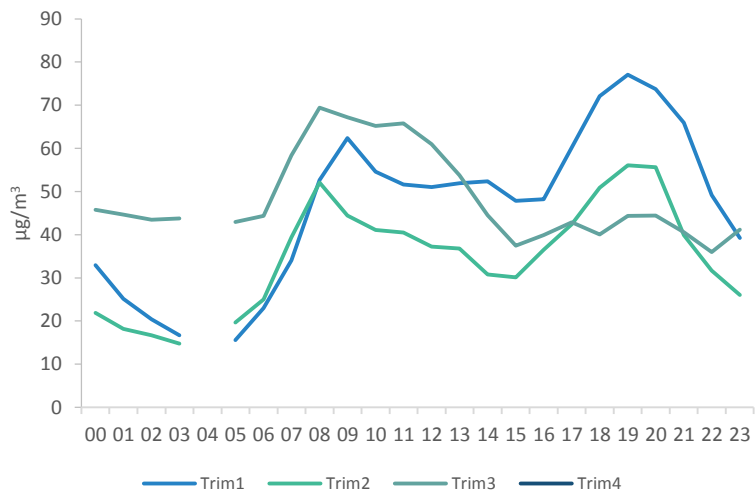


Grafico 24 – giorno tipo – trimestrale - NO₂ Isernia1

Venafro 1 - Venafro 2

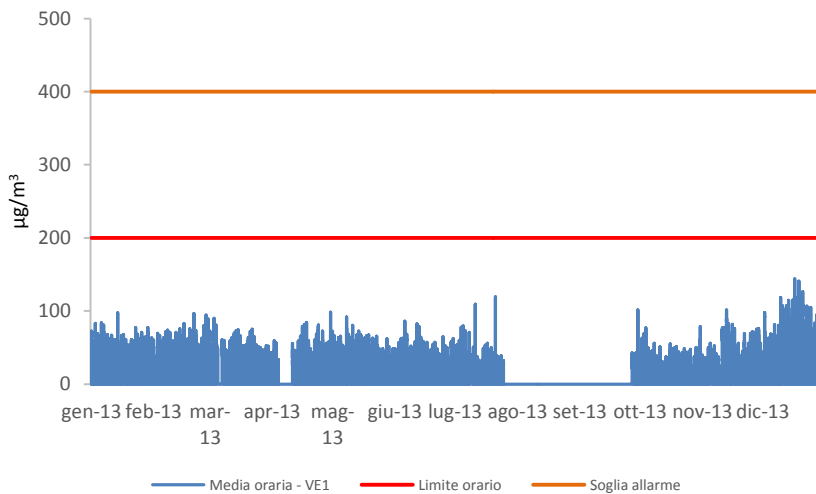


Grafico 25 - medie orarie NO₂ - Venafro1

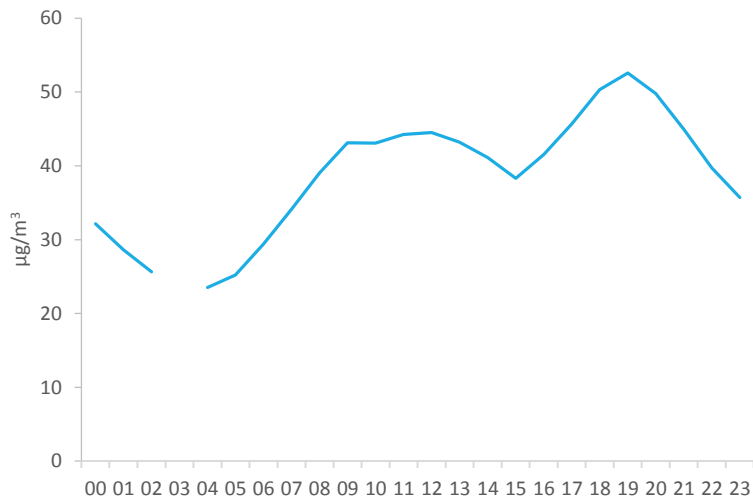


Grafico 26 - giorno tipo NO₂ Venafro1

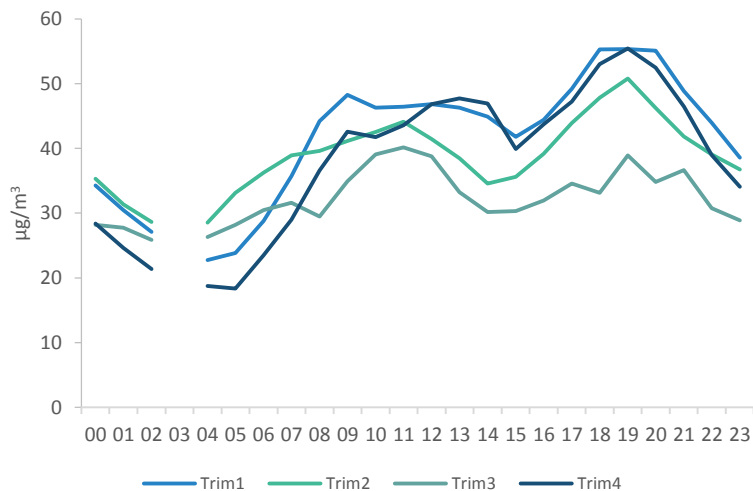


Grafico 27 - giorno tipo - trimestrale - NO₂ Venafro1

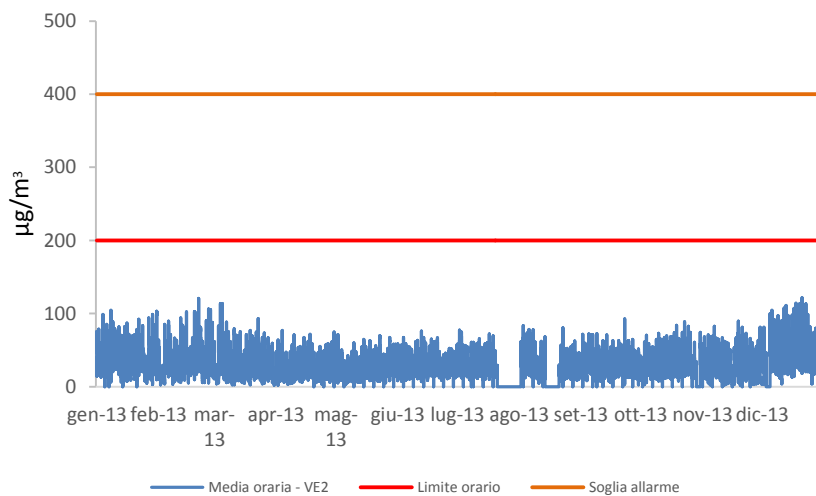


Grafico 28 – medie orarie NO₂ – Venafro2

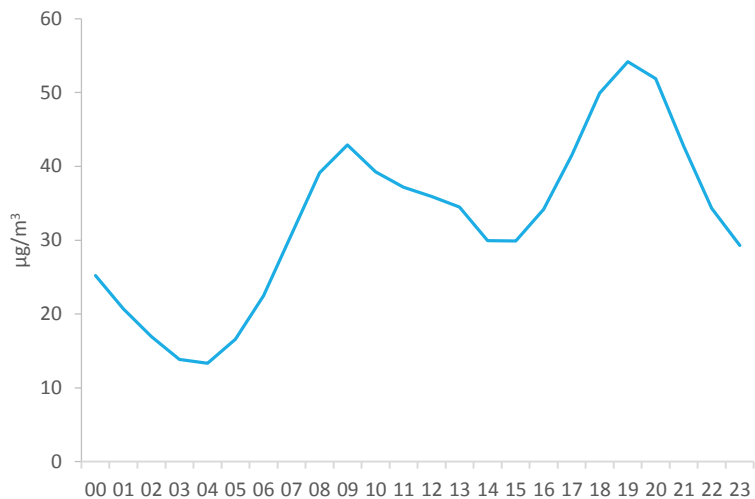


Grafico 29 – giorno tipo NO₂ Venafro2

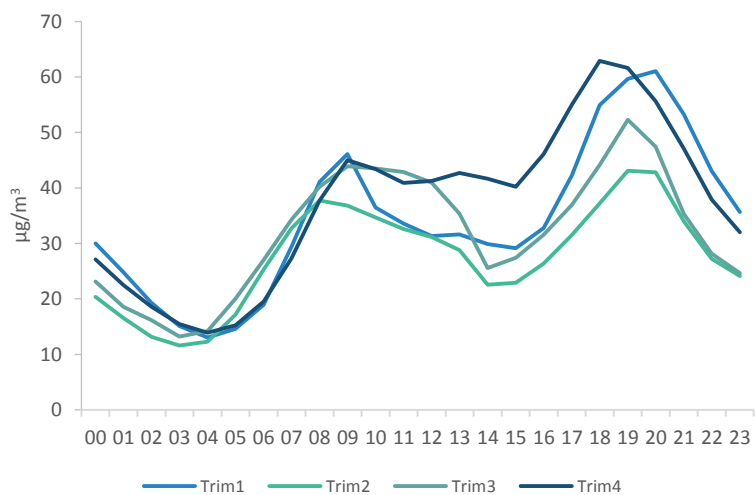


Grafico 30 – giorno tipo – trimestrale - NO₂ Venafro2

Guardiaregia - Vastogirardi

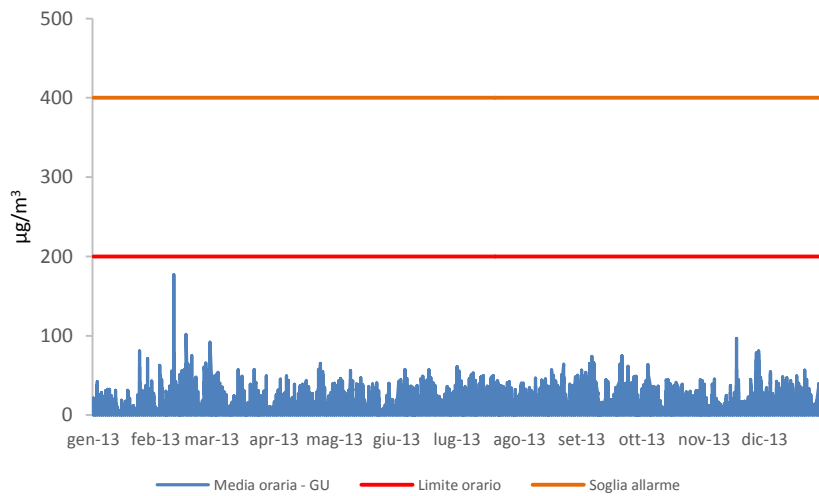


Grafico 31 – medie orarie NO₂ - Guardiaregia

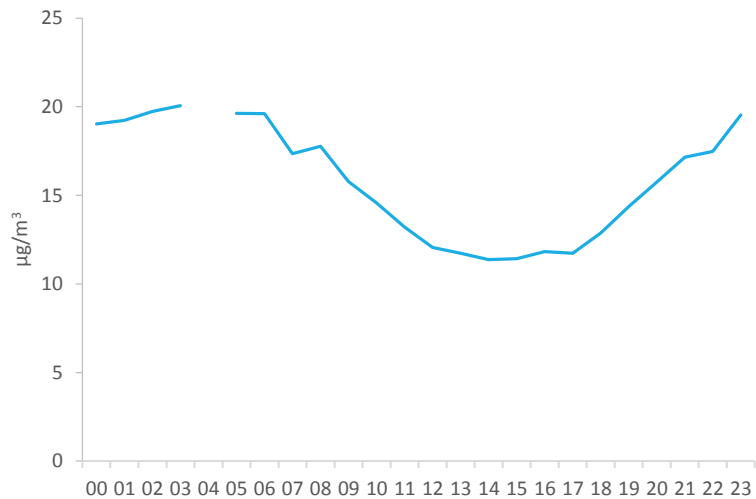


Grafico 32 – giorno tipo NO₂ Guardiaregia

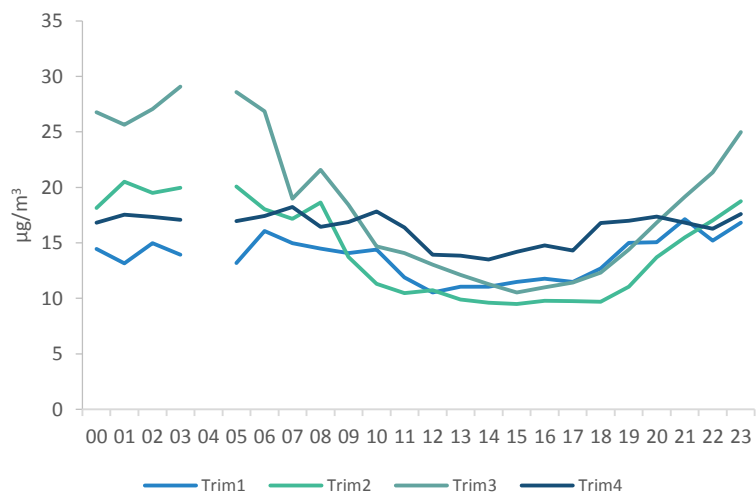


Grafico 33 – giorno tipo – trimestrale - NO₂ Guardiaregia

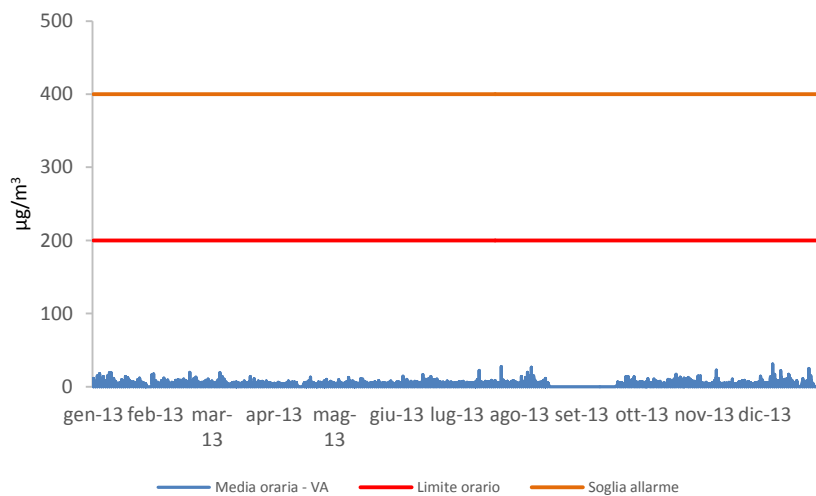


Grafico 34 – medie orarie NO₂ - Vastogirardi

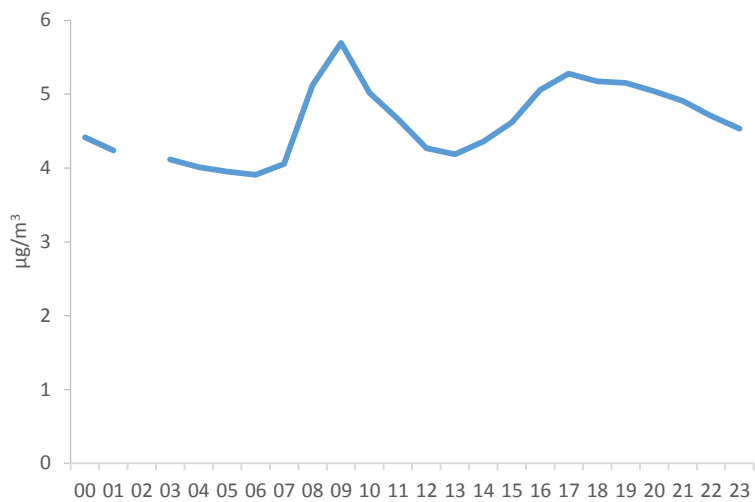


Grafico 35 – giorno tipo NO₂ Vastogirardi

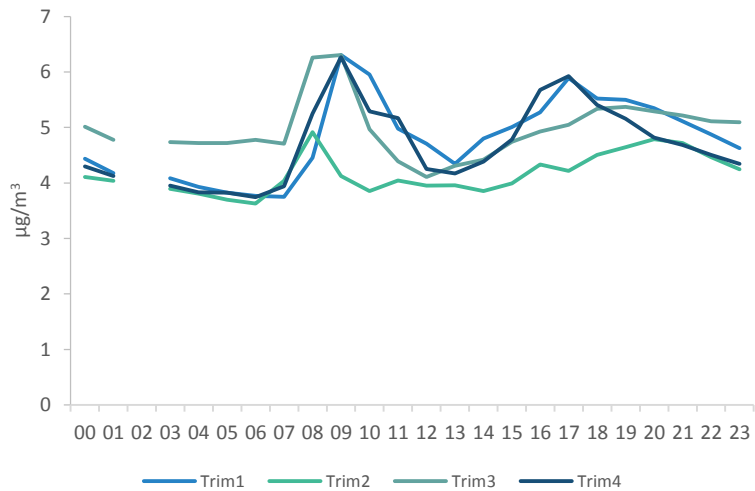


Grafico 36 – giorno tipo – trimestrale - NO₂ Vastogirardi

O₃

Il D. Lgs. 155/10 prevede per l'ozono il rispetto dei seguenti limiti:

Soglia di informazione	Superamento del valore orario	180 µg/m ³
Soglia di allarme	Superamento del valore orario	240 µg/ m ³
Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	Max giornaliero della Media mobile 8h	120 µg/ m ³
Valore obiettivo per la protezione della salute umana	Max giornaliero della Media mobile 8h	120 µg/ m ³ da non superare per più di 25 giorni all'anno come media su 3 anni

Tabella 6 – limiti O₃

Nella tabella seguente si riepilogano le statistiche riscontrate per l'ozono nelle varie stazioni di misura.

Indicatori	CB3	CB4	TE2	VE2	GU	VA
Superamenti soglia di allarme (#)	0	0	0	0	0	0
Superamenti soglia di informazione (#)	0	0	0	0	0	1
Superamenti Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	0	0	0	0	8	40
Superamenti valore obiettivo Come media su 3 anni (2010-2012)	19	0	7	18	41	44
Superamenti valore obiettivo Come media su 3 anni (2011-2013)	17	0	6	12	40	55

Tabella 7 – risultato monitoraggio 2013 - O₃

Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana

Dalla analisi dei grafici, relativi ai valori massimi giornalieri della media mobile sulle 8 h, si evince che solo nelle stazioni che non sono situate in ambito urbano si sono verificati superamenti del valore di 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ fissato come obiettivo a lungo termine.

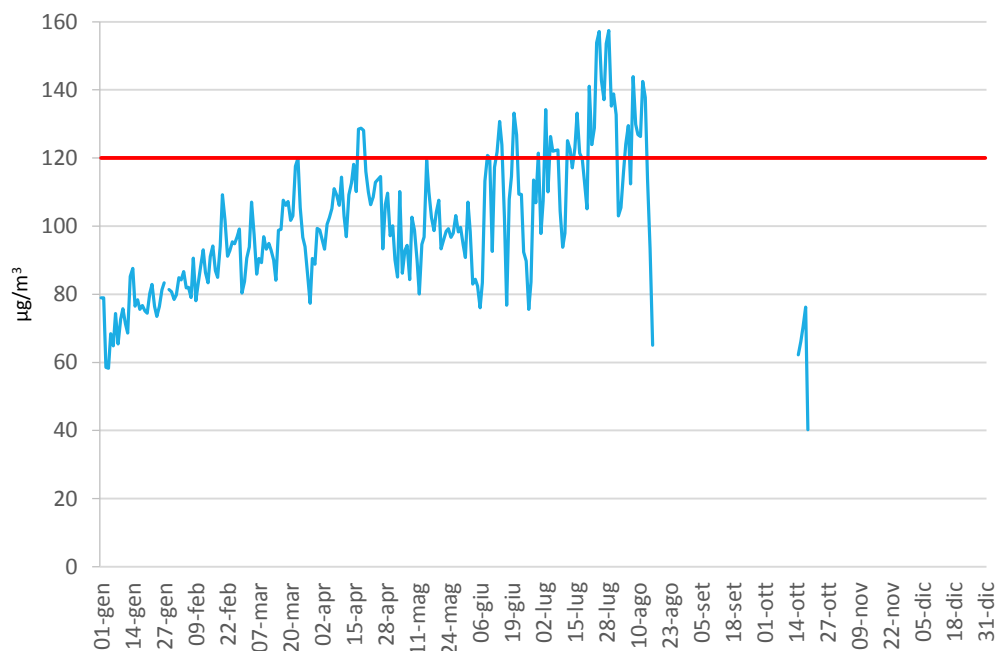


Grafico 37 - valore massimo giornaliero media mobile 8h ozono - Vastogirardi

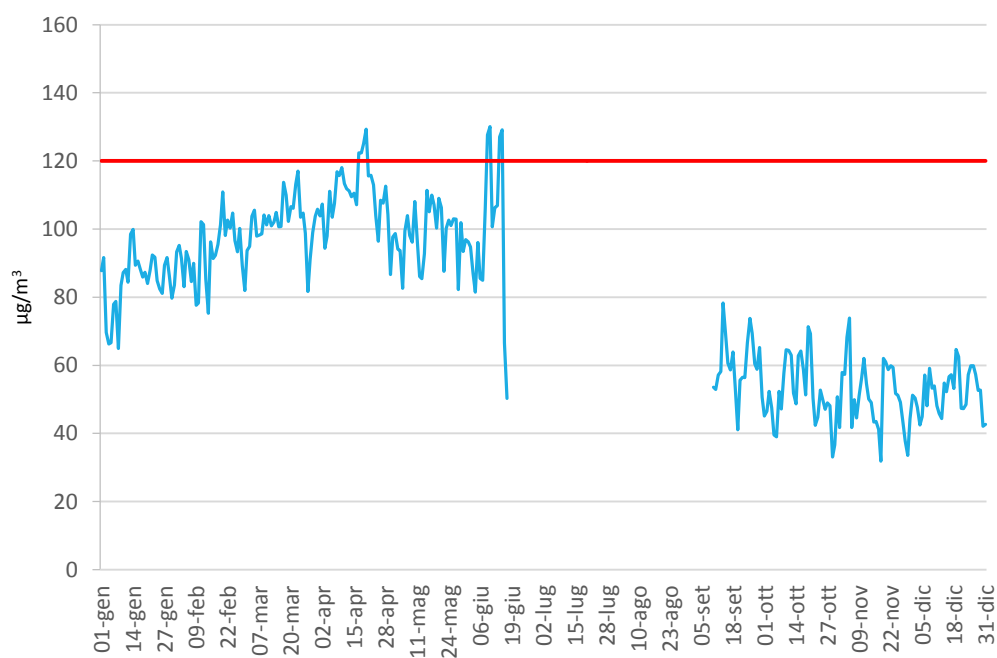


Grafico 38 - valore massimo giornaliero media mobile 8h ozono - Guardiaregia

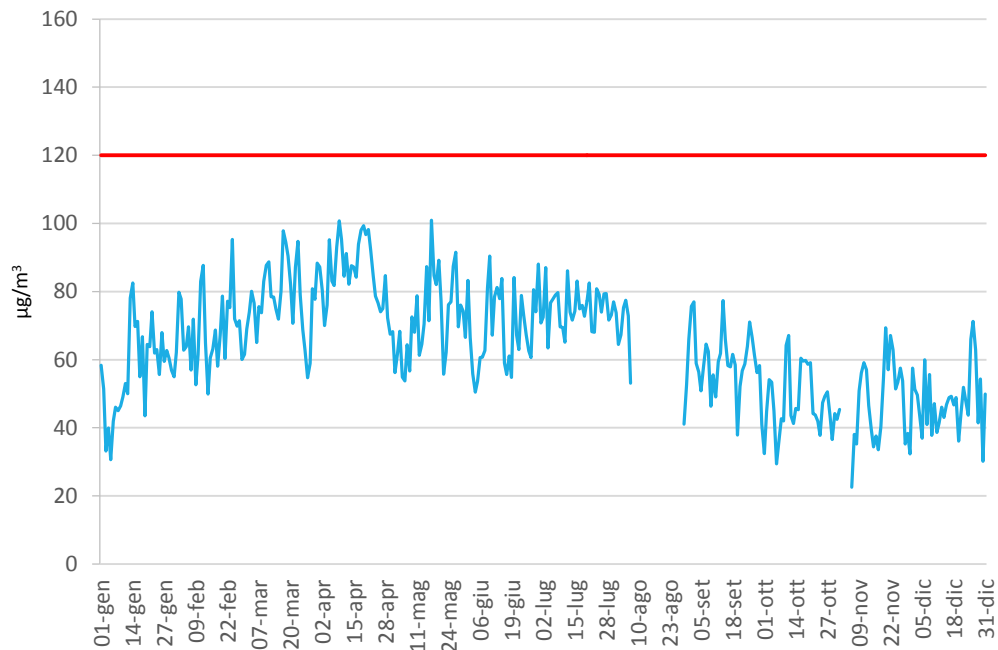


Grafico 39 - valore massimo giornaliero media mobile 8h ozono – Campobasso3

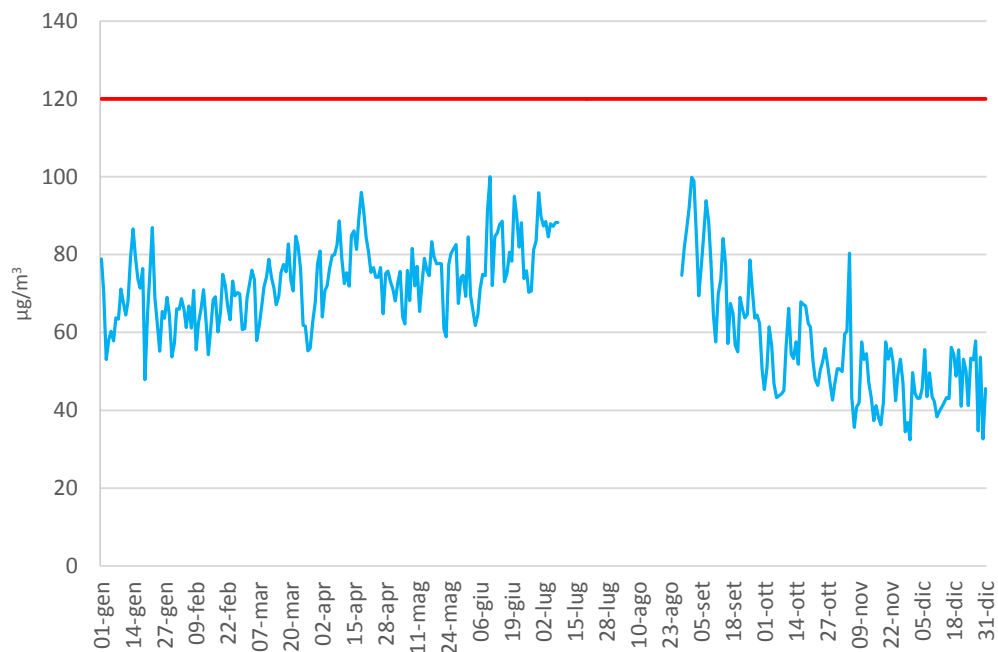


Grafico 40 - valore massimo giornaliero media mobile 8h ozono – Campobasso4

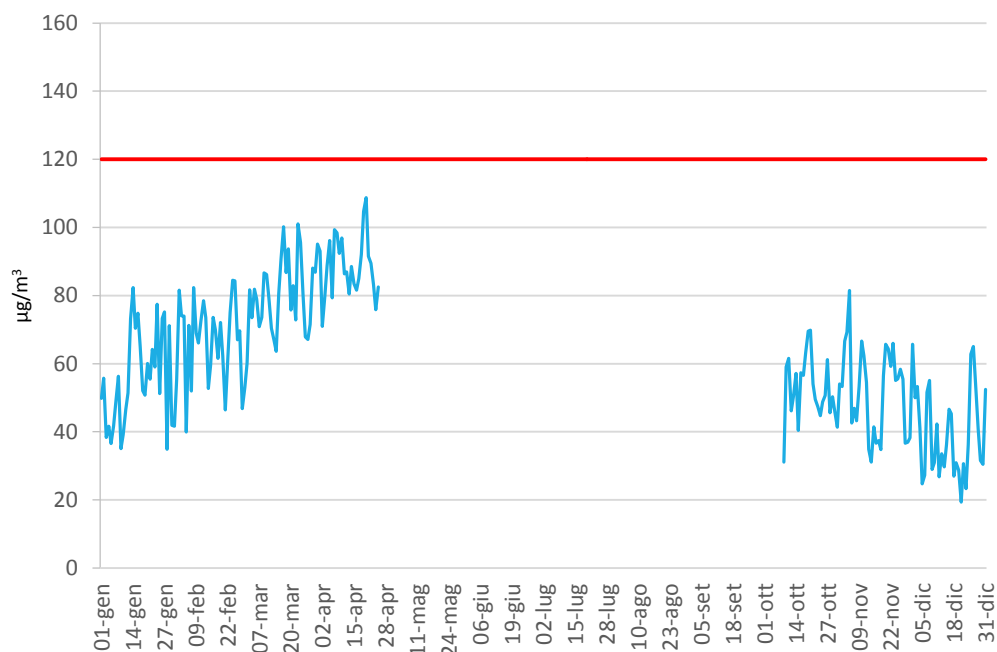


Grafico 41 - valore massimo giornaliero media mobile 8h ozono - Termoli2

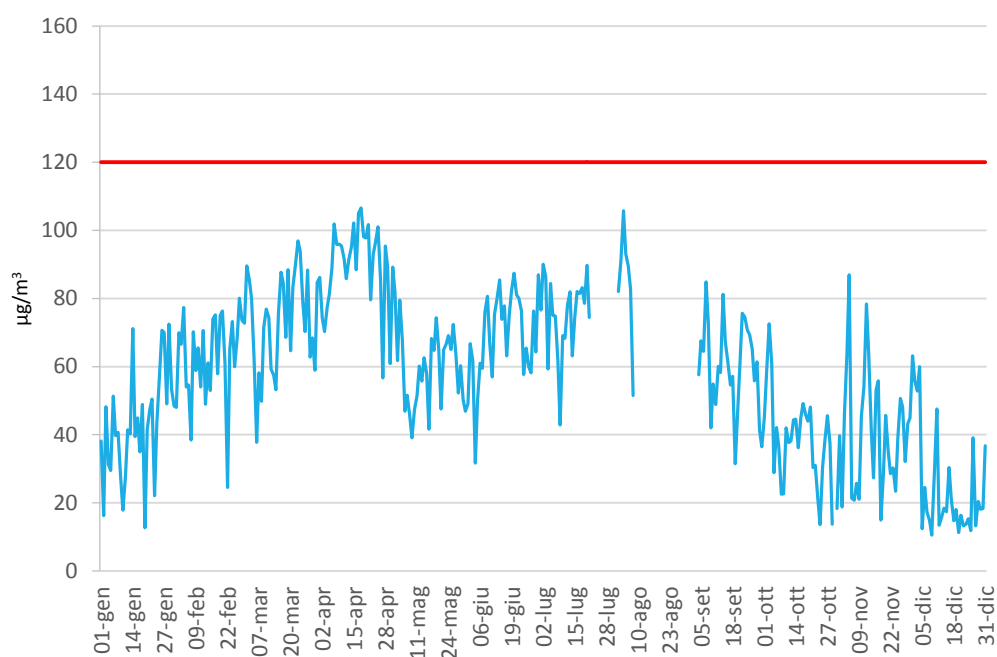


Grafico 42 - valore massimo giornaliero media mobile 8h ozono - Venafro2

Soglia di informazione e soglia di allarme

Si riportano di seguito i valori massimi orari giornalieri da cui emerge che solo nella stazione Vastogirardi si è verificato un episodio di superamento della soglia di informazione il 29 luglio 2013.

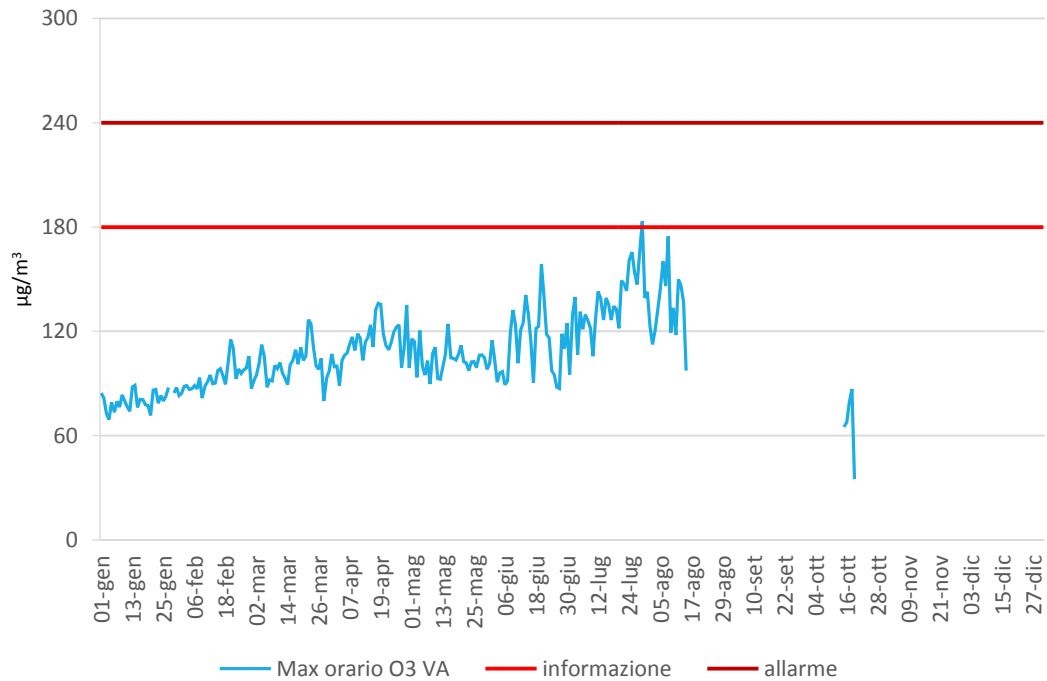


Grafico 43 - valore massimo orario giornaliero ozono - Vastogirardi

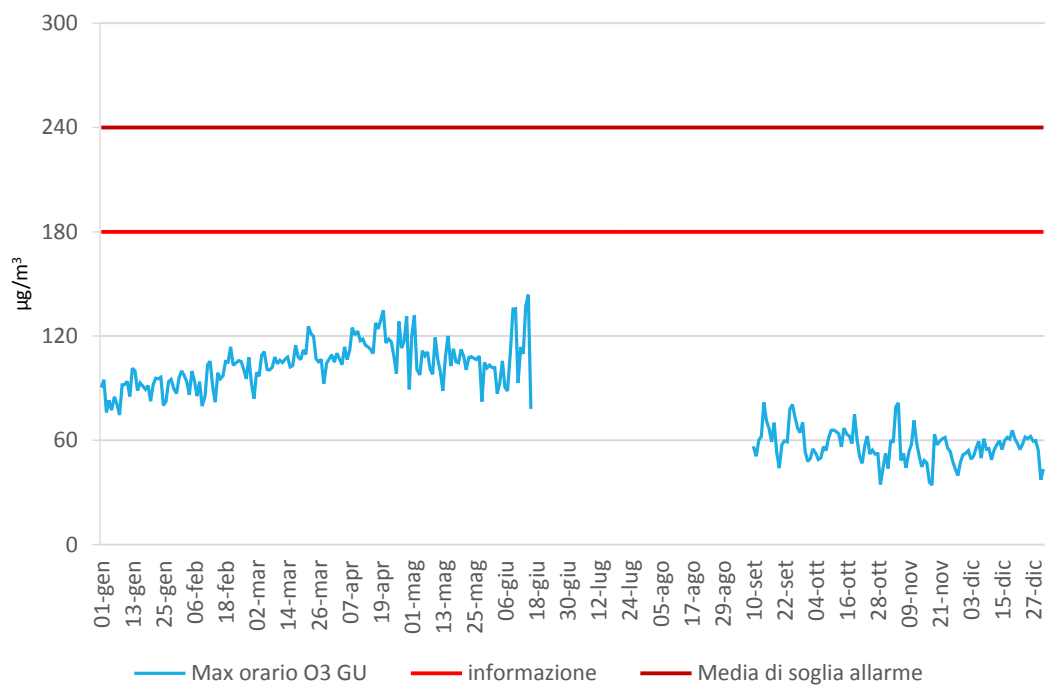


Grafico 44 - valore massimo orario giornaliero ozono - Guardiaregia

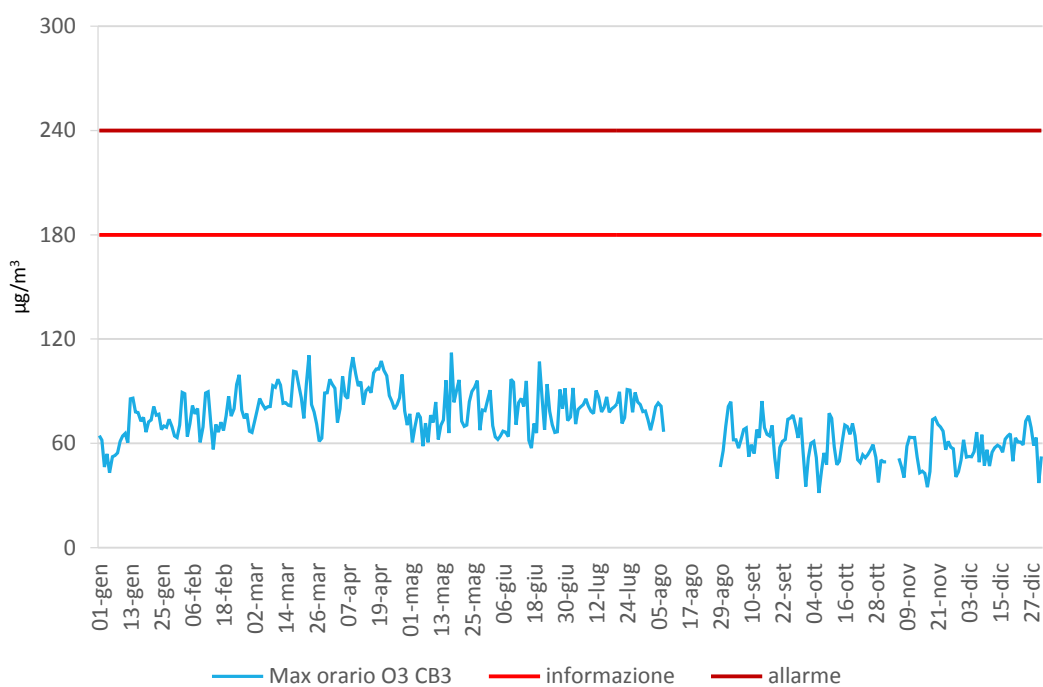


Grafico 45 - valore massimo orario giornaliero ozono - Campobasso3

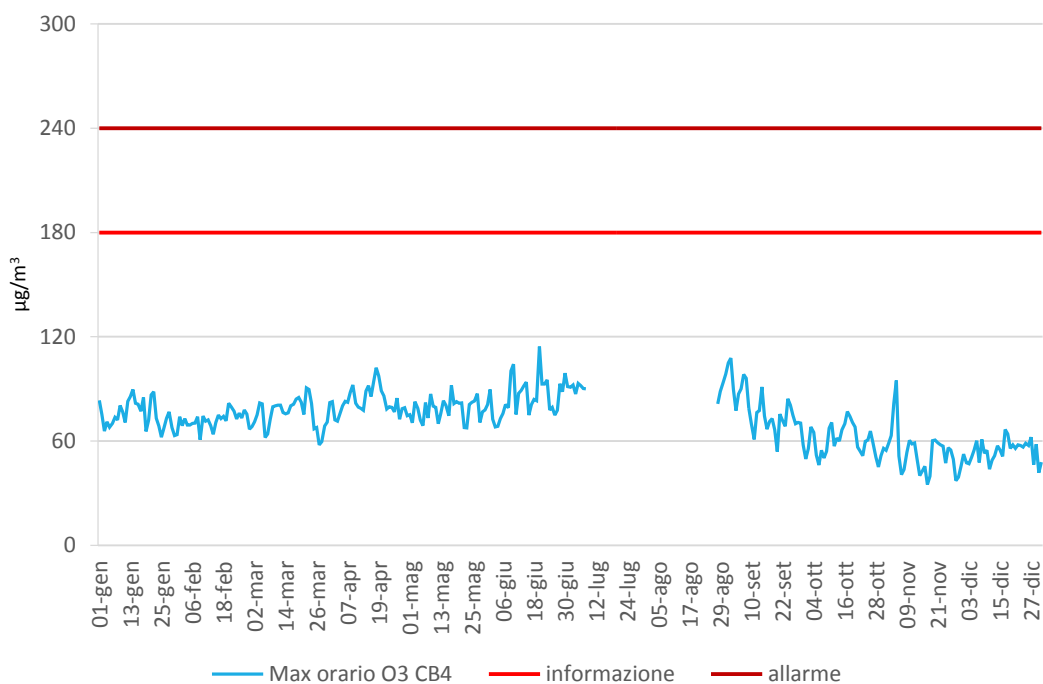


Grafico 46 - valore massimo orario giornaliero ozono - Campobasso4

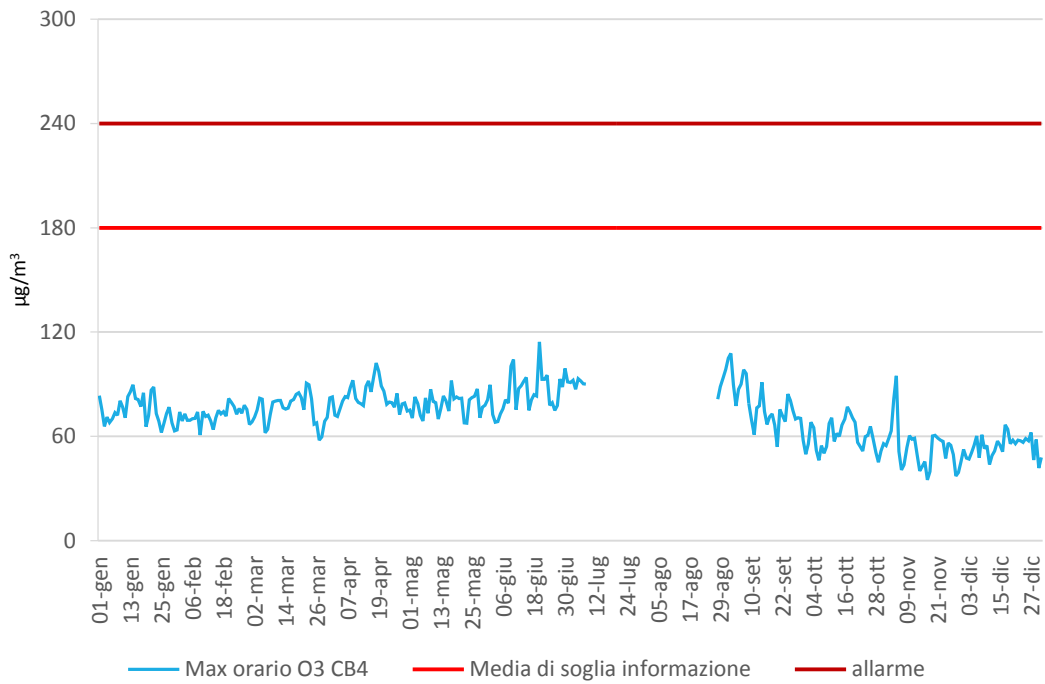


Grafico 47 - valore massimo orario giornaliero ozono - Termoli2

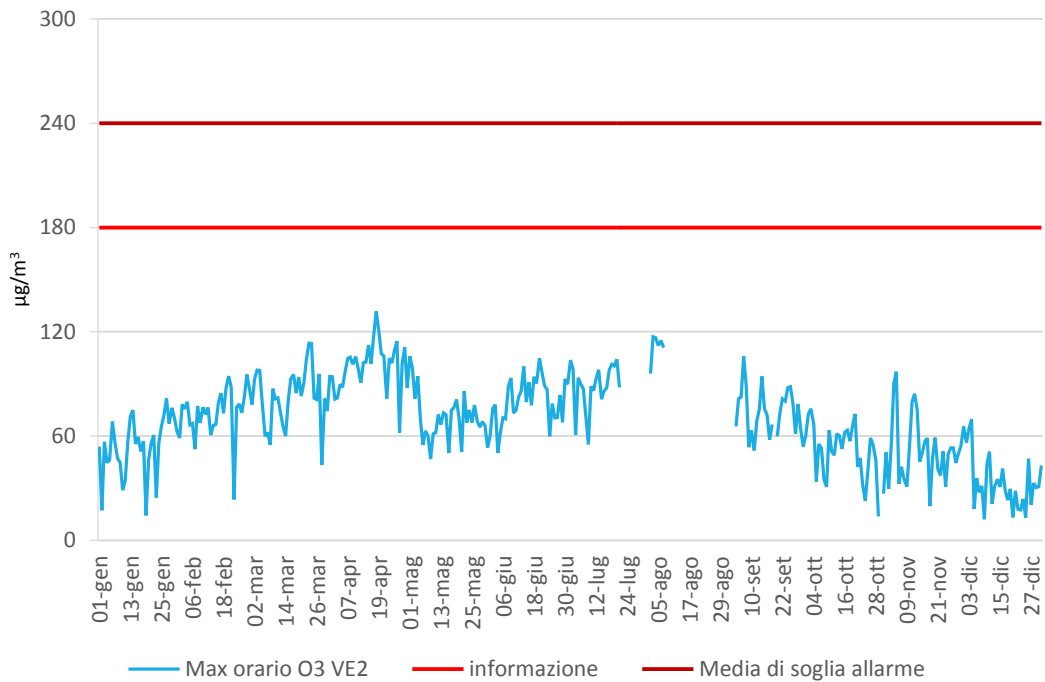


Grafico 48 - valore massimo orario giornaliero ozono - Venafro2

Andamento qualitativo dell'ozono

Com'è noto, la caratteristica principale dell'ozono è quella di essere un inquinante secondario, soggetto a reazione fotochimica (che coinvolge gli ossidi di azoto) e caratterizzato da un andamento giornaliero e stagionale, perché influenzato dalle variazioni meteorologiche e dalla presenza dei precursori. Si riporta, di seguito, l'andamento del giorno tipo dell'ozono e della radiazione solare globale, da cui si evincono i due andamenti, con la concentrazione dell'ozono che aumenta all'aumentare dell'insolazione e quindi della temperatura, di conseguenza presenta valori di concentrazione più elevati nei mesi estivi e nelle ore pomeridiane rispetto ai mesi invernali/autunnali ed alle altre ore della giornata (grafici 49-52). Inoltre, emerge uno sfasamento tra le due curve (grafico 53), tra i massimi delle due curve intercorrono, infatti, circa 2 ore, che è il tempo impiegato dalle reazioni fotochimiche per avvenire. Reazione fotochimica che si evidenzia anche attraverso l'andamento giornaliero complementare che hanno il biossido di azoto e l'ozono (grafico 54).

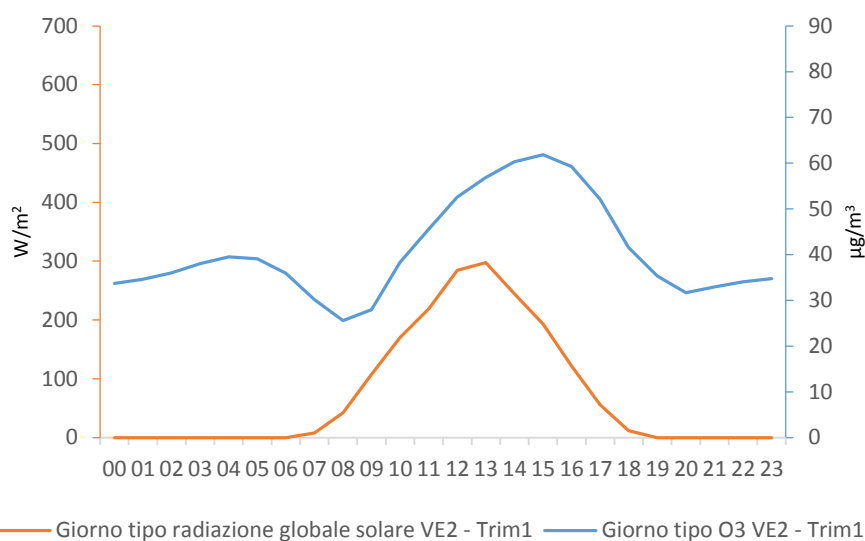


Grafico 49 – giorno tipo stagionale ozono – radiazione solare globale – Venafro2 – primo trimestre

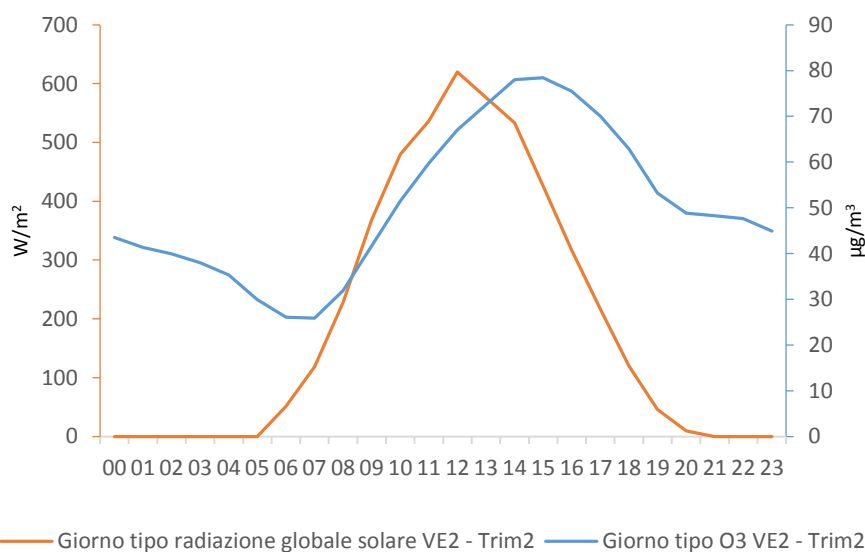


Grafico 50 – giorno tipo stagionale ozono – radiazione solare globale – Venafro2 – secondo trimestre

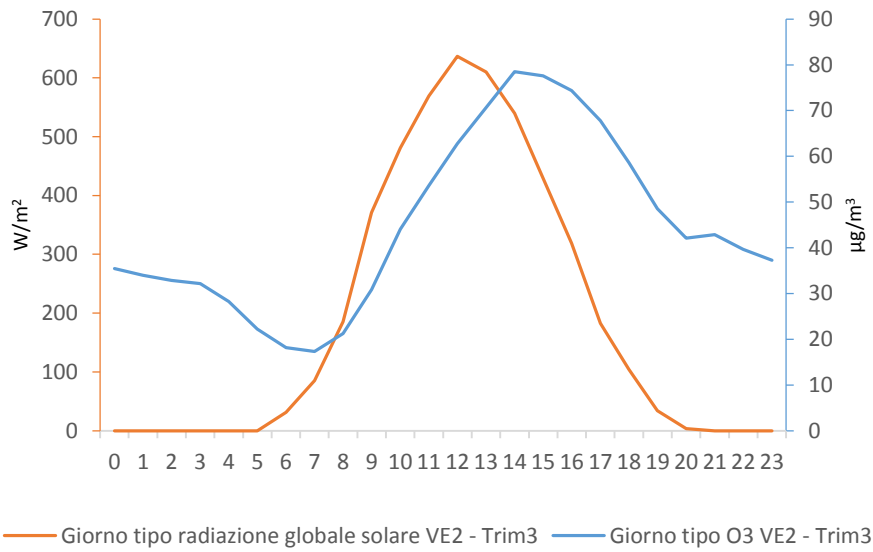


Grafico 51 – giorno tipo stagionale ozono – radiazione solare globale – Venafro2 – terzo trimestre

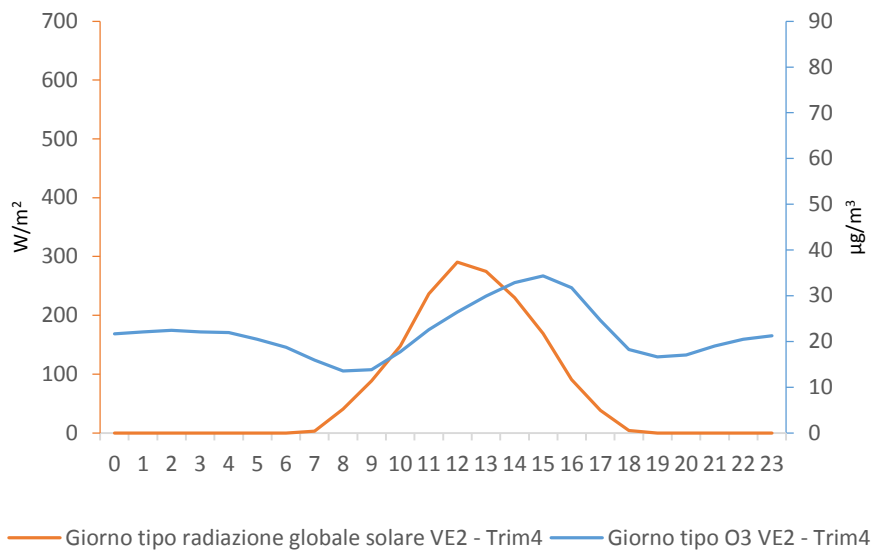


Grafico 52 – giorno tipo stagionale ozono – radiazione solare globale – Venafro2 – quarto trimestre

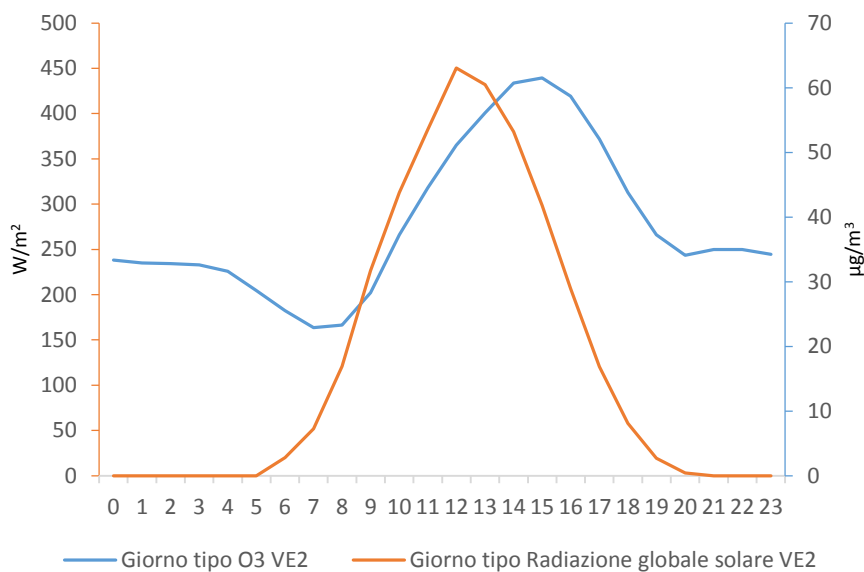
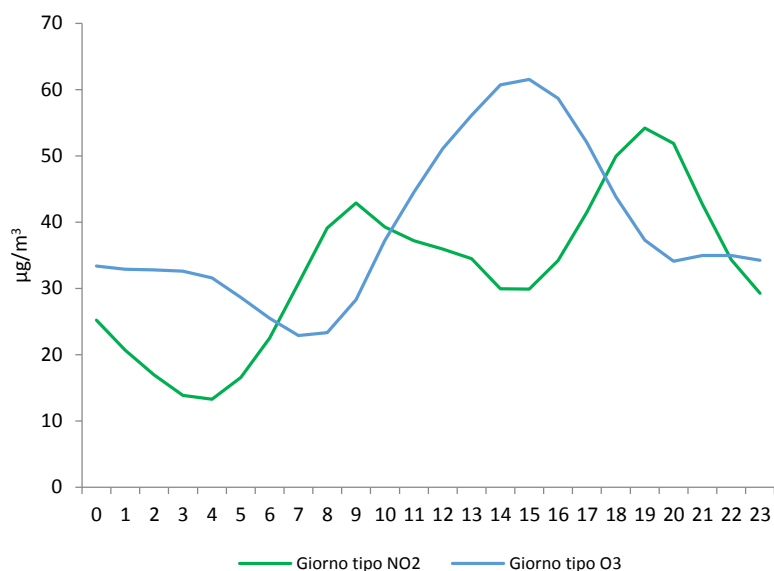


Grafico 53 – giorno tipo ozono – radiazione solare globale – Venafro2

Grafico 54 – giorno tipo ozono –NO₂ – Venafro2

Sul ciclo giornaliero dell'ozono possiamo anche rilevare che in estate risulta più marcato rispetto all'inverno, specialmente nelle stazioni di montagna. I livelli cittadini di ozono sono aumentati per l'aumento dell'insolazione, invece, in montagna i livelli aumentano fondamentalmente per effetto dei fenomeni di trasporto.

I grafici seguenti mostrano l'andamento stagionale dell'ozono rispetto al biossido di azoto, a Venafro, e in un'area di alta montagna, Vastogirardi. Come si nota l'andamento del biossido di azoto a Venafro, ma ciò vale in genere nei centri urbani, cresce in autunno, aumentando la sottrazione di ozono in aria. Quando in primavera l'NO₂ si riduce, diminuisce la probabilità di distruggere l'ozono, che aumenta. A Vastogirardi, e nelle zone montane in generale, la concentrazione di NO₂ rimane sempre bassa, anche in inverno, quindi il fattore predominante sull'andamento dell'ozono è la radiazione solare.

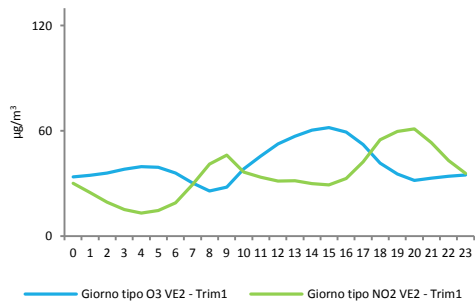


Grafico 55 – giorno tipo stagionale ozono – NO₂ – Venafro2 primo trimestre

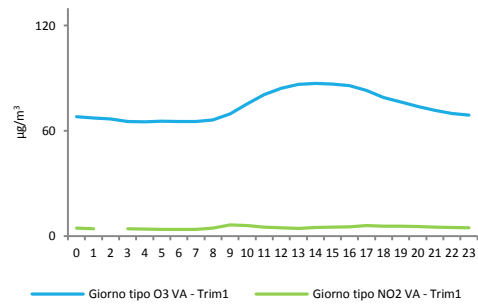


Grafico 56 – giorno tipo stagionale ozono – NO₂ – Vastogirardi primo trimestre

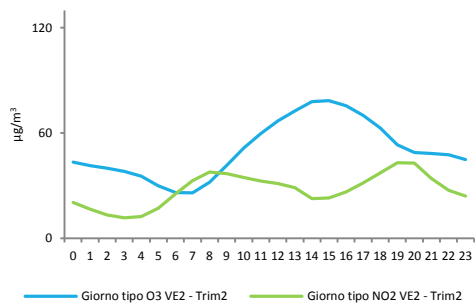


Grafico 57 – giorno tipo stagionale ozono – NO₂ – Venafro2 secondo trimestre

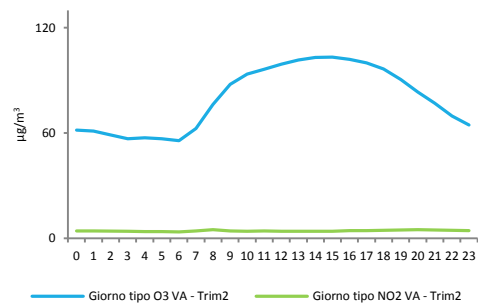


Grafico 58 – giorno tipo stagionale ozono – NO₂ – Vastogirardi secondo trimestre

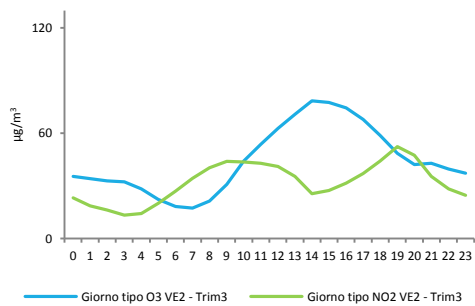


Grafico 59 – giorno tipo stagionale ozono – NO₂ – Venafro2 terzo trimestre

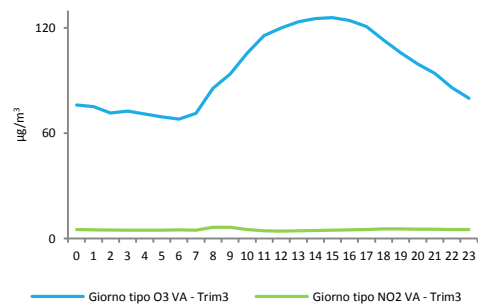


Grafico 60 – giorno tipo stagionale ozono – NO₂ – Vastogirardi terzo trimestre

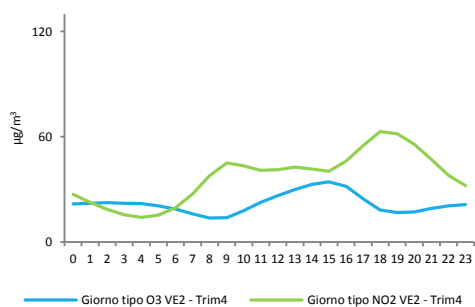


Grafico 61 – giorno tipo stagionale ozono – NO₂ – Venafro2 quarto trimestre

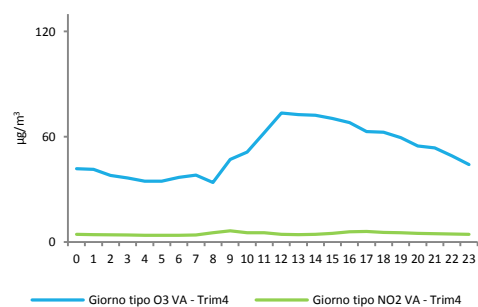


Grafico 62 – giorno tipo stagionale ozono – NO₂ – Vastogirardi quarto trimestre

Possiamo rilevare, infine, che l'inquinamento urbano distrugge l'ozono che scompare al centro della città, ma quella parte di ozono che viene trasportata raggiunge zone apparentemente non inquinate, dove l'aria pulita non riesce a distruggerlo e si verificano pertanto valori più elevati, una conferma si ha da una analisi del grafico del giorno tipo per tutte le stazioni (grafico 63) dal quale si nota che, le stazioni di Guardiaregia e Vastogirardi presentano valori di ozono più elevati rispetto alle altre.

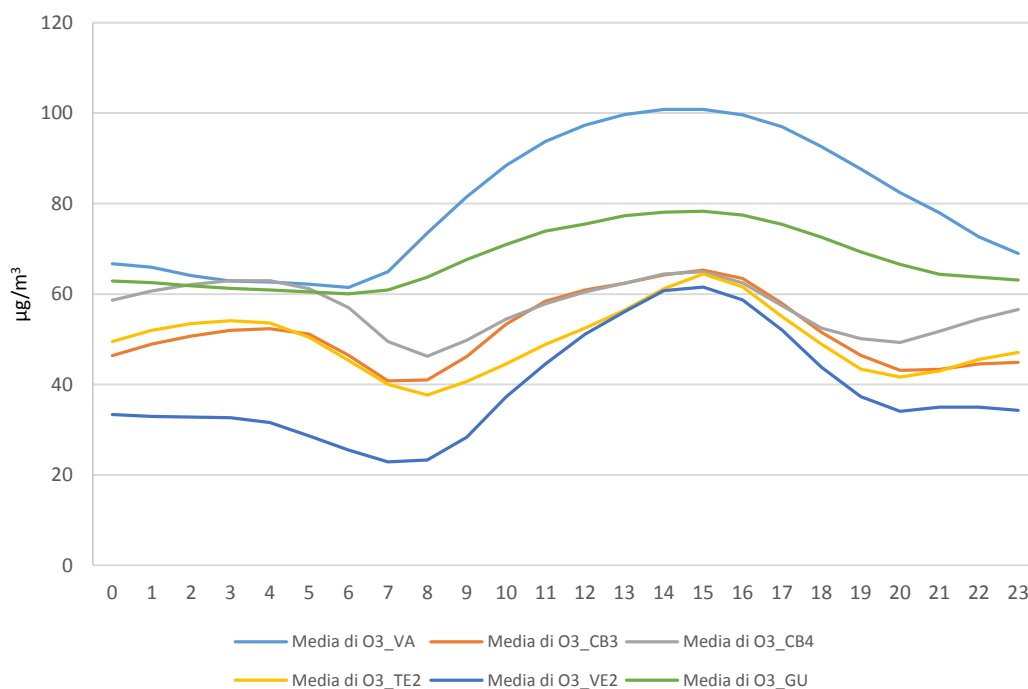


Grafico 63 – giorno tipo ozono tutte le stazioni

PM₁₀

Il D. Lgs. 155/10 prevede per il PM₁₀ i seguenti limiti:

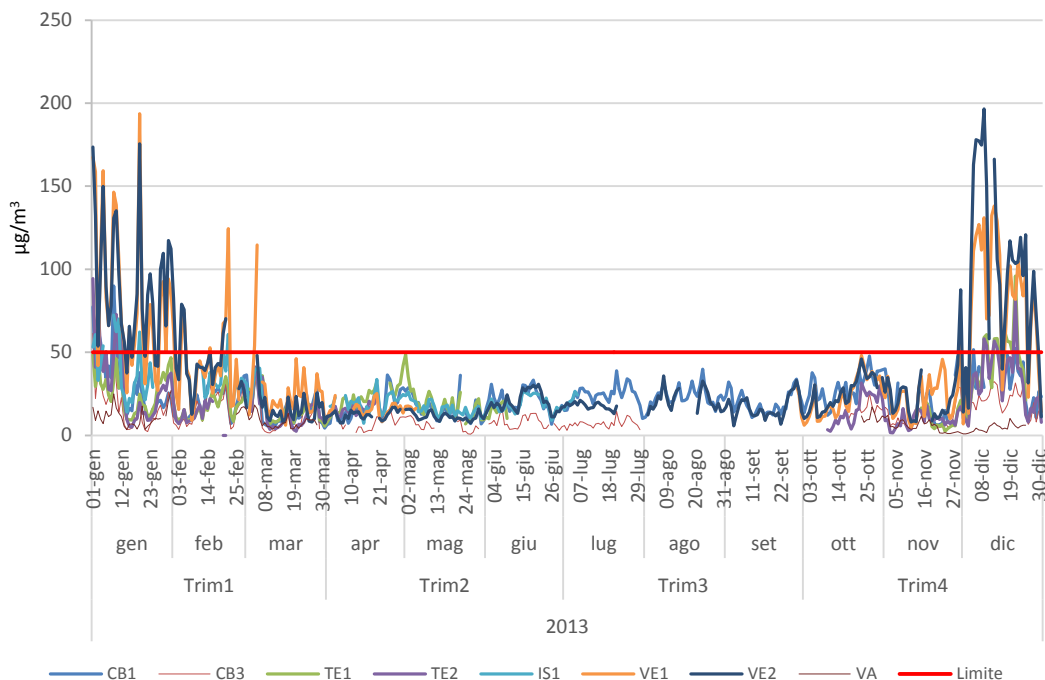
Tipologia	Indicatore statistico	Valore
Limite giornaliero	Media 24 h	50 µg/ m ³ da non superare più di 35 volte per anno civile
Limite annuale	Media annuale	40 µg/ m ³

Tabella 8 – limiti PM₁₀

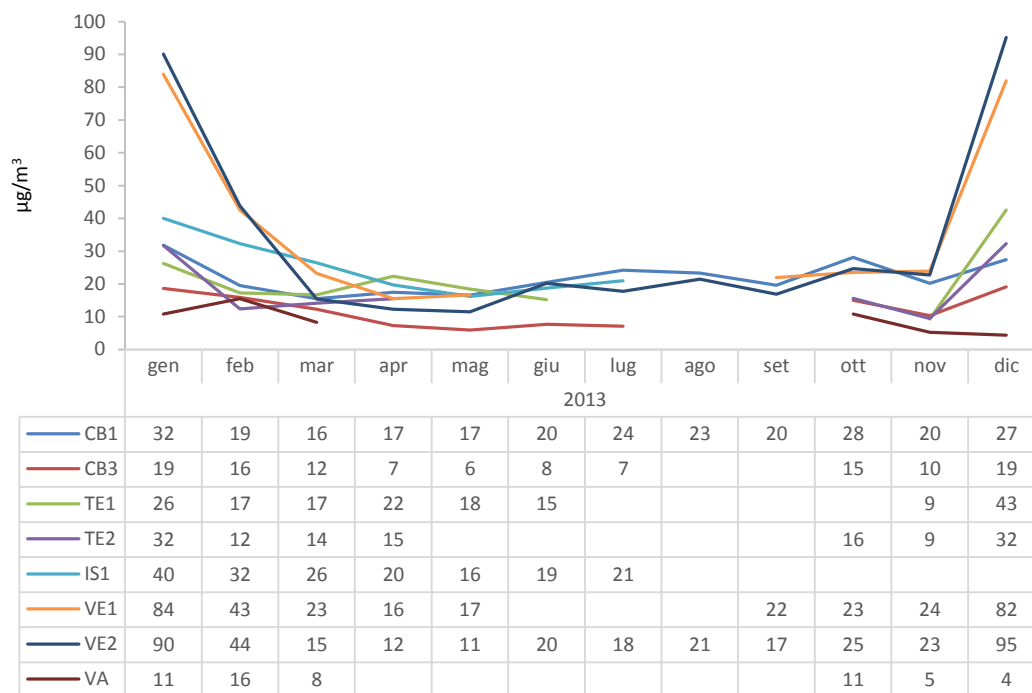
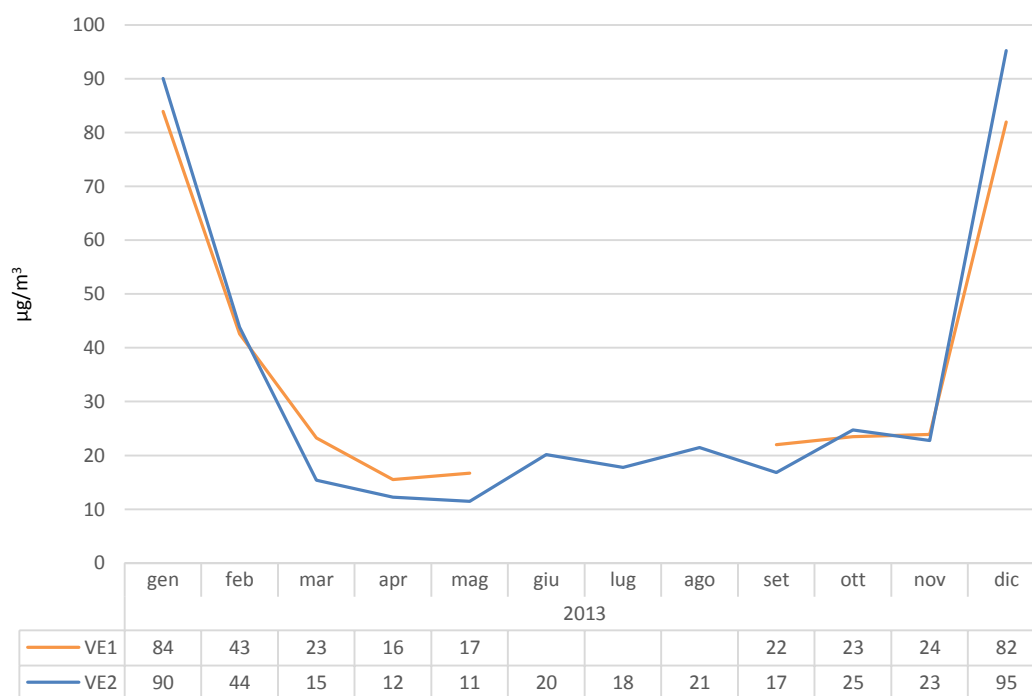
Soglia giornaliera

Nella tabella seguente si riportano il numero dei superamenti della soglia giornaliera per il PM₁₀ registrati dalle stazioni della rete per gli anni 2012 e 2013. Le uniche stazioni che hanno fatto registrare un numero di superamenti del limite oltre i 35 consentiti, sono le stazioni Venafro1 e Venafro2, così come per il 2012. La stazione di Venafro2 ha registrato lo stesso numero di superamenti del 2012, 53, mentre la stazione Venafro1 ha fatto registrare 11 superamenti in più rispetto al 2012 attestandosi a 58. Complessivamente nella città di Venafro si sono registrati 59 superamenti a fronte dei 63 registrati nel 2012.

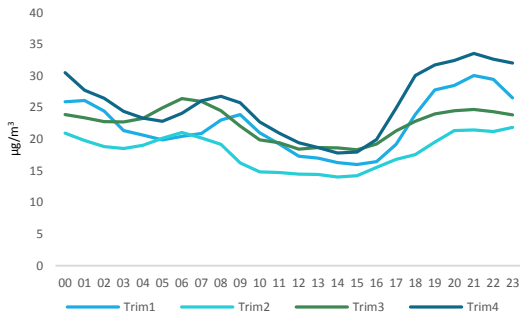
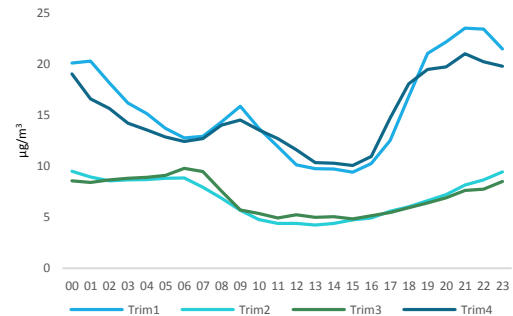
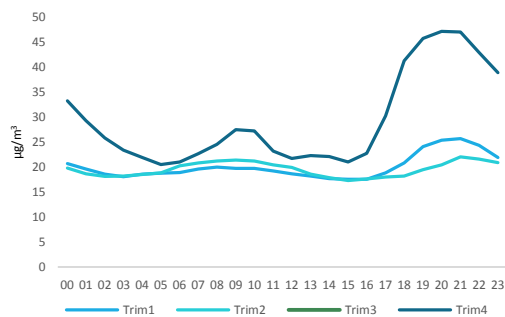
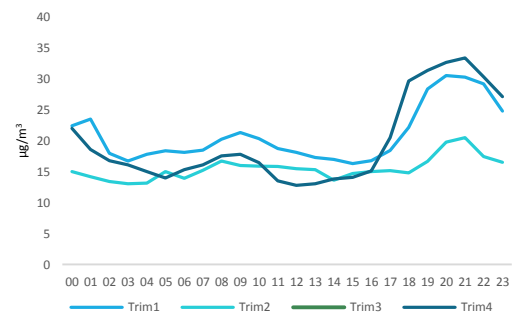
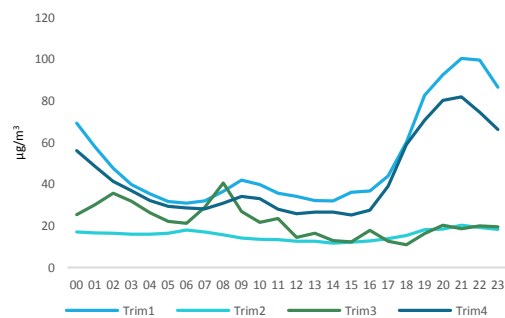
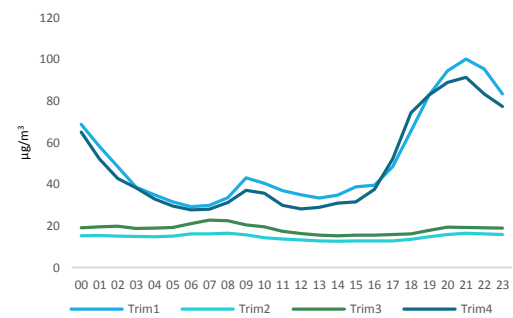
	Anni	CB1	CB3	TE1	TE2	IS1	VE1	VE2	VA
Superamenti limiti giornalieri (#)	2012	15	2	17	33	6	47	53	0
	2013	6	2	9	11	7	58	53	0

Tabella 9 – risultato monitoraggio 2013 – PM₁₀Grafico 64 – confronto medie giornaliere PM₁₀ tutte le stazioni

E' evidente che il periodo critico è rappresentato dai mesi invernali in cui si registra un aumento dei valori giornalieri in tutte le stazioni, ad eccezione di Vastogirardi dove, anche in tale periodo, i valori sono ben lontani dal raggiungimento della soglia limite; inoltre, l'incremento maggiore si registra nelle stazioni della città di Venafro.

Grafico 65 - medie mensili PM₁₀ tutte le stazioniGrafico 66 - medie mensili PM₁₀ Venafro1 - Venafro2

Aumento riscontrabile anche dall'analisi del giorno tipo determinato sui trimestri, da cui emerge l'andamento stagionale del PM₁₀, con andamento bimodale, con picchi al mattino e nelle ore serali, picchi più evidenti nel primo e quarto trimestre, dove c'è il contributo del riscaldamento residenziale ed insistono condizioni meteorologiche avverse alla dispersione degli inquinanti.

Grafico 67 - giorno tipo PM₁₀ Campobasso1Grafico 68 - giorno tipo PM₁₀ Campobasso3Grafico 69 - giorno tipo PM₁₀ Termoli1Grafico 70 - giorno tipo PM₁₀ Termoli2Grafico 71 - giorno tipo PM₁₀ Venafro1Grafico 72 - giorno tipo PM₁₀ Venafro2

L'avversità delle condizioni meteorologiche alla dispersione degli inquinanti può essere stimata attraverso una valutazione qualitativa dell'altezza di rimescolamento (ZI), che si può definire come l'altezza dello strato in cui è presente un apprezzabile livello di turbolenza atmosferica, ovvero l'altezza dello strato adiacente alla superficie all'interno del quale un composto viene disperso verticalmente per turbolenza meccanica o convettiva ed indica il volume di atmosfera disponibile per la diluizione degli inquinanti. Nei grafici seguenti si riporta l'andamento del giorno tipo, basato sul trimestre, del PM₁₀ e dell'altezza di rimescolamento. Si nota come una bassa altezza di rimescolamento tende a confinare gli inquinanti in prossimità della superficie favorendone l'accumulo. Tale fenomeno è più accentuato nel primo e quarto trimestre (mesi invernali-autunnali), dove l'altezza di rimescolamento è nettamente più bassa.

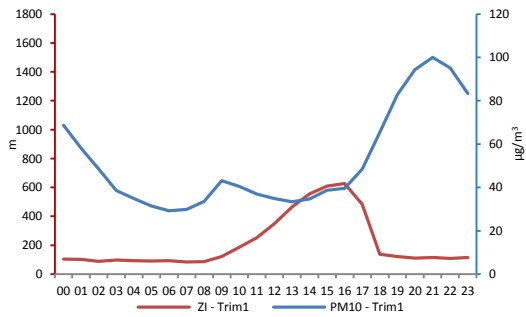


Grafico 73 – giorno tipo PM₁₀ – ZI Venafro2 – trim1

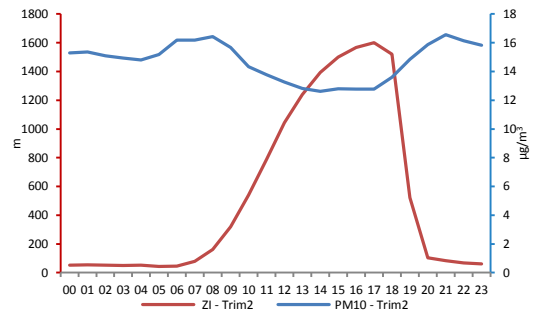


Grafico 74 – giorno tipo PM₁₀ – ZI Venafro2 – trim2

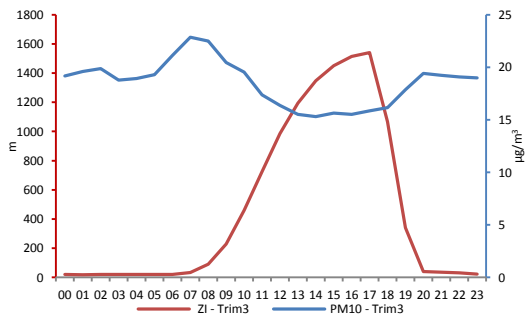


Grafico 75 – giorno tipo PM₁₀ – ZI Venafro2 – trim3

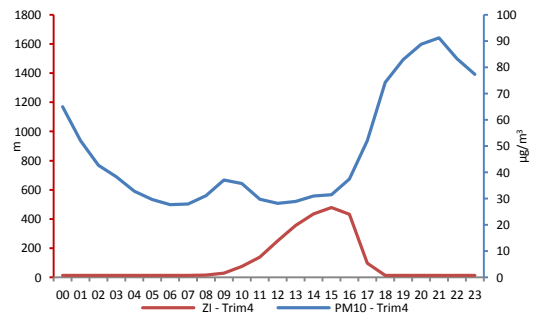


Grafico 76 – giorno tipo PM₁₀ – ZI Venafro2 – trim4

Distribuzione e variabilità concentrazioni giornaliere

Per quasi tutte le stazioni la frequenza delle medie giornaliere si trova in corrispondenza di concentrazioni minori di 20 µg/m³; fanno eccezione, le stazioni di Vastogirardi e Campobasso3, dove il picco di maggiore incidenza è in corrispondenza di valori di concentrazione pari a 10 µg/m³.

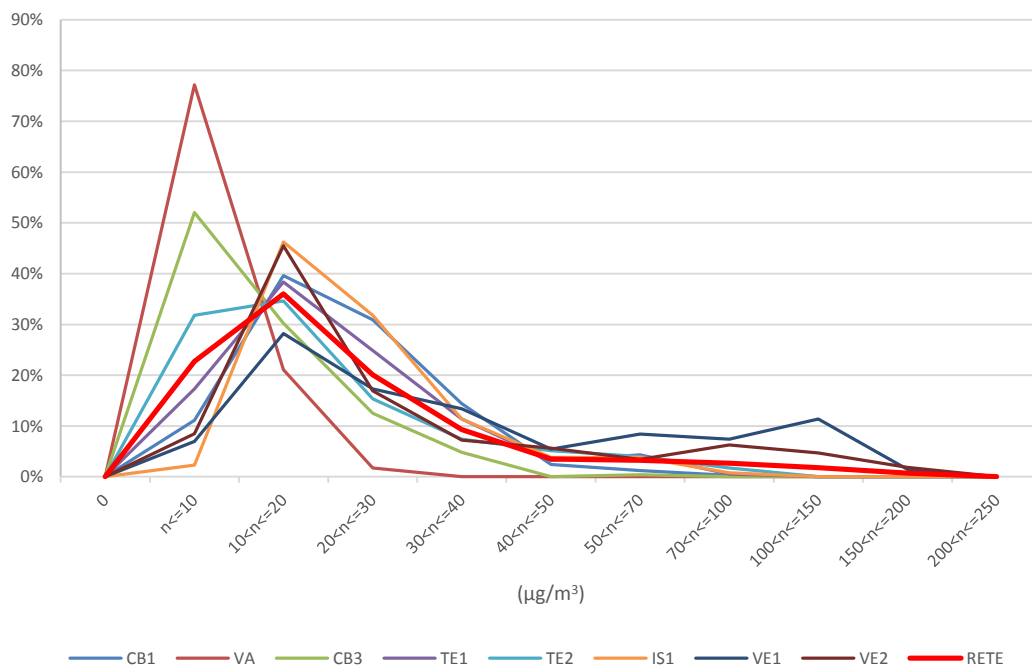


Grafico 77 – frequenze medie giornaliere PM₁₀

La stazione di Vastogirardi è caratterizzata da una distribuzione delle concentrazioni medie giornaliere nella fascia tra 0 e 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Campobasso3 ha una distribuzione delle concentrazioni comprese nella fascia 0 - 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Termoli1 e Termoli2 presentano, rispettivamente, il 5% ed il 6% dei valori superiori a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Isernia1 presenta il 5% dei valori superiori a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Venafro1 presenta il 29% dei valori superiori a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mentre, Venafro2 presenta il 16% dei valori oltre la soglia limite.

Classi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CB1	CB3	TE1	TE2	IS1	VE1	VE2	VA	RETE
$n \leq 10$	11%	52%	17%	32%	2%	7%	8%	77%	23%
$10 < n \leq 20$	40%	30%	38%	35%	46%	28%	45%	21%	36%
$20 < n \leq 30$	31%	13%	25%	15%	32%	17%	17%	2%	20%
$30 < n \leq 40$	14%	5%	11%	7%	11%	13%	7%	0%	9%
$40 < n \leq 50$	2%	0%	3%	5%	4%	5%	6%	0%	3%
$50 < n \leq 70$	1%	0%	4%	4%	4%	8%	3%	0%	3%
$70 < n \leq 100$	0%	0%	1%	2%	1%	7%	6%	0%	3%
$100 < n \leq 150$	0%	0%	0%	0%	0%	11%	5%	0%	2%
$150 < n \leq 200$	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2%	0%	1%
$200 < n \leq 250$	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Tabella 10 – distribuzione classi medie giornaliere

In termini di variabilità delle medie giornaliere (box-plot - grafico 78), Vastogirardi è quella che presenta la variazione più contenuta mentre, Venafro1 è la stazione con variabilità più elevata seguita da Venafro2, tutte le altre stazioni presentano variabilità paragonabili.

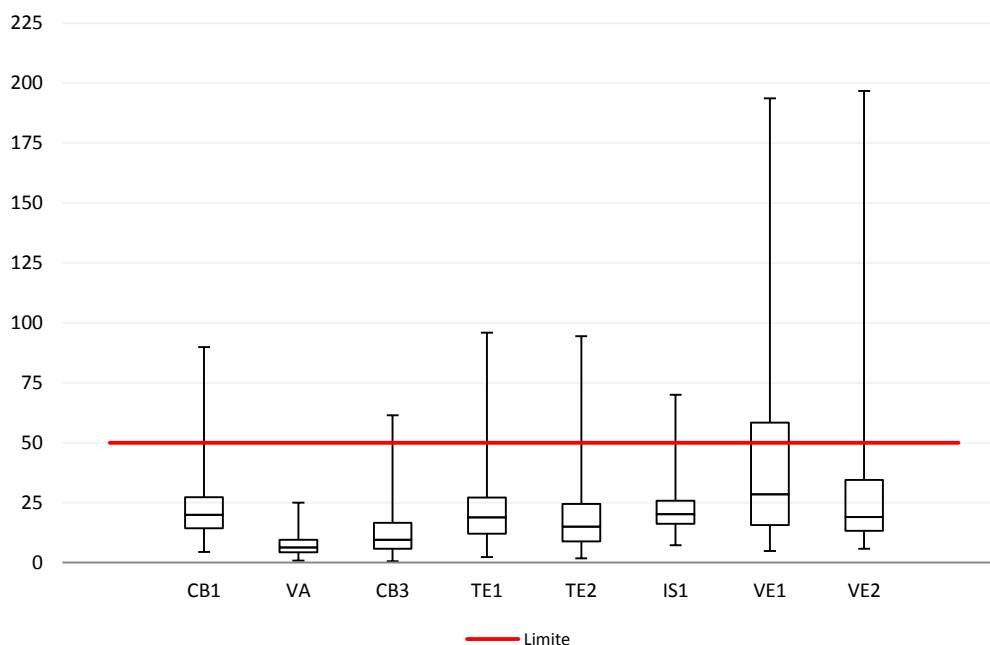
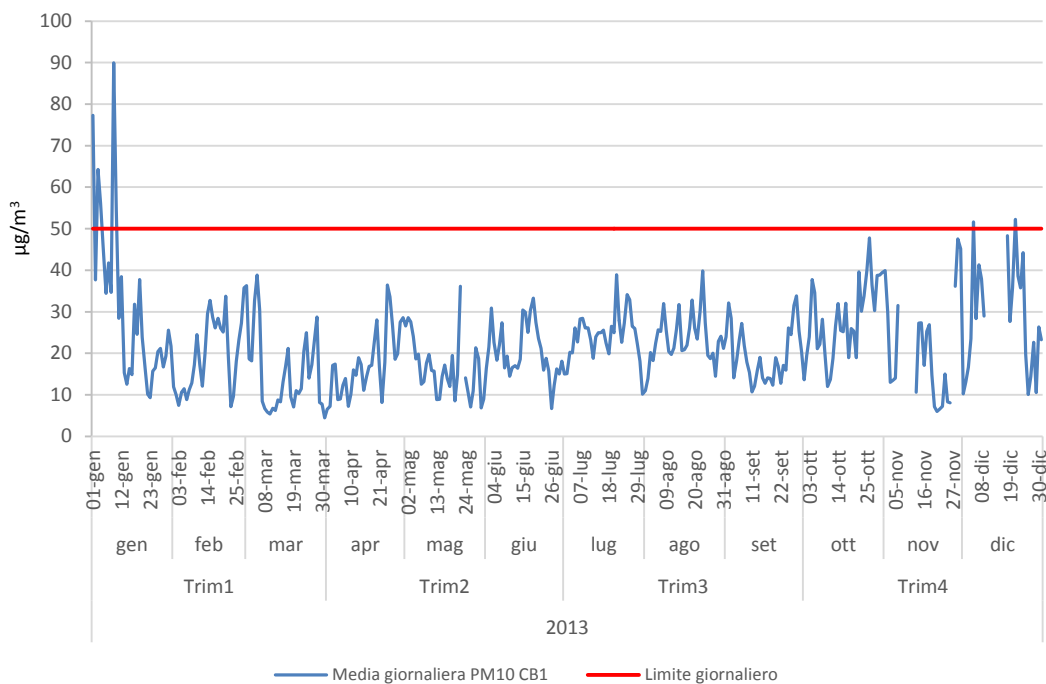
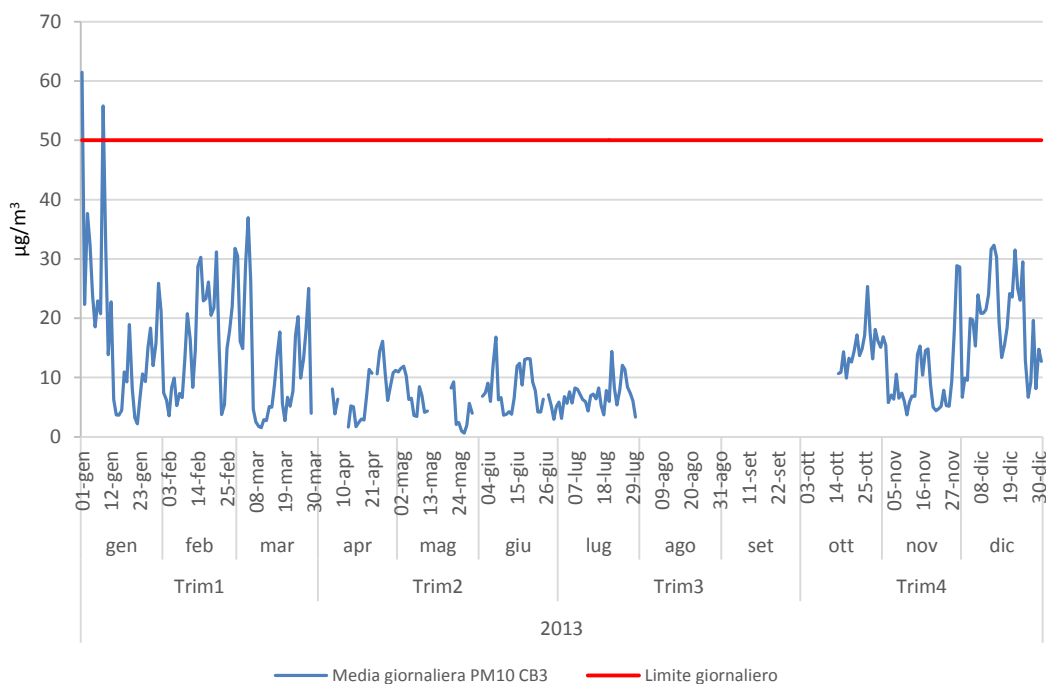


Grafico 78 – variabilità medie giornaliere PM₁₀

Campobasso1 - Campobasso3

La stazione Campobasso1 registra valori delle medie giornaliere costantemente più alti rispetto alla stazione Campobasso3, ciò è dovuto alla diversa tipologia delle due stazioni; infatti Campobasso1 è una stazione da traffico mentre Campobasso3 è classificata come di background urbano e quindi risente meno dell'influenza del traffico veicolare, ciò si evidenzia anche dal grafico del giorno tipo.

Grafico 79 – medie giornaliere PM₁₀ Campobasso1Grafico 80 – medie giornaliere PM₁₀ Campobasso3

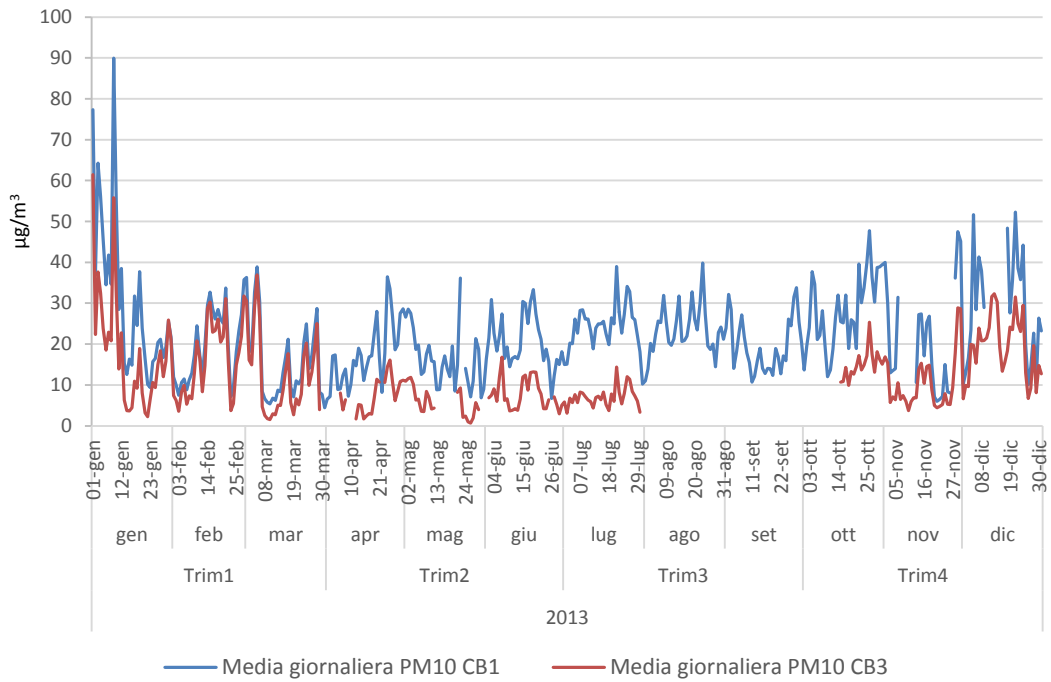


Grafico 81 – confronto medie giornaliere PM₁₀ Campobasso1 – Campobasso3

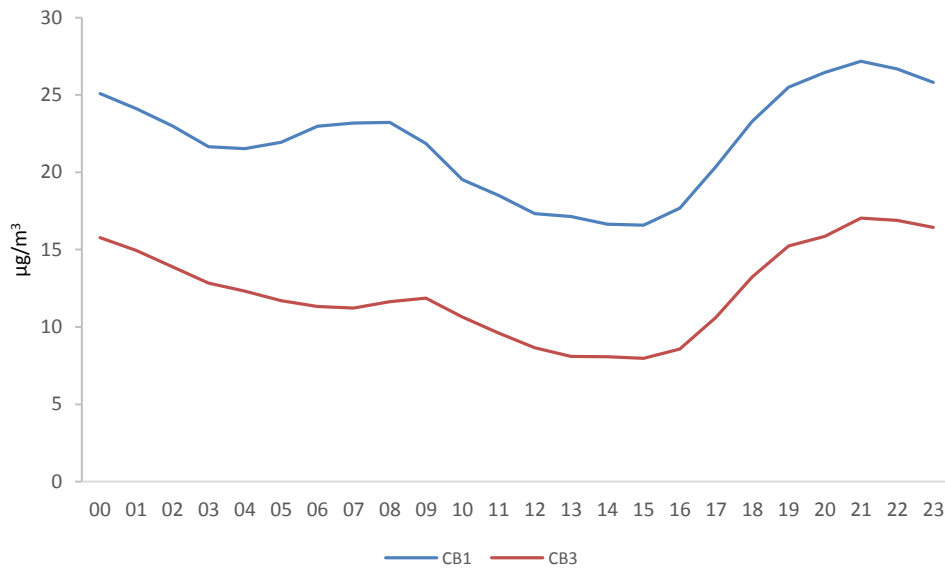
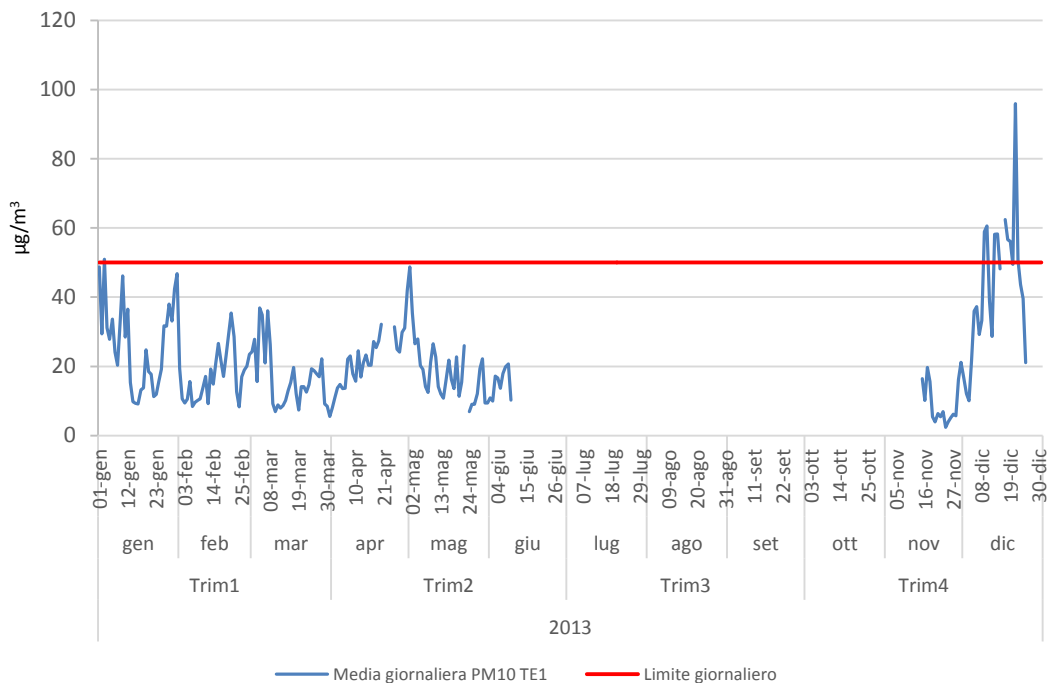
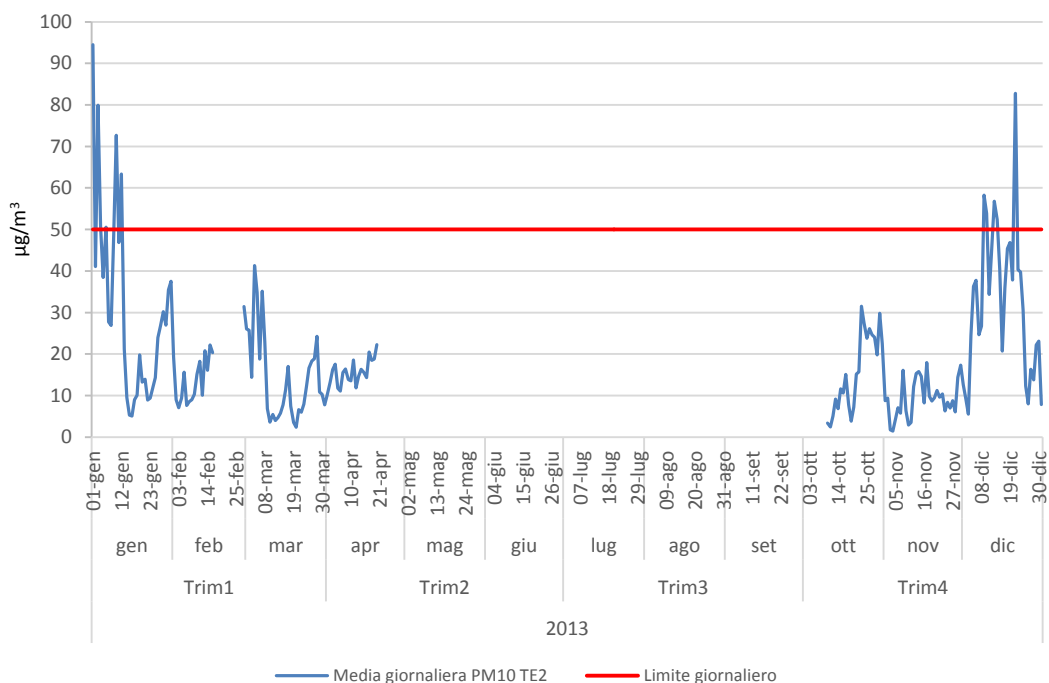


Grafico 82 – giorno tipo PM₁₀ Campobasso1 – Campobasso3

Termoli1 - Termoli2

Le due stazioni sono entrambe classificate da traffico e per questo influenzate dalle stesse fonti emissive come risulta evidente dai grafici.

Grafico 83 - medie giornaliere PM₁₀ Termoli1Grafico 84 - medie giornaliere PM₁₀ Termoli2

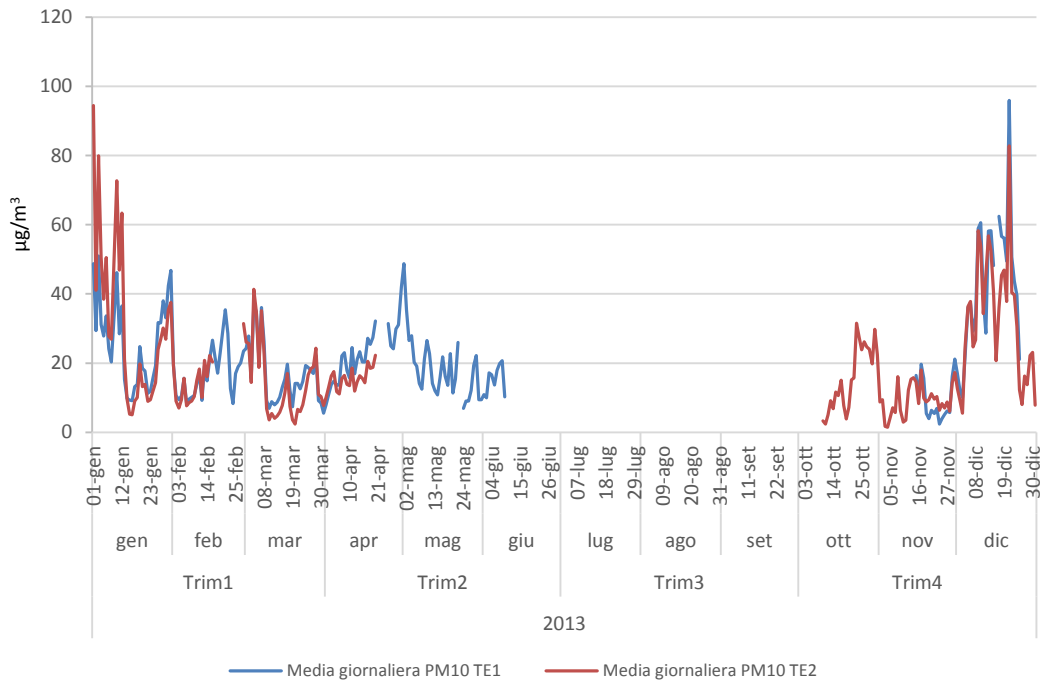


Grafico 85 – medie giornaliere PM₁₀ Termoli1 – Termoli2

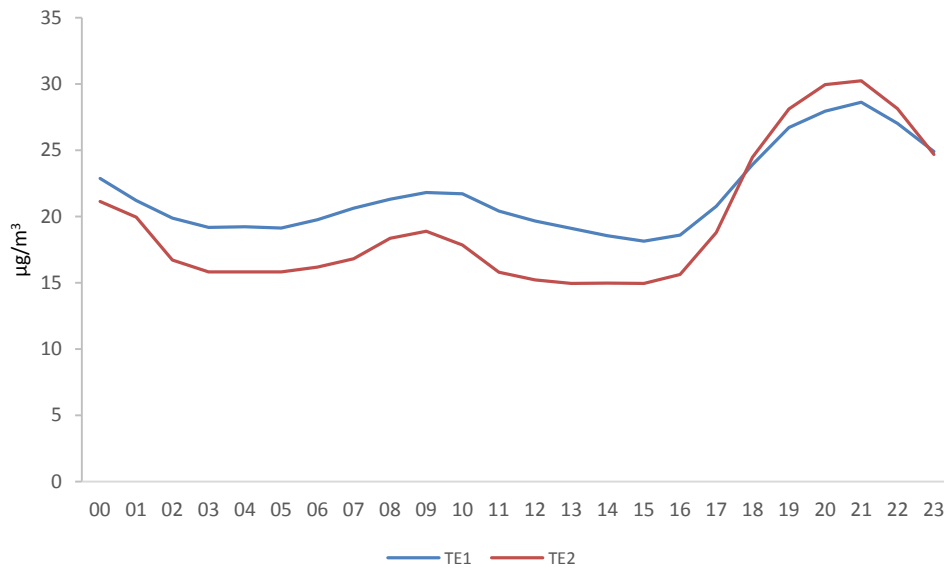


Grafico 86 – giorno tipo PM₁₀ Termoli1 – Termoli2

Isernia1

Anche per la stazione di Isernia, sebbene ci sia disponibilità dei dati, solo ad inizio anno, il periodo più critico risulta essere quello invernale.

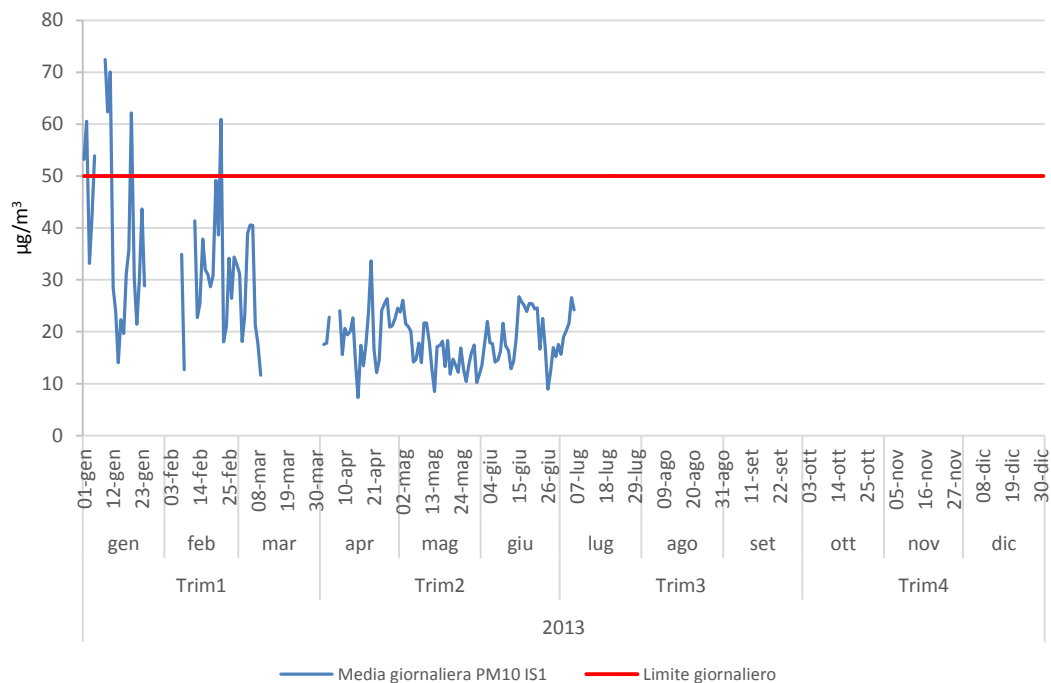


Grafico 87 – medie giornaliere PM₁₀ Isernia1

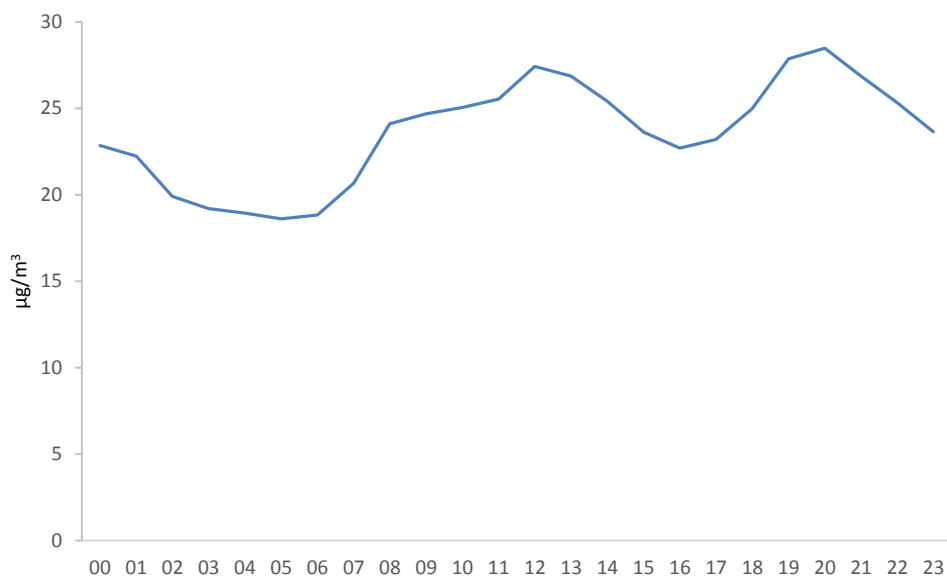
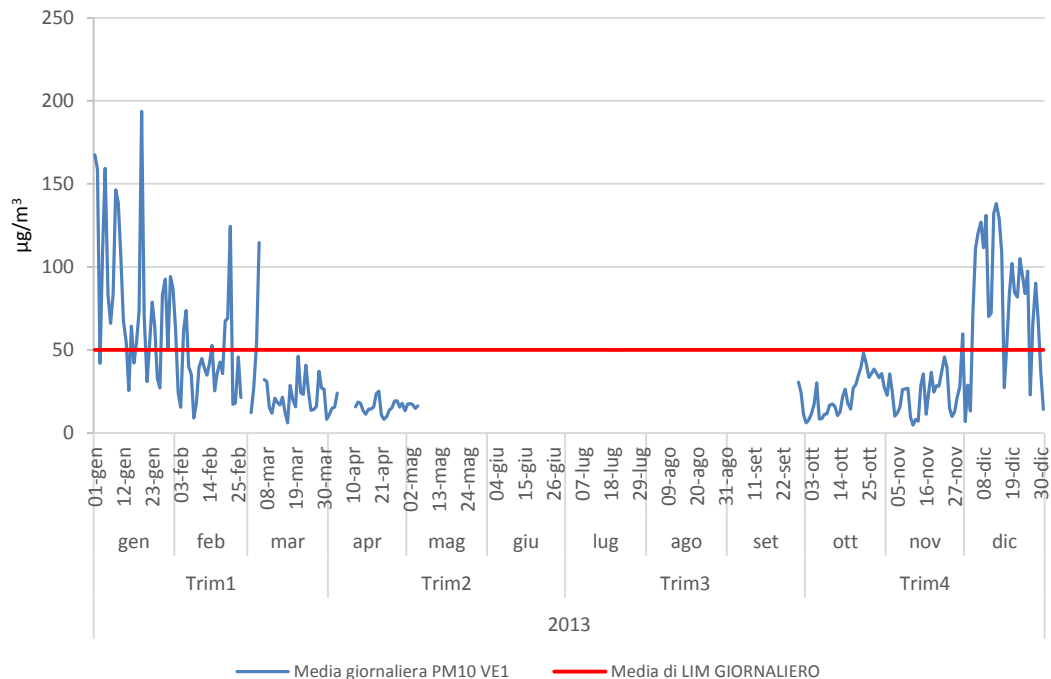
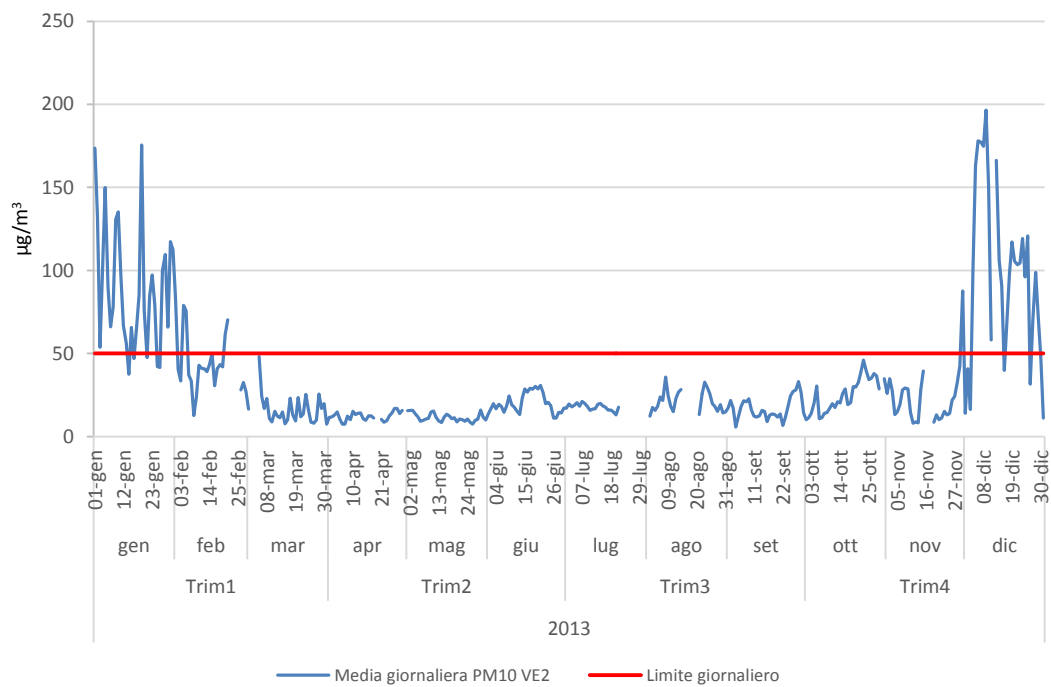


Grafico 88 – giorno tipo PM₁₀ Isernia1

Venafro1 – Venafro2

Le stazioni Venafro1 e Venafro2 fanno registrare i maggiori superamenti della soglia giornaliera. Il periodo critico è rappresentato dai mesi invernali: dicembre, gennaio e febbraio; negli altri mesi l'andamento ed i valori misurati sono paragonabili a quelli riscontrati nelle altre stazioni della rete.

Grafico 89 – medie giornaliere PM₁₀ Venafro1Grafico 90 – medie giornaliere PM₁₀ Venafro2

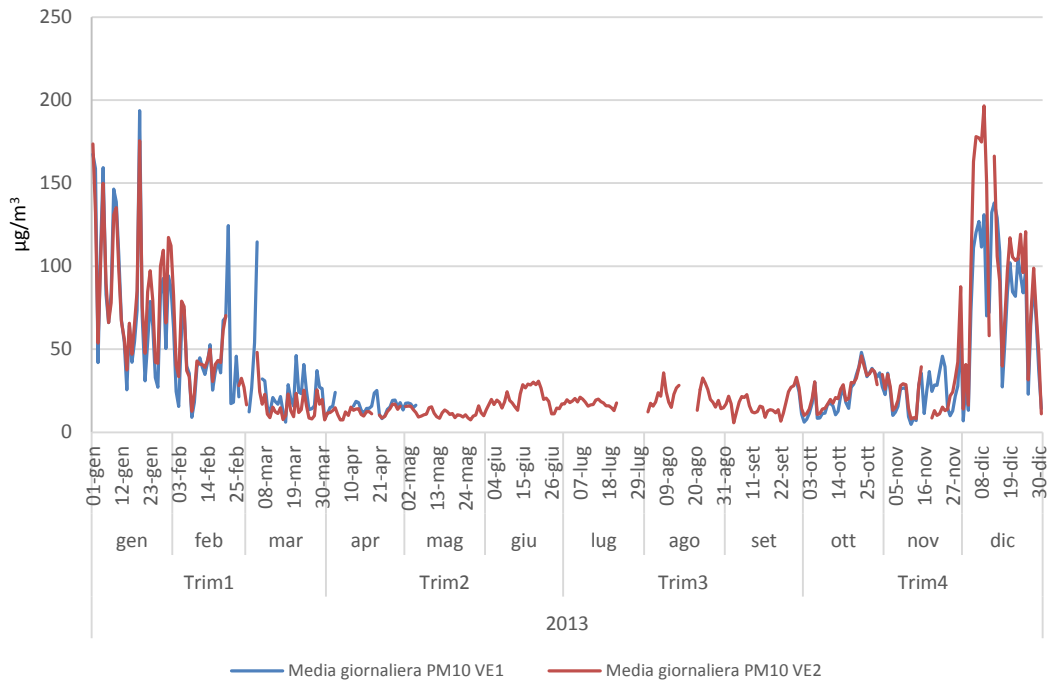


Grafico 91 – medie giornaliere PM₁₀ Venafro1 – Venafro2

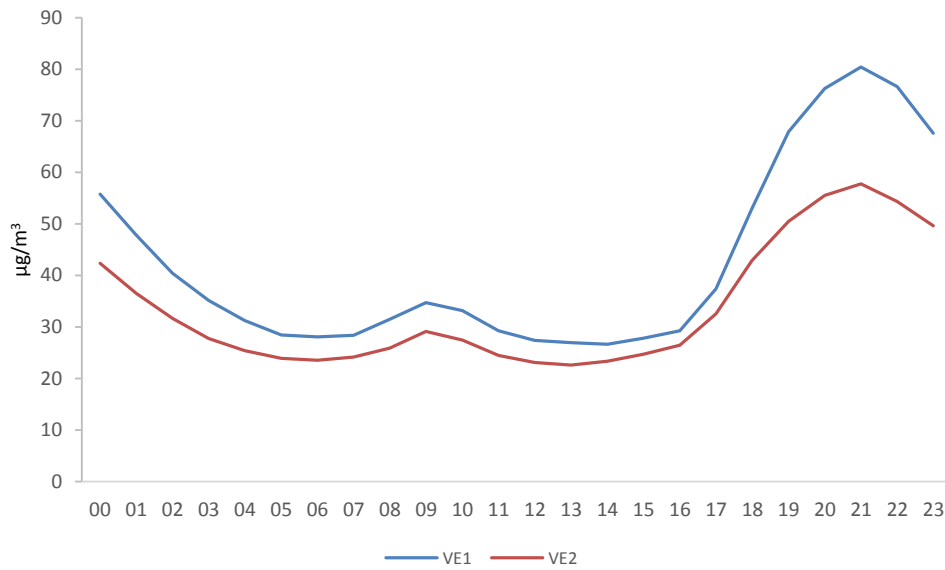


Grafico 92 – giorno tipo PM₁₀ Venafro1 – Venafro2

Vastogirardi

Vastogirardi è la stazione che presenta i valori più bassi misurati dalla rete di monitoraggio.

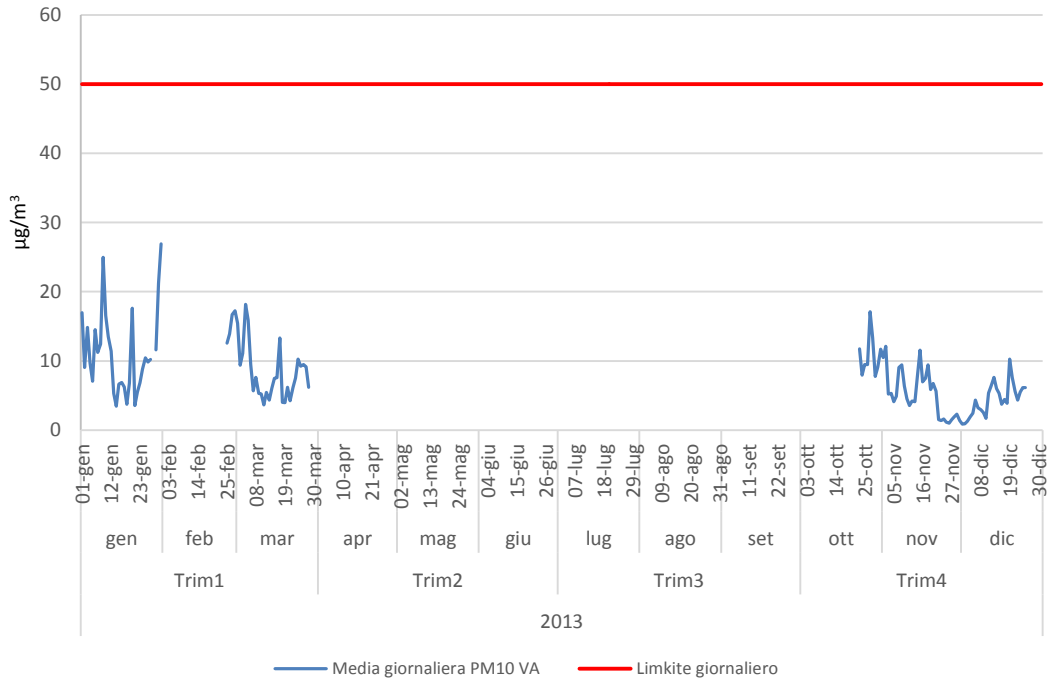


Grafico 93 – medie giornaliere PM₁₀ Vastogirardi

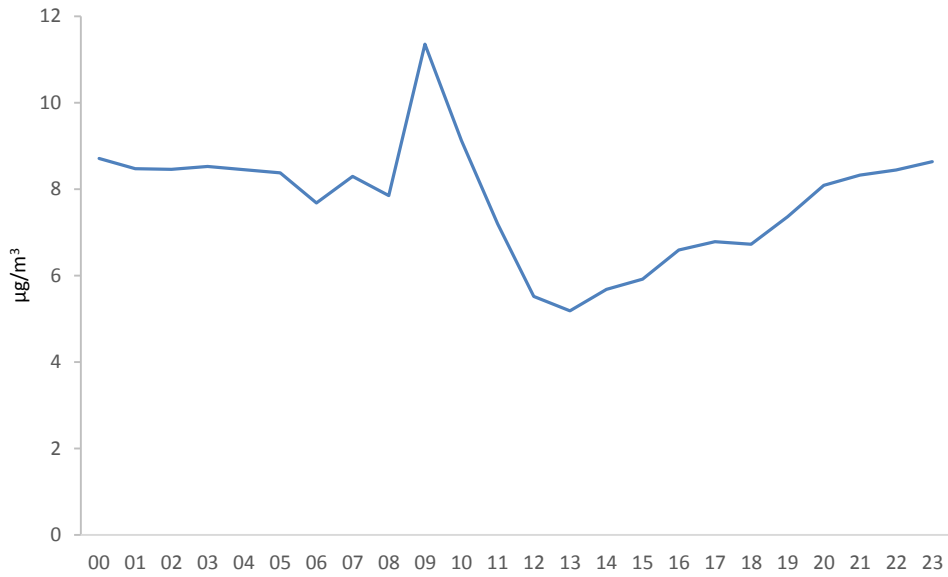


Grafico 94 – giorno tipo PM₁₀ Vastogirardi

Soglia annuale

Nella seguente tabella si riporta la media annuale del PM₁₀ per il 2013 registrata nelle diverse stazioni. Anche per il PM₁₀ il D. Lgs. 155/10 fissa una percentuale di raccolta dati (90%) che deve essere raggiunta per poter effettuare la verifica di conformità del rispetto del valore limite annuale (40 µg/m³). La stazione Campobasso1 ha raggiunto e superato la soglia di copertura dei dati attestandosi al 93%. Anche per la stazione Venafro2 si può considerare raggiunta tale soglia; infatti, si è registrato una raccolta dati pari all'89%. Tale mancanza di copertura è stata dovuta a problemi di manutenzione e di guasti gravi riscontratisi sugli analizzatori della rete di monitoraggio. Quindi, solo per queste due stazioni si può valutare il superamento o meno del limite annuale del particolato, che come si evince dalla tabella, in nessuna delle due stazioni è stato superato.

STAZIONI	2013	
	Media annuale (µg/m ³)	Copertura dati (%)
CB1	22	93
CB3	12	70
TE1	22	52
TE2	20	49
IS1	24	38
VE1	43	56
VE2	34	89
VA	8	33

Tabella 11 – media annuale e copertura dati PM₁₀ - 2013

Da un'analisi del grafico delle medie mensili delle due stazioni di Venafro (grafico 95) si nota un progressivo abbassamento dei valori registrati nel mese di gennaio, a partire già dal mese di febbraio con una riduzione di circa il 50%; un'ulteriore diminuzione del 50%, sempre rispetto al mese precedente, si registra nel mese di marzo, che rispetto al mese di gennaio fa registrare una diminuzione dell'80%. Nei mesi successivi, fino a novembre, si presenta un andamento poco variabile, per poi aumentare notevolmente nel mese di dicembre (circa il 300% rispetto a novembre), con valori che si attestano su quelli registrati nel mese di gennaio.

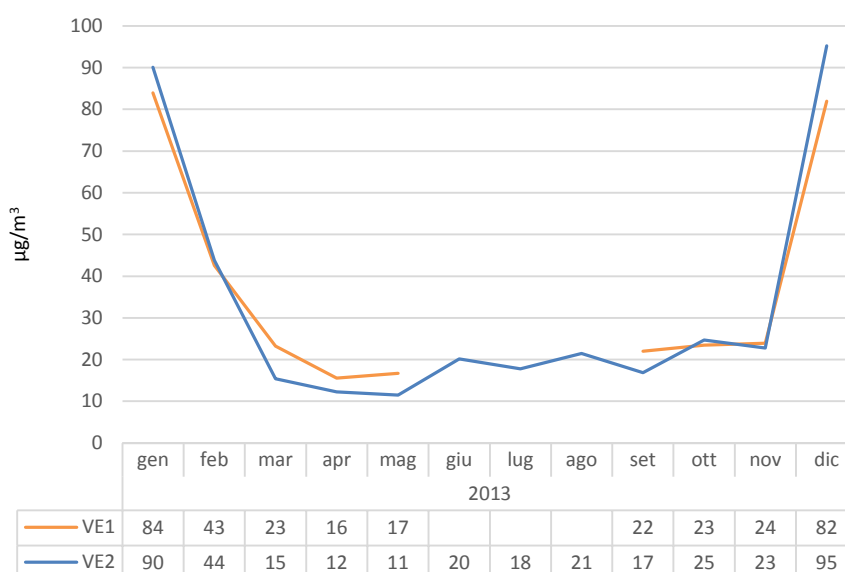


Grafico 95 – medie mensili PM₁₀ Venafro1 – Venafro2 - 2013

Si può ragionevolmente ritenere:

- a. dall'analisi delle medie mensili
- b. dai valori (alti) registrati nei mesi invernali (gennaio e dicembre) sono bilanciati, nella media annuale, dai valori (bassi) misurati negli altri mesi;
- c. da una analisi dei dati storici
- d. dal numero di superamenti annuali della media giornaliera
- e. dall'andamento del giorno tipo
- f. dalla tipologia delle due stazioni - entrambe da traffico

che le due stazioni presentano praticamente gli stessi dati, pertanto, così come Venafro2, anche Venafro1 non avrebbe fatto registrare un superamento della soglia annuale se fossero stati raccolti il 90% dei dati disponibili.

SO₂

Il D. Lgs. 155/10 prevede per la SO₂ i seguenti limiti

Tipologia	Indicatore statistico	Valore
Soglia di allarme	Superamento per 3h consecutive del valore soglia	500 µg/ m ³
Limite orario per la protezione della salute umana	Media 1 h	350 µg/ m ³ da non superare più di 24 volte per anno civile
Limite di 24 ore per la protezione della salute umana	Media 24 h	125 µg/ m ³ da non superare più di 3 volte per anno civile

Tabella 12 – limiti SO₂

Nel corso del 2013 in nessuna stazione è stato superato alcun indicatore statistico e con valori misurati ben lontani dai limiti, come si evince dai grafici riportati. La SO₂, quindi, si conferma un inquinante primario non critico, grazie in particolare alla riduzione del tenore di zolfo nei combustibili ed in particolare nei combustibili diesel. Questo inquinante, poi, non supera le soglie di valutazione previste dal D. Lgs. 155/10 e pertanto il monitoraggio in siti fissi non è obbligatorio; quindi per la valutazione del livello di inquinamento da SO₂, possono essere utilizzate anche in via esclusiva tecniche di modellizzazione o di stima obiettiva.

Campobasso

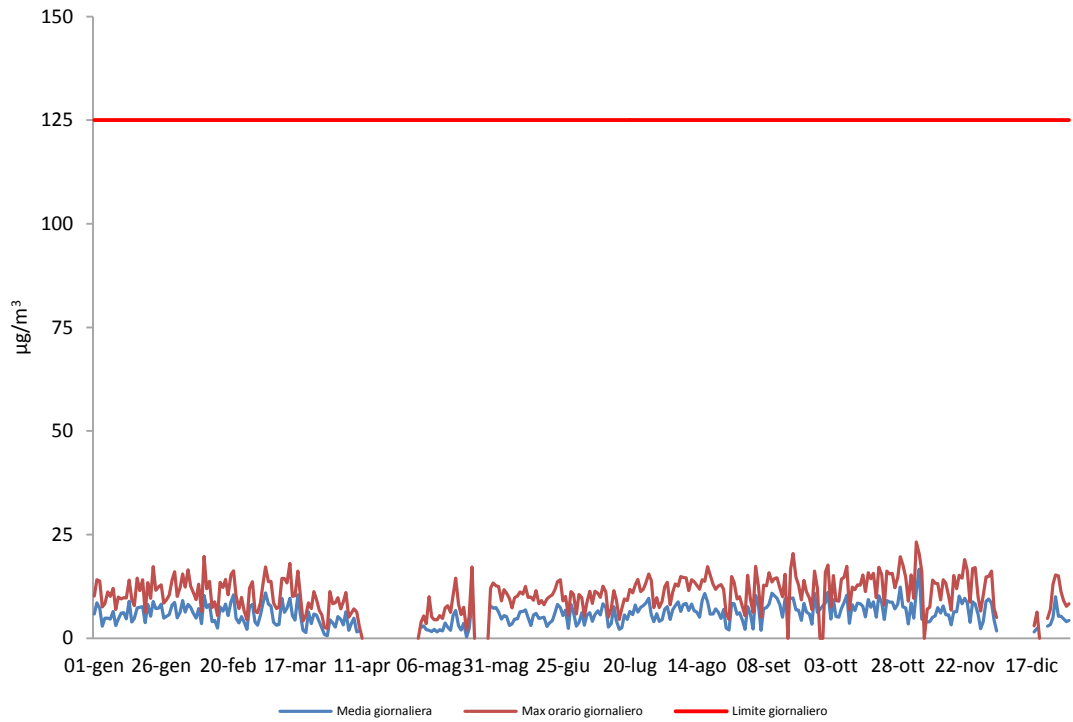


Grafico 96 – medie giornaliere SO₂ – Campobasso1

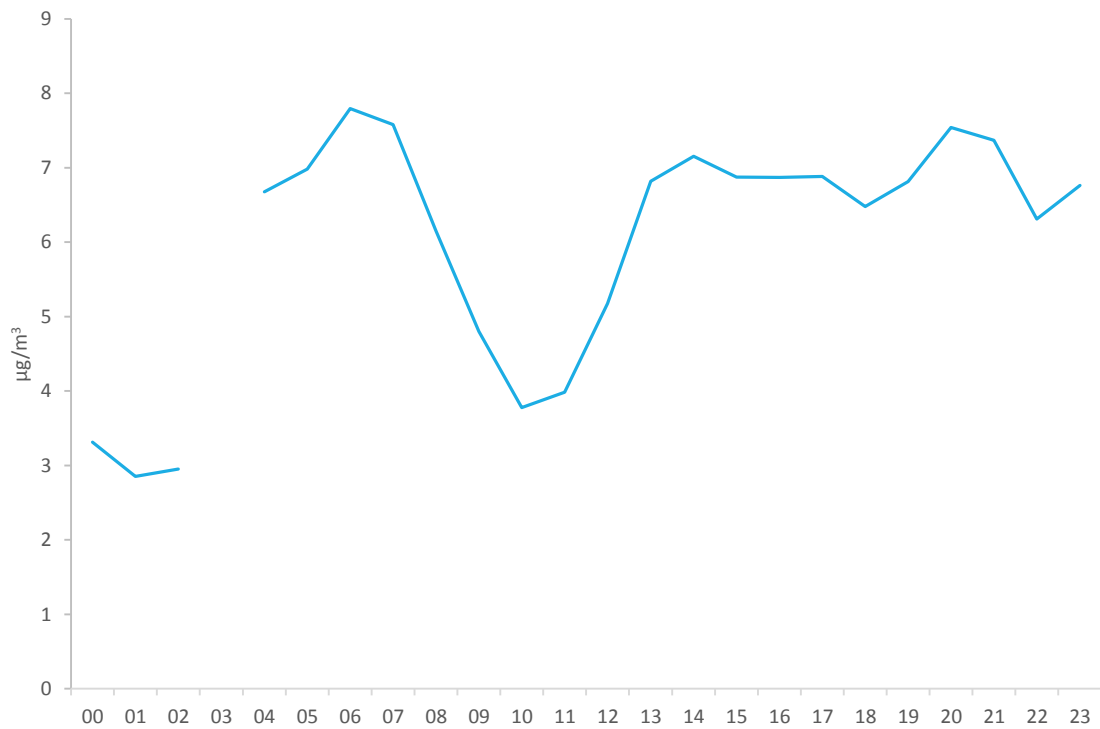


Grafico 97 – giorno tipo SO₂ Campobasso1

Termoli

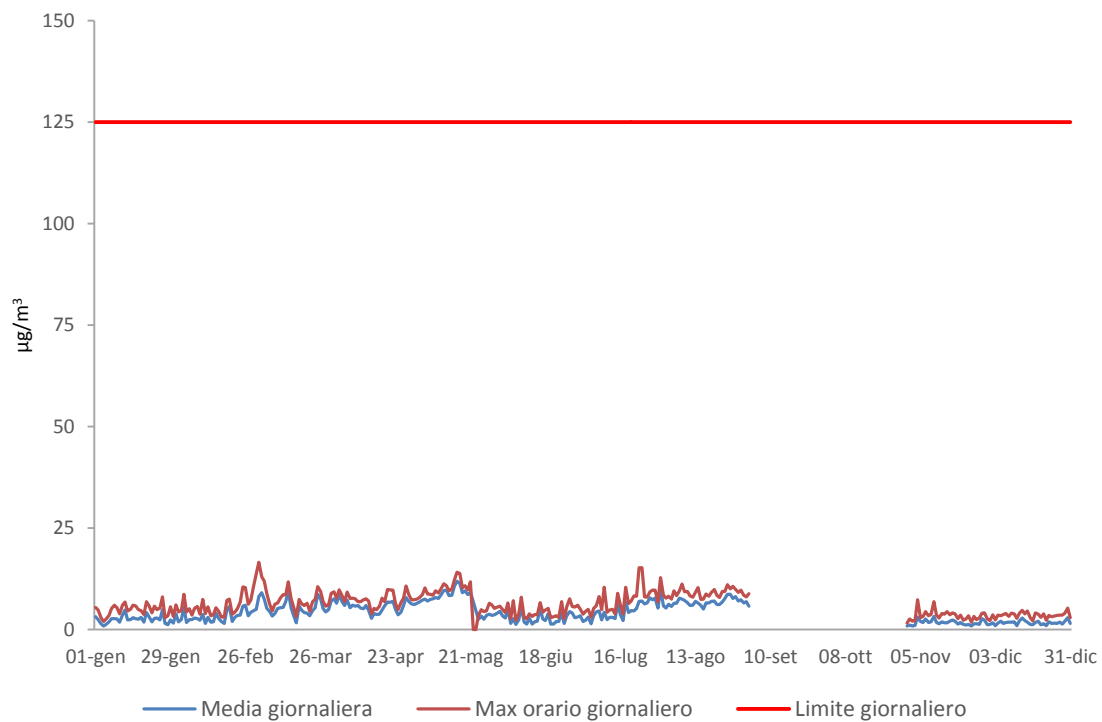


Grafico 98 – medie giornaliere SO₂ – Termoli1

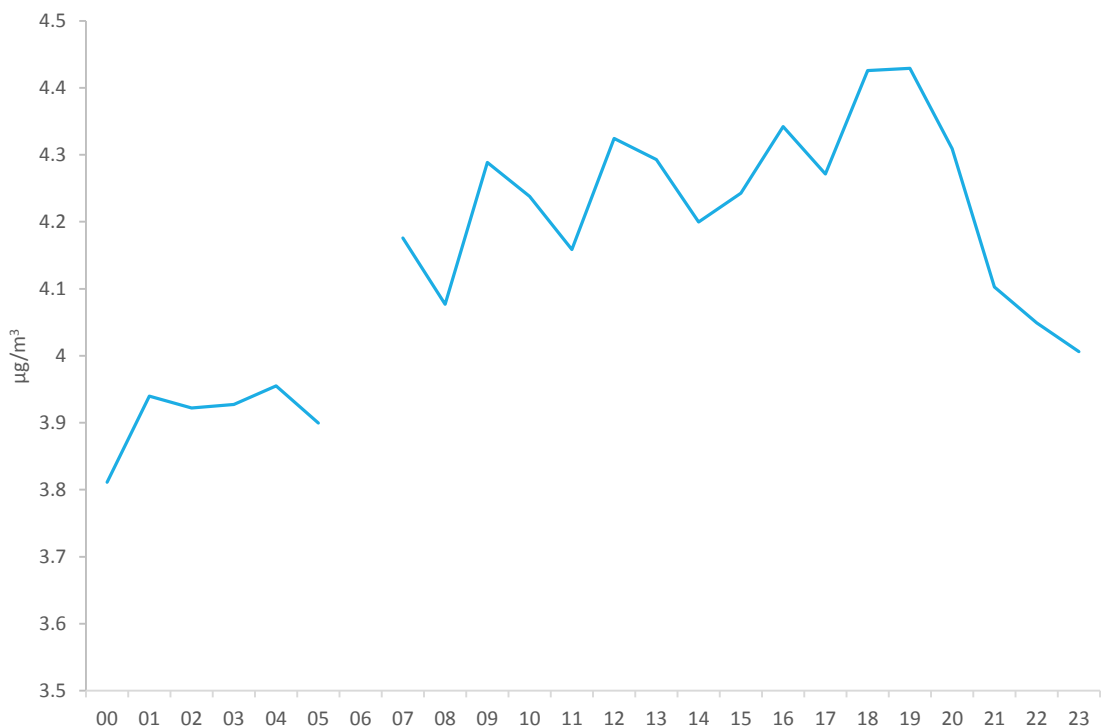


Grafico 99 – giorno tipo SO₂ Termoli1

Isernia

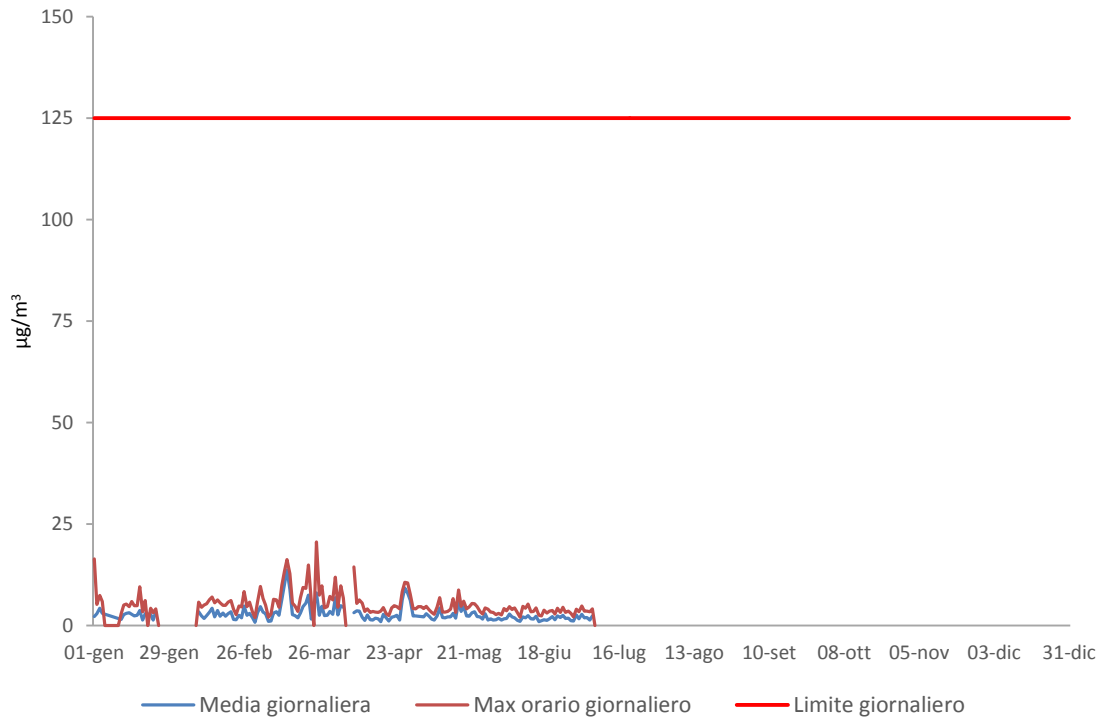


Grafico 100 – medie giornaliere SO₂ – Isernia1

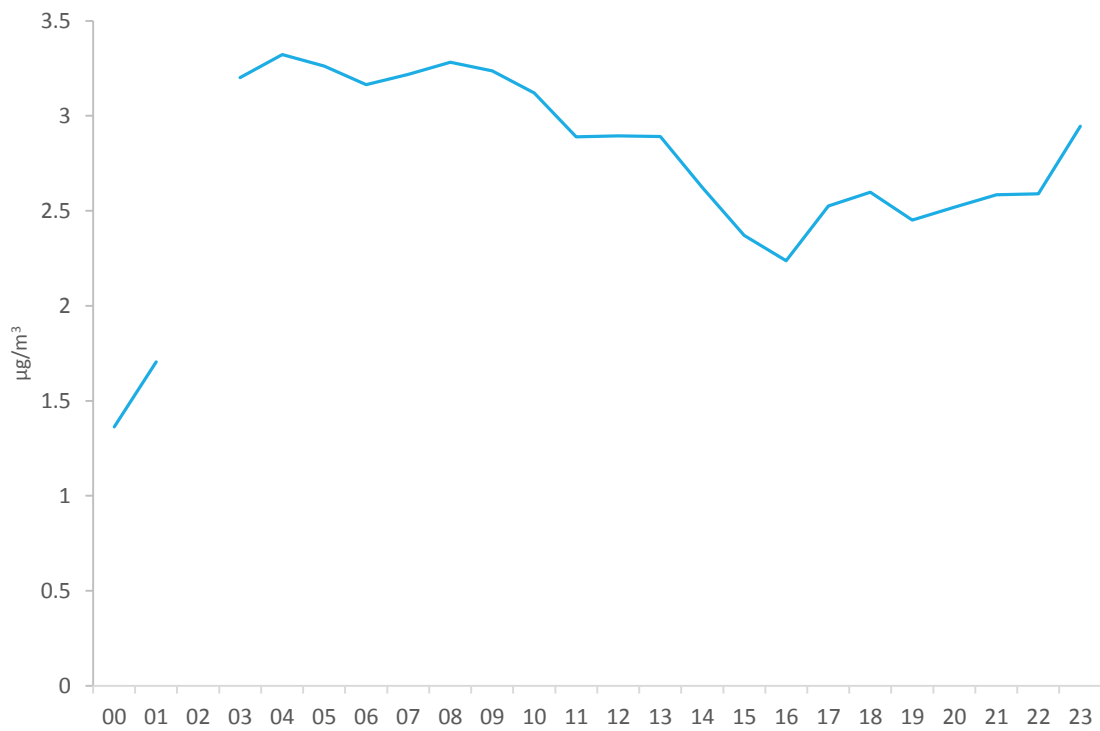


Grafico 101 – giorno tipo SO₂ Isernia1

Venafro

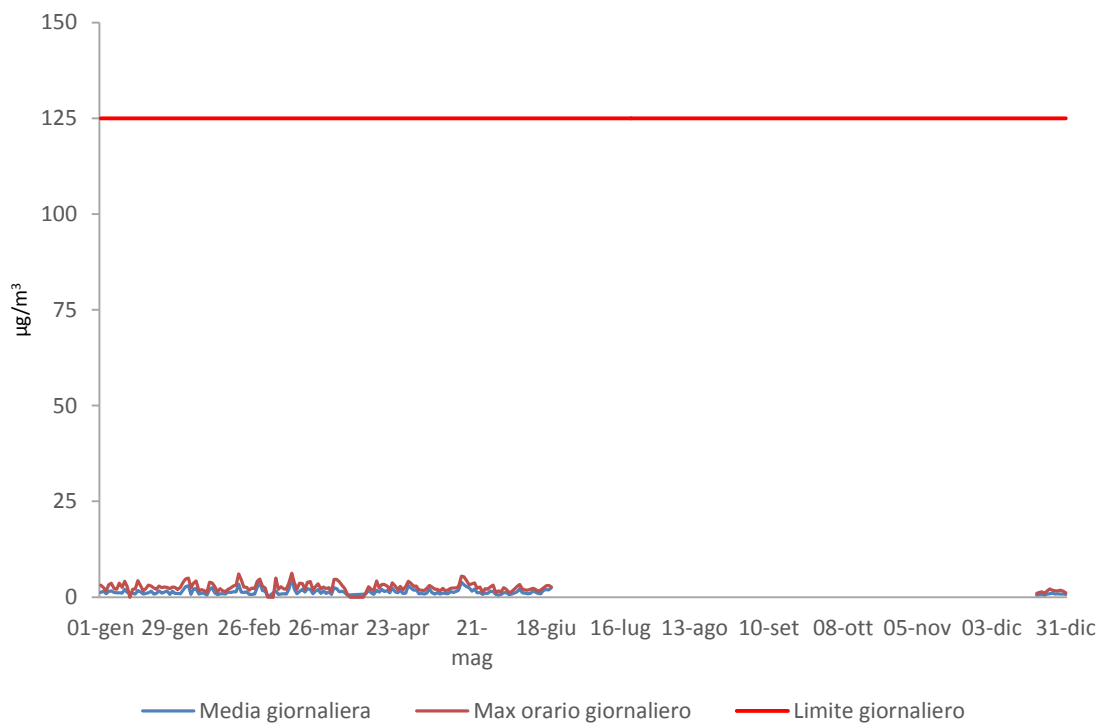


Grafico 102 – medie giornaliere SO₂ – Venafro1

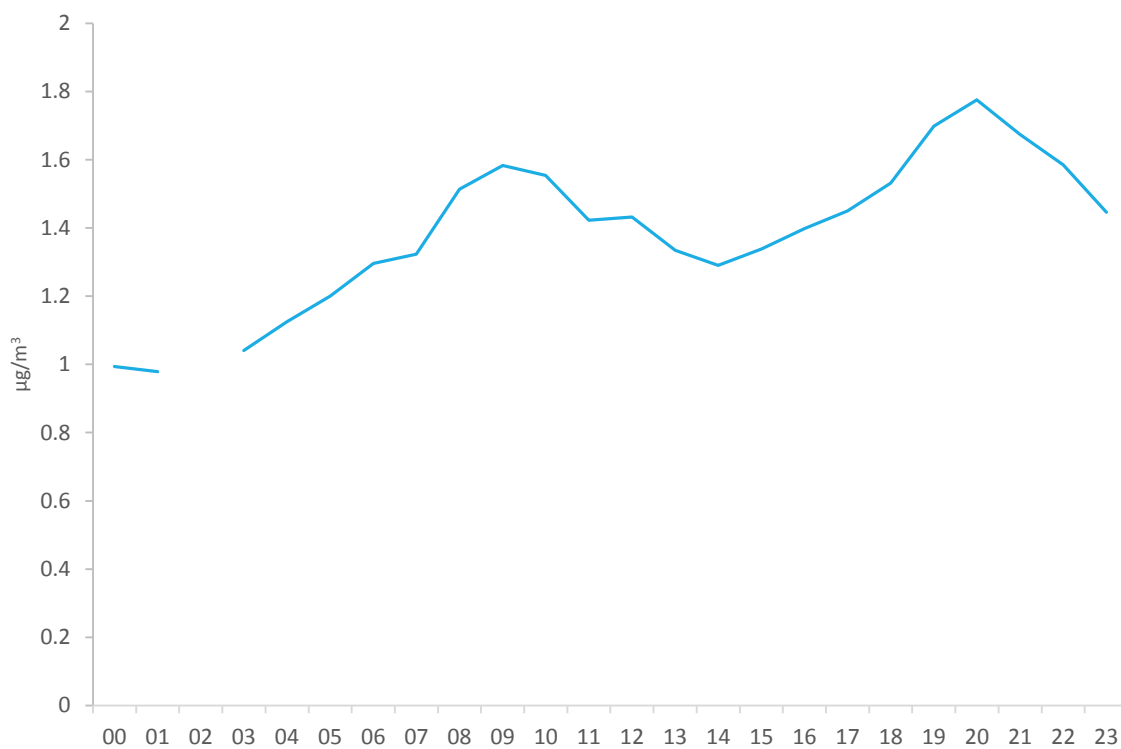


Grafico 103 – giorno tipo SO₂ Venafro1

CO

Il D. Lgs. 155/10 prevede per il CO un unico indicatore rappresentato dal valore massimo giornaliero della media mobile su 8h che non deve superare i 10 mg/m³. Anche per questo inquinante non si sono registrati episodi di superamento del limite vigente ed i valori misurati sono ben lontani dal suo raggiungimento. Così come per la SO₂, anche il monossido di carbonio non supera le soglie di valutazione previste dalla normativa e quindi il monitoraggio in siti fissi non è obbligatorio; pertanto, possono essere utilizzate, anche in via esclusiva, tecniche di modellizzazione o di stima obiettiva per la sua valutazione.

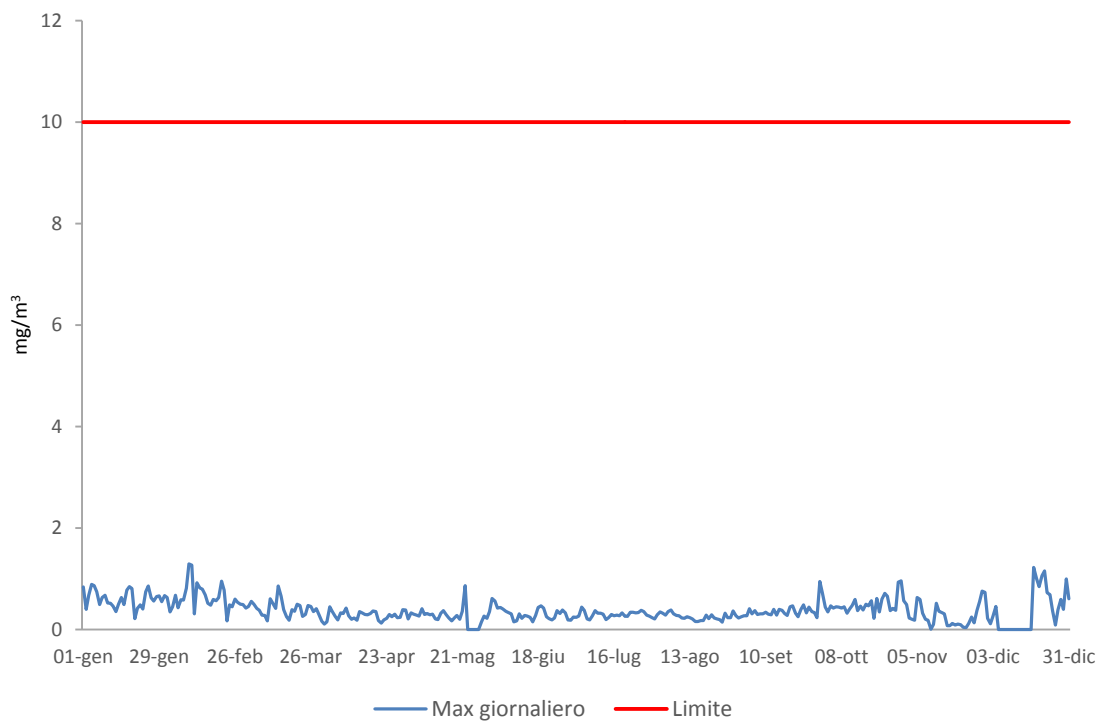
Campobasso

Grafico 104 - massimo giornaliero media mobile 8 h - CO - Campobasso1

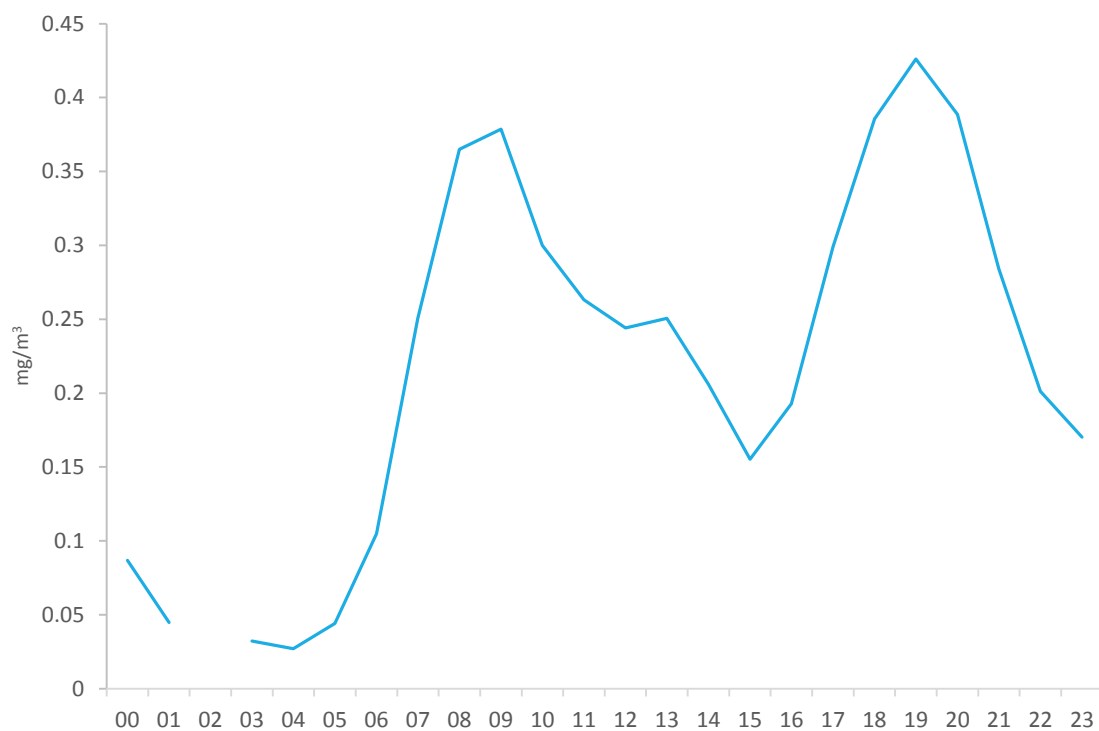


Grafico 105 - giorno tipo CO Campobasso1

Termoli

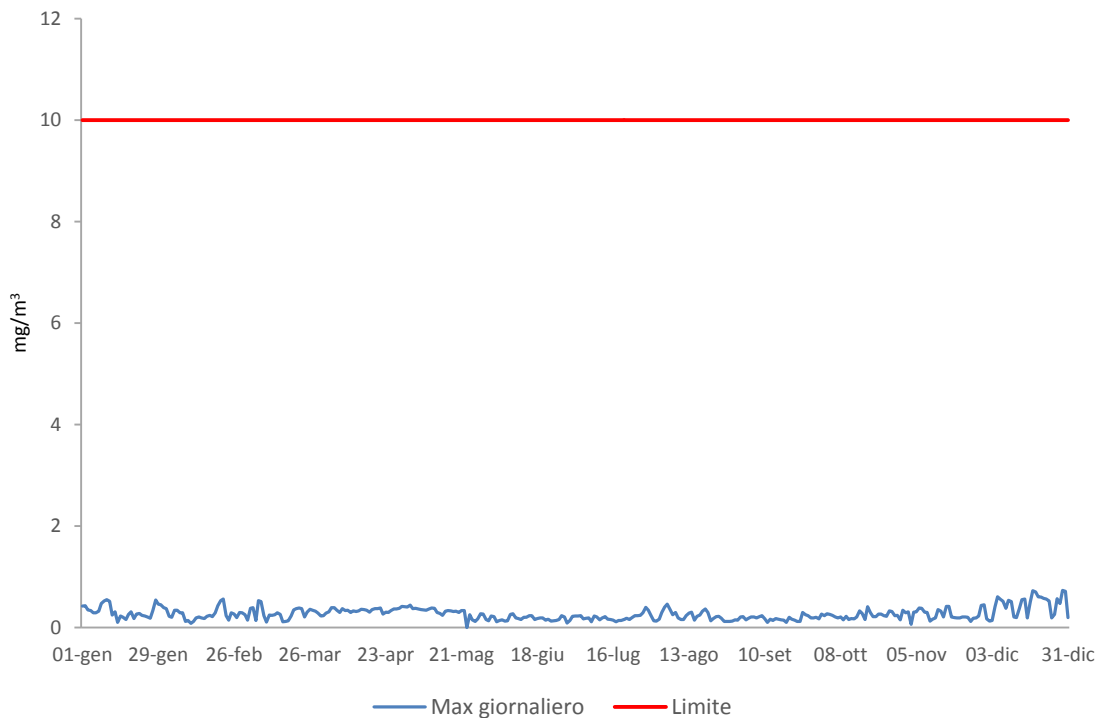


Grafico 106 - massimo giornaliero media mobile 8 h - CO - Termoli1

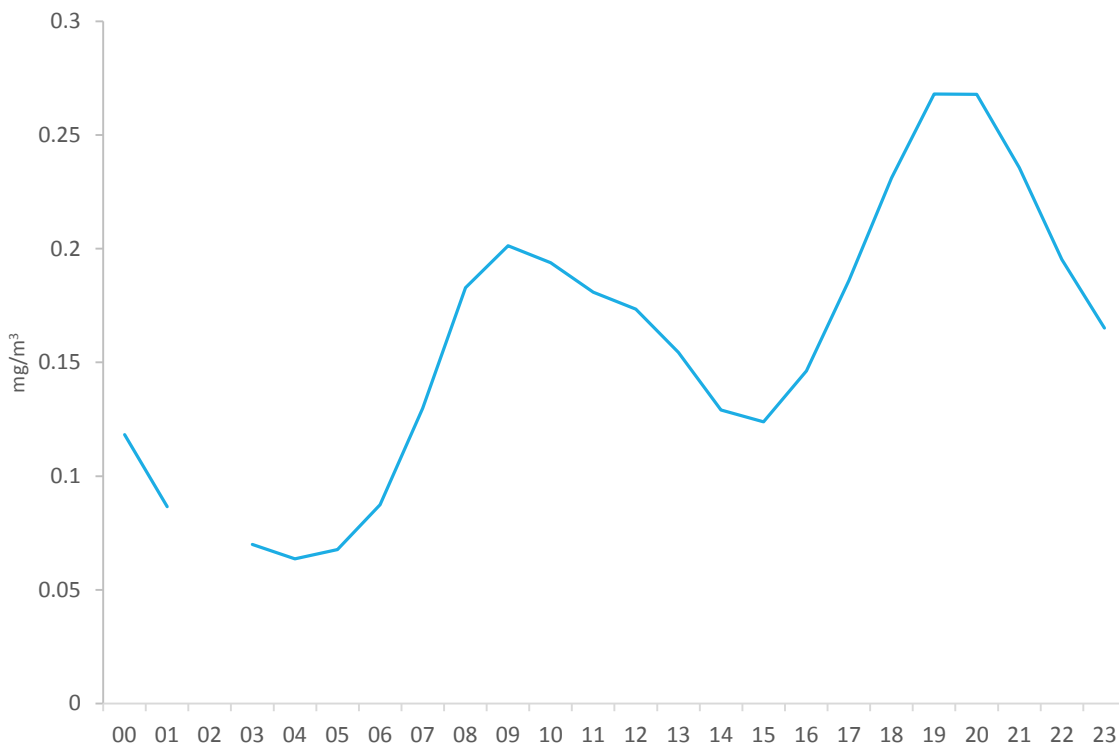


Grafico 107 - giorno tipo CO Termoli1

Isernia

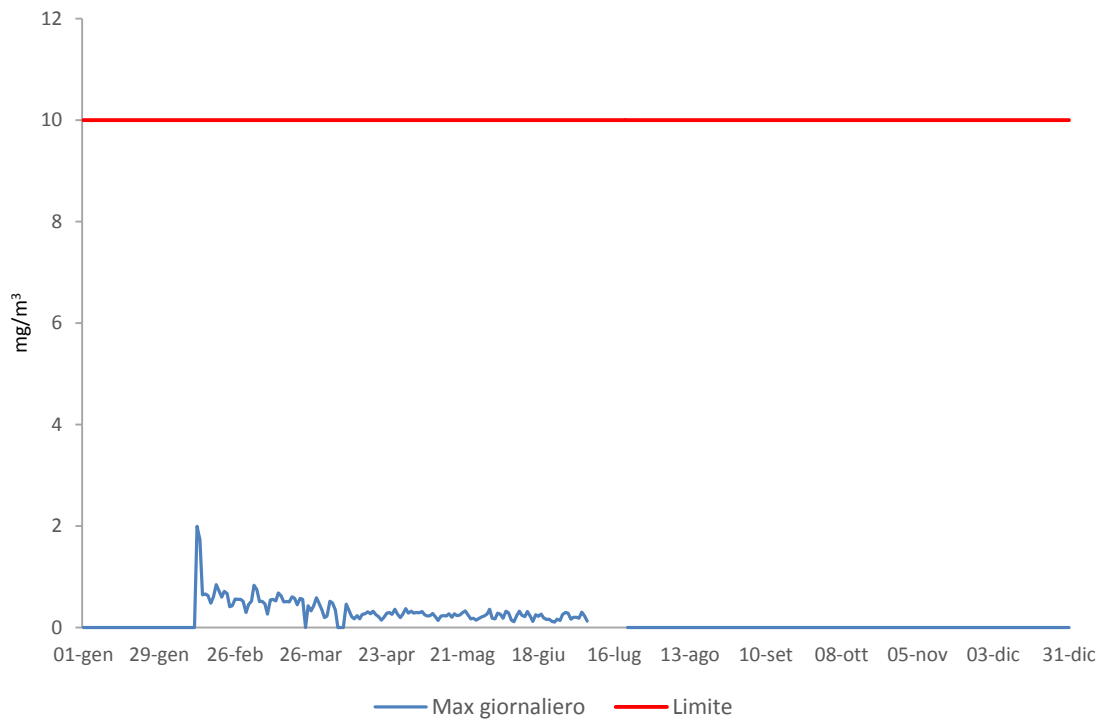


Grafico 108 - massimo giornaliero media mobile 8 h - CO - Isernia1

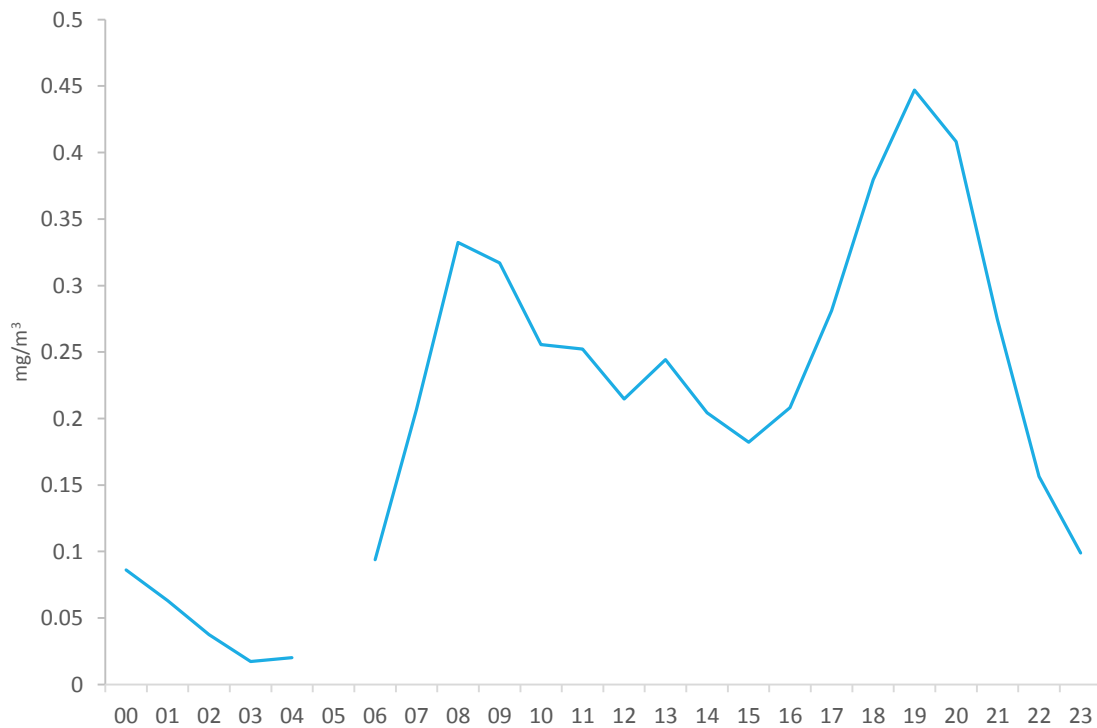


Grafico 109 - giorno tipo CO Isernia1

Venafro

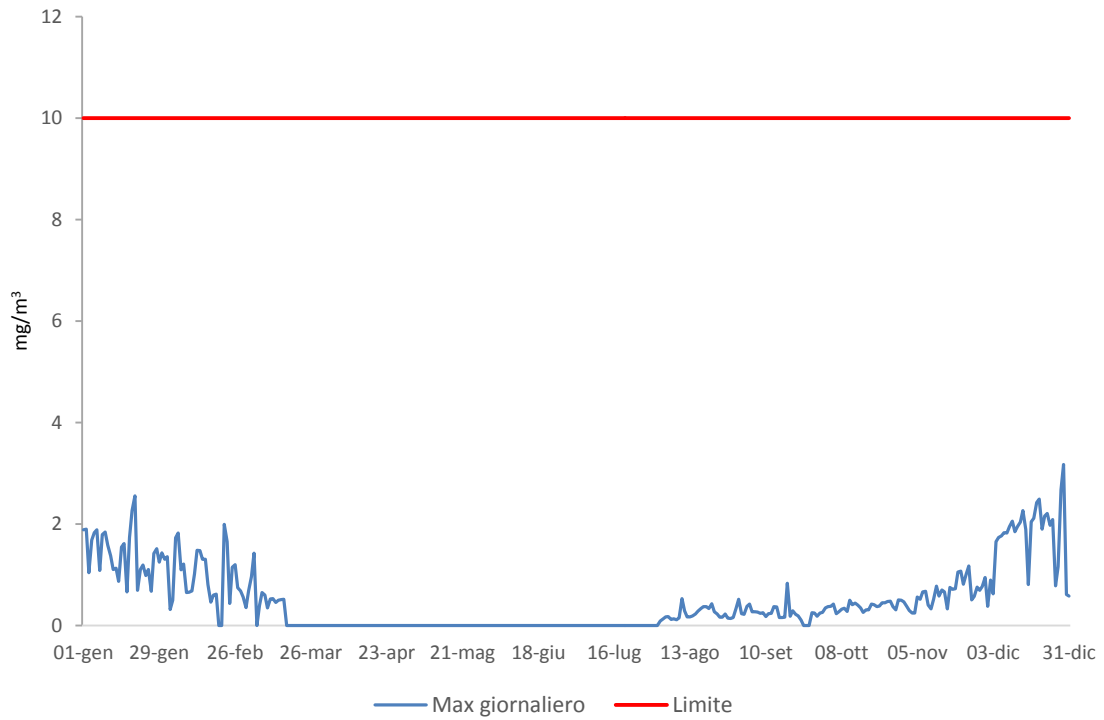


Grafico 110 - massimo giornaliero media mobile 8 h - CO - Venafro1

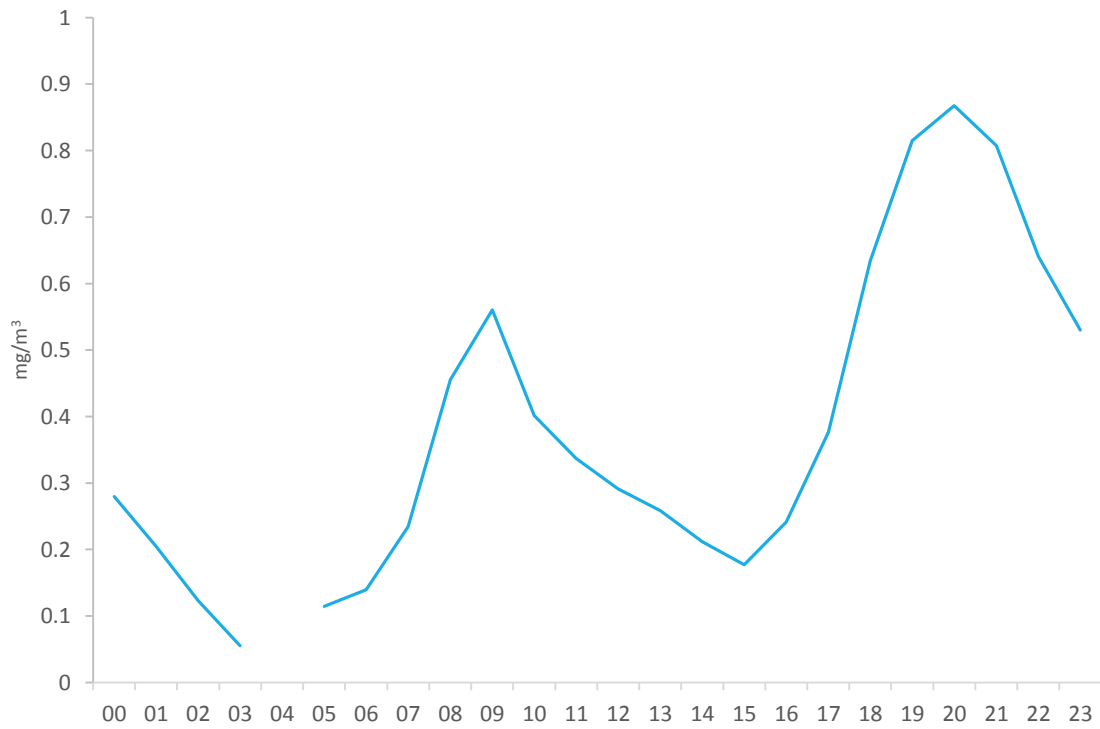


Grafico 111 - giorno tipo CO Venafro1

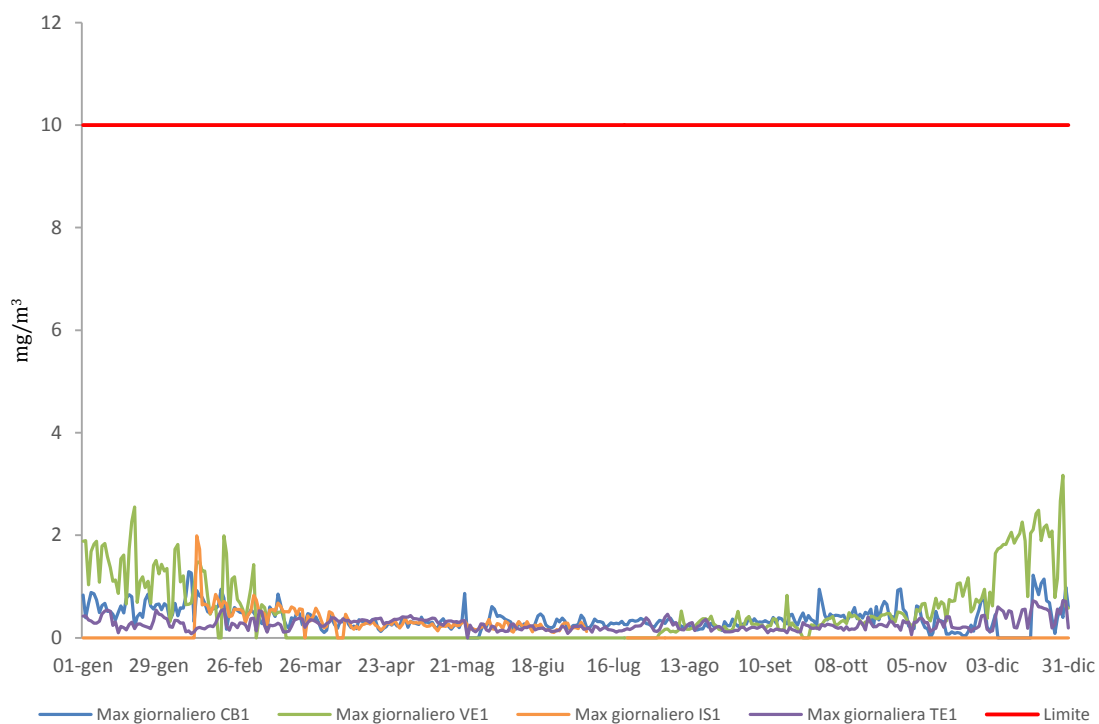


Grafico 112 - massimo giornaliero media mobile 8 h - CO - tutte le stazioni

BENZENE

Il limite fissato dalla normativa è un indicatore statistico annuale pari a $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con una raccolta di dati pari al 90%. Nel 2013 tale copertura non è stata realizzata pertanto non si può procedere alla verifica del rispetto del valore limite.

Indice qualità dell'aria

Indice qualità dell'aria

Per una valutazione ed un'informazione semplice ed immediata sullo stato della qualità dell'aria si può utilizzare un indice, che tiene conto in maniera integrata dei diversi inquinanti.

L'indice della qualità dell'aria (I.Q.A.) viene calcolato nel modo seguente:

$$I_{QA} = \frac{I_1 + I_2}{2}$$

I_1 e I_2 sono due sottoindici, calcolati per gli inquinanti monitorati utilizzando i seguenti criteri:

- si utilizza sempre nel calcolo, il sottoindice relativo al parametro PM_{10} , mediato con il più alto tra i sottoindici calcolati per gli altri inquinanti.
- se manca il sottoindice relativo al PM_{10} si utilizza il più alto tra O_3 ed NO_2 .
- se mancano i sottoindici dell' O_3 e dell' NO_2 si utilizza solo il sottoindice relativo al PM_{10} .
- se mancano tutti i tre parametri l'I.Q.A. non viene calcolato (n. d.).

I due sottoindici suddetti si calcolano con la formula di seguito riportata:

$$I_{QA_i} = \frac{V_{med_periodo_i}}{V_{rif_i}} \times 100$$

Dove:

I_{QA_i} = indice qualità dell'aria relativo all'inquinante i-esimo

$V_{med\ periodo\ i}$ = concentrazione media oraria e/o giornaliera misurata

$V_{rif\ i}$ = valore limite previsto dalla normativa vigente.

Ai diversi livelli di I.Q.A. si associano giudizi diversi in merito alla qualità dell'aria, diversi colori e diverse raccomandazioni utili alla popolazione:








I.Q.A.	QUALITÀ DELL'ARIA	COLORE	INFORMAZIONI ALLA POPOLAZIONE
0-50	OTTIMA		La qualità dell'aria è considerata eccellente
51-75	BUONA		La qualità dell'aria è considerata molto soddisfacente con nessun rischio per la popolazione.
76-100	DISCRETA		La qualità dell'aria è soddisfacente con nessun rischio per la popolazione.
101-125	MEDIOCRE		La popolazione non è a rischio. Le persone asmatiche, bronchitiche croniche o cardiopatiche potrebbero avvertire lievi sintomi respiratori solo durante un'attività fisica intensa; si consiglia pertanto a questa categoria di limitare l'esercizio fisico all'aperto, specialmente nelle ore centrali della giornata durante i mesi estivi.
126-150	POCO SALUBRE		Le persone con complicazioni cardiache, gli anziani e i bambini potrebbero essere a rischio, si consiglia pertanto a queste categorie di persone di limitare l'attività fisica e la permanenza prolungata all'aria aperta specialmente nelle ore centrali della giornata durante i mesi estivi.
151-175	INSALUBRE		Molti cittadini potrebbero avvertire lievi sintomi negativi sulla salute, comunque reversibili, pertanto si consiglia di limitare la permanenza all'aria aperta, specialmente nelle ore centrali della giornata durante i mesi estivi. I membri dei gruppi sensibili potrebbero invece avvertire sintomi più seri, è quindi conveniente esporsi il meno possibile all'aria aperta.
>175	MOLTO INSALUBRE		Tutti i cittadini potrebbero avvertire lievi effetti negativi sulla salute. Gli anziani e le persone con complicazioni respiratorie dovrebbero evitare di uscire, mentre gli altri, specialmente i bambini, dovrebbero evitare l'attività fisica e limitare la permanenza all'aria aperta, specialmente nelle ore centrali della giornata durante i mesi estivi.

Tabella 13 –Indice Qualità dell'Aria

Da una analisi delle frequenze dei giudizi dell'indice aggregato per città e della frequenza cumulata degli stessi, emerge che complessivamente nel 2013 la qualità dell'aria, ovunque, è risultata sostenibile per il 97% dei giorni, con nessun rischio per la popolazione, mentre per il restante 3% è risultata critica, con un contributo maggiore, in quest'ultimo caso, dovuto al comune di Venafro che presenta una percentuale di giudizi oscillanti tra il *mediocre* ed il *molto insalubre*, pari al 13%.

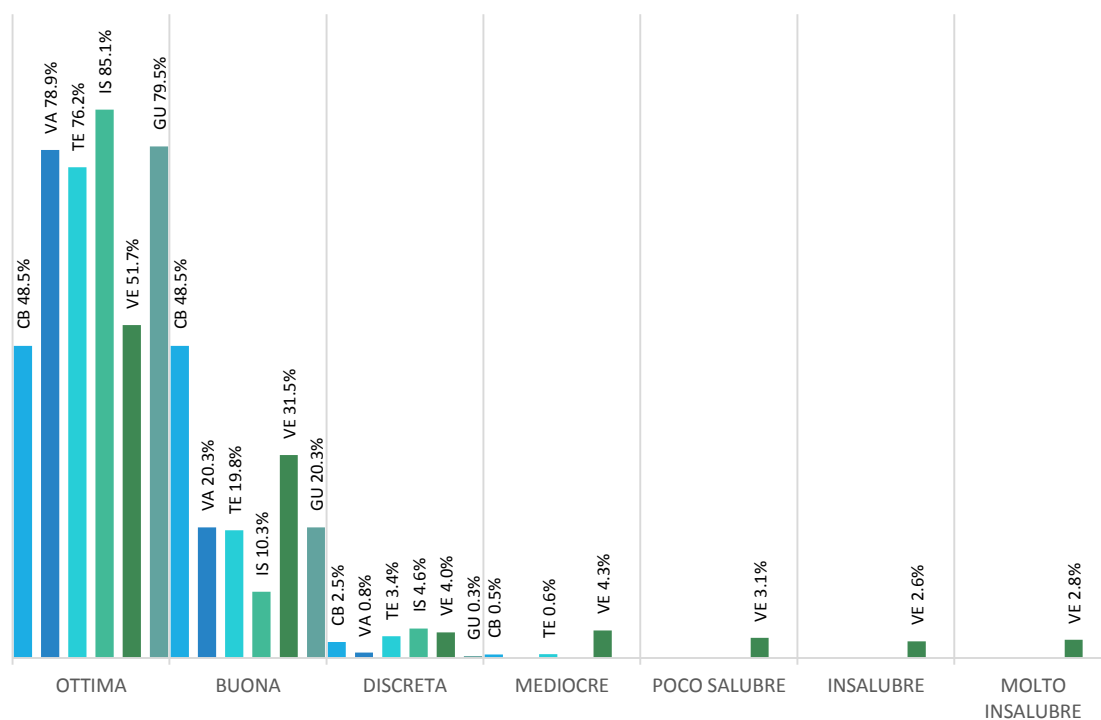


Grafico 113 – frequenza Indice Qualità dell'Aria

Qualità dell'aria	Frequenza cumulata (%)
Ottima	69.1%
Buona	26.1%
Discreta	2.3%
Mediocre	1.0%
Poco salubre	0.6%
Insalubre	0.5%
Molto insalubre	0.5%

Tabella 14 – frequenza indice qualità dell'aria

Allegati

CARATTERISTICHE DEGLI INQUINANTI

Monossido di carbonio

Il monossido di carbonio o ossido di carbonio (CO) è un gas incolore, inodore, infiammabile, e molto tossico. La sua formazione si ha durante le combustioni delle sostanze organiche, quando sono incomplete per difetto di aria (cioè per mancanza di ossigeno). Le emissioni naturali e quelle antropiche sono oramai dello stesso ordine di grandezza, ciò permette di comprendere quale sia il trend inquinante che si è instaurato nel corso dell'ultimo secolo. Il monossido di carbonio è estremamente diffuso specialmente nelle aree urbane a causa dell'inquinamento prodotto dagli scarichi degli autoveicoli. Gli effetti sull'ambiente sono da considerarsi trascurabili mentre quelli sull'uomo sono molto pericolosi.

Ossidi di zolfo

Normalmente gli ossidi di zolfo presenti in atmosfera sono l'anidride solforosa (SO₂) e l'anidride solforica (SO₃); questi composti vengono anche indicati con il termine comune SO_x. In particolare elevate concentrazioni di SO₂ in aria possono determinare le cosiddette "piogge acide". L'anidride solforosa o biossido di zolfo è un gas incolore, irritante, non infiammabile, molto solubile in acqua e dall'odore pungente. Dato che è più pesante dell'aria tende a stratificarsi nelle zone più basse. L'origine naturale deriva principalmente dalle eruzioni vulcaniche mentre quella antropica deriva dalla combustione domestica degli impianti non metanizzati e dall'uso di combustibili liquidi e solidi nelle centrali termoelettriche.

Ossidi di azoto

In atmosfera sono presenti diverse specie di ossidi di azoto ma per quanto riguarda l'inquinamento dell'aria si fa quasi esclusivamente riferimento al termine NO_x che sta ad indicare la somma del monossido di azoto (NO) e del biossido di azoto (NO₂). L'ossido di azoto (NO) è un gas incolore, insapore ed inodore; è anche chiamato ossido nitrico. È prodotto soprattutto nel corso dei processi di combustione ad alta temperatura assieme al biossido di azoto (che costituisce meno del 5% degli NO_x totali emessi). Viene poi ossidato in atmosfera dall'ossigeno e più rapidamente dall'ozono producendo biossido di azoto. La tossicità del monossido di azoto è limitata, al contrario di quella del biossido di azoto che risulta invece notevole. Il biossido di azoto è un gas tossico di colore giallo-rosso, dall'odore forte e pungente e con grande potere irritante; è un energico ossidante, molto reattivo e quindi altamente corrosivo. Il colore rossastro dei fumi è dato dalla presenza della forma NO₂ (che è quella prevalente). Il ben noto colore giallognolo delle foschie che ricoprono le città ad elevato traffico è dovuto per l'appunto al biossido di azoto.

Ozono

L'ozono è un gas tossico di colore bluastrò, costituito da molecole instabili formate da tre atomi di ossigeno (O₃). L'ozono è presente per più del 90% nella stratosfera dove viene prodotto dall'ossigeno molecolare per azione dei raggi ultravioletti solari. In stratosfera costituisce uno schermo protettivo nei confronti delle radiazioni UV generate dal sole. Per effetto della circolazione atmosferica viene in piccola parte trasportato anche negli strati più bassi dell'atmosfera (troposfera), nei quali si forma anche per effetto di scariche elettriche durante i temporali. Generalmente nella troposfera è presente a basse concentrazioni e rappresenta un inquinante secondario particolarmente insidioso. Viene inoltre prodotto nel corso di varie reazioni chimiche in presenza della luce del sole a partire da inquinanti

primari, in modo particolare dal biossido di azoto. Le più alte concentrazioni di ozono si rilevano nei mesi più caldi dell'anno e nelle ore di massimo irraggiamento solare mentre nelle ore serali l'ozono diminuisce.

Particolato

Il particolato atmosferico è l'insieme di particelle atmosferiche solide e liquide con diametro aerodinamico compreso fra 0,1 e 100 μm . Le particelle più grandi generalmente raggiungono il suolo in tempi piuttosto brevi e causano fenomeni di inquinamento su scala molto ristretta. Sia quelle antropiche che quelle naturali possono dar luogo a particolato primario (emesso direttamente nell'atmosfera) o secondario (formatasi in atmosfera attraverso reazioni chimiche). Il particolato atmosferico può diffondere la luce del Sole assorbendola e rimettendola in tutte le direzioni; il risultato è che una quantità minore di luce raggiunge la superficie della Terra. Questo fenomeno può determinare effetti locali (temporanea diminuzione della visibilità) e globali (possibili influenze sul clima). Molto pericoloso per la salute dell'uomo è il PM_{10} , contrazione delle parole inglesi ("Particulate Matter" materiale particolato); il 10 indica che il diametro aerodinamico delle particelle è minore di 10 micron. Le dimensioni delle particelle sono tali da penetrare fino al tratto toracico dell'apparato respiratorio (bronchi) mentre quelle più piccole possono arrivare fino agli alveoli polmonari, dove avviene lo scambio ossigeno-anidride carbonica del nostro organismo.

Benzene

Il benzene è un idrocarburo aromatico strutturato ad anello esagonale ed è costituito da 6 atomi di carbonio e 6 atomi di idrogeno (formula C_6H_6). Rappresenta la sostanza aromatica con la struttura molecolare più semplice e per questo lo si può definire il composto-base della classe degli idrocarburi aromatici. Il benzene presente nell'ambiente deriva sia da processi naturali che da attività umane. Le fonti naturali forniscono un contributo relativamente esiguo rispetto a quelle antropiche e sono dovute essenzialmente alle emissioni vulcaniche ed agli incendi boschivi. La maggior parte del benzene presente nell'aria è invece un sottoprodotto delle attività umane. Le principali cause di esposizione al benzene sono le combustioni incomplete del carbone e del petrolio (dei quali è un costituente naturale), i gas esausti dei veicoli a motore, le emissioni industriali. Il benzene viene utilizzato nelle industrie per la produzione di plastiche e resine sintetiche, colle, vernici, cere per mobili e detersivi.

L'INQUINAMENTO ATMOSFERICO.

Si definisce inquinamento atmosferico lo stato della qualità dell'aria conseguente alla immissione nella stessa di sostanze di qualsiasi natura in misura e condizioni tali da alterarne la salubrità e da costituire pregiudizio diretto o indiretto per la salute dei cittadini o danno ai beni pubblici o privati. Queste sostanze di solito non sono presenti nella normale composizione dell'aria, oppure lo sono ad un livello di concentrazione inferiore.

Gli inquinanti sono di solito distinti in due gruppi principali: inquinanti di origine antropica e inquinanti naturali. Gli inquinanti atmosferici, possono anche essere classificati in primari cioè liberati nell'ambiente come tali (come ad esempio il biossido di zolfo ed il monossido di azoto) e secondari che si formano successivamente in atmosfera attraverso reazioni chimico-fisiche, come l'ozono. Finora sono stati catalogati circa 3.000 contaminanti dell'aria, prodotti maggiormente dalle attività umane con i vari processi industriali, con l'utilizzo dei mezzi di trasporto o in altre circostanze. Le modalità di produzione e di liberazione dei vari inquinanti sono estremamente varie, allo stesso modo sono moltissime le variabili che possono intervenire nella loro diffusione in atmosfera.

Ozono troposferico nei mesi estivi, PM_{10} (materiale particolato di dimensione inferiore ai 10 milionesimi di metro) nei mesi invernali, sono gli inquinanti che periodicamente, oramai da diversi anni, salgono alla ribalta delle cronache per le elevate concentrazioni in atmosfera, concentrazioni spesso superiori ai valori limite per la protezione della salute umana e degli ecosistemi imposti dalle direttive europee. A questi si aggiunge il biossido di azoto (NO_2), le cui concentrazioni attuali fanno prevedere che non sarà facile rispettare i valori limite che andranno in vigore a partire dal 2010.

Sono questi gli inquinanti dell'aria "critici", su cui si appunta l'attenzione dell'Unione Europea per la difficoltà che si riscontra in molti Stati Membri – Italia compresa – di rispettarne i valori limite.

C'è una caratteristica che accomuna questi tre inquinanti, e che ne rende particolarmente arduo il processo di limitazione delle concentrazioni in aria: sono tutti inquinanti in cui la componente secondaria – quella parte che cioè non proviene direttamente dalle fonti di emissione, ma si forma in atmosfera a seguito di complessi processi chimico-fisici – ne costituisce la parte prevalente. Questo significa che per questi inquinanti le concentrazioni che si misurano nell'aria non sono legate in maniera semplice e diretta alle fonti di emissione, come accade nel caso di altri come biossido di zolfo, piombo, benzene e monossido di carbonio, tanto per fare alcuni esempi importanti per i quali si è avuto successo nel ridurre le concentrazioni in aria. Per questi ultimi infatti è bastato ridurre le quantità emesse dalle diverse fonti per riscontrare una diminuzione delle concentrazioni in atmosfera: l'uso di combustibili a basso tenore di zolfo – o praticamente privi, come nel caso del gas naturale – ha prodotto una riduzione delle concentrazioni in aria di biossido di zolfo; similmente l'eliminazione del piombo e la riduzione di benzene e di aromatici nelle benzine, e l'adozione di processi di combustione più efficienti e in particolare l'uso delle marmitte catalitiche negli autoveicoli, ha ridotto le emissioni e di conseguenza le concentrazioni in aria sia di piombo che di benzene che di monossido di carbonio.

Nel caso di ozono, PM_{10} e biossido di azoto la concentrazione in atmosfera è il risultato di un complesso di processi tra loro fortemente concatenati:

- le emissioni di inquinanti in atmosfera: nel caso dell'ozono, le emissioni di ossidi di azoto e composti organici volatili, che ne sono i precursori; nel caso del PM_{10} , oltre alle emissioni di PM_{10} primario, i precursori del PM_{10} secondario e cioè ossidi di zolfo e di azoto, composti organici, ammoniaci; nel caso del biossido di azoto, le emissioni di monossido di azoto che

ossidandosi forma il biossido di azoto, la cui componente primaria è in genere limitata a pochi punti percentuali;

- i processi chimici e fisici di trasformazione in atmosfera, che portano alla formazione di ozono troposferico e della componente secondaria del PM₁₀ (che nelle aree urbane, dove si riscontrano le concentrazioni maggiori di PM₁₀ in aria, pesa in media per il 50% e più, e nelle aree rurali arriva a pesare fino al 70-80% e oltre) e del biossido di azoto;
- i processi di dispersione e trasporto in atmosfera che fanno sì che questi inquinanti si distribuiscano su aree molto vaste, caratterizzandosi quindi come un fenomeno sovra regionale e addirittura transfrontaliero.

La conseguenza di tutto ciò è che la riduzione delle concentrazioni in aria di questi inquinanti è molto più complicata rispetto agli inquinanti “facili” come biossido di zolfo, piombo, benzene e monossido di carbonio: per ozono, PM₁₀ e biossido di azoto è necessario prevedere una drastica riduzione delle emissioni della componente antropica primaria (laddove presente in maniera significativa come nel caso del PM₁₀) e dei precursori della componente secondaria, su aree molto vaste e in maniera permanente. E' ovvio che questo sia più facile a dirsi che a farsi.

INQUINANTI PRIMARI E SECONDARI.

Gli inquinanti vengono distinti in primari e secondari. Primari sono gli inquinanti che vengono immessi direttamente nell'ambiente in seguito al processo che li ha prodotti. I principali inquinanti primari sono quelli emessi nel corso dei processi di combustione di qualunque natura: il monossido di carbonio; il biossido di carbonio; il monossido di azoto; le polveri; gli idrocarburi incombusti; nel caso in cui i combustibili contengano anche zolfo, si ha inoltre emissione di anidride solforosa. Gli inquinanti secondari sono invece quelle sostanze che si formano dagli inquinanti primari in seguito a modificazioni di varia natura generate da reazioni che, spesso, coinvolgono l'ossigeno atmosferico e la luce. Dopo la loro emissione in atmosfera, gli inquinanti primari sono soggetti a processi di diffusione, trasporto e deposizione. Subiscono inoltre dei processi di trasformazione chimico-fisica che possono portare alla formazione degli inquinanti secondari che spesso risultano più tossici e di più vasto raggio d'azione dei composti originari. Fenomeni di diffusione turbolenta e di trasporto delle masse d'aria determinano la dispersione dei contaminanti in atmosfera. La rimozione degli inquinanti è determinata dai vari processi di deposizione. Sia la dispersione che la rimozione sono strettamente dipendenti dai vari processi meteorologici che regolano il comportamento delle masse d'aria nella troposfera. Studiare il comportamento degli inquinanti primari è necessario sia per conoscere il profilo qualitativo, quantitativo e temporale delle emissioni, sia per avere informazioni sui processi meteorologici che interessano le aree soggette alla presenza dei vari inquinanti.

LA DIFFUSIONE DEGLI INQUINANTI.

La concentrazione degli inquinanti nell'aria è determinata da diversi fattori:

- la quantità dei contaminanti presenti nelle emissioni;
- il numero e la concentrazione delle sorgenti inquinanti;
- la distanza dai punti di emissione;
- le trasformazioni chimico-fisiche alle quali sono sottoposte le sostanze emesse;
- la eventuale velocità di ricaduta al suolo;
- la situazione morfologica delle aree interessate all'inquinamento;
- le condizioni meteorologiche locali e su grande scala.

L'intensità del vento è il fattore che più influenza il trasporto e la diffusione atmosferica degli inquinanti su scala locale; inoltre le precipitazioni atmosferiche svolgono un ruolo notevole in quanto contribuiscono a dilavare l'aria dai contaminanti presenti. Generalmente le zone urbane ed industriali sono le più soggette ai fenomeni di inquinamento, specialmente se sono collocate in aree dove vi sono dei naturali impedimenti alla circolazione dell'aria: ad esempio le valli chiuse da montagne, che presentano sempre problemi di ristagno per la ridotta ventilazione atmosferica; oppure allo stesso modo le aree localizzate in avvallamenti o depressioni del terreno. Di solito le concentrazioni dei contaminanti dell'aria sono minori quando il vento è moderato e l'atmosfera è instabile nei bassi strati. Al contrario, le concentrazioni degli inquinanti sono elevate in presenza di nebbia persistente oppure in assenza di vento o quando si è in presenza di inversioni termiche.

Le inversioni termiche sono dei fenomeni atmosferici che impediscono il normale rimescolamento delle masse d'aria: in genere, la temperatura dell'aria decresce man mano che aumenta l'altezza (circa 7°C per Km) e questo fa sì che le masse d'aria più calde, essendo meno dense, salgano e si sostituiscono all'aria più fredda che scende. Dal momento che questa aria calda è anche quella più inquinata perché si trova nella zona delle maggiori emissioni inquinanti, ne risulta un rimescolamento dei vari strati della troposfera che porta ad una diminuzione della concentrazione dei contaminanti atmosferici. In alcuni casi, però, a causa dell'inversione termica, si possono formare degli strati d'aria più calda a qualche decina o centinaia di metri d'altezza per cui lo strato sottostante non sale e ristagna al suolo; tale processo comporta inevitabili processi di accumulo delle sostanze inquinanti. Le inversioni termiche si formano solitamente nelle notti limpide subito dopo il tramonto, a causa del rapido raffreddamento del terreno (che a sua volta provoca un rapido raffreddamento dell'aria con cui è a contatto). Questo fenomeno è detto inversione termica di tipo radioattivo e in genere termina col riscaldamento mattutino della superficie terrestre; se questo non avviene gli inquinanti si possono accumulare anche per più giorni consecutivi, con tutti i problemi che ciò comporta.

Un parametro sintetico che rappresenta globalmente lo stato turbolento del P.B.L. (Planetary Boundary Layer) è la Classe di Stabilità Atmosferica, molto usata nei modelli di simulazione della dispersione degli inquinanti in aria di vecchia generazione. Tale parametro pretende di classificare in 6 classi tutte le possibili configurazioni del PBL, sia esso convettivo che stabile. Questa classificazione non deriva da considerazioni di natura micrometeorologica, ma solo dall'osservazione della forma dei pennacchi di fumo emessi da ciminiere elevate.

Tradizionalmente, le 6 Categorie di Stabilità Atmosferica sono le seguenti:

- sono previste tre Categorie, denominate A, B, C (o con i numeri 1, 2, 3), che rappresentano le situazioni convettive. La Categoria A rappresenta situazioni molto convettive, con velocità del vento bassa e forte insolazione. La Categoria B è una situazione che si presenta quando o la radiazione solare è relativamente poco elevata o la velocità del vento (e quindi la turbolenza di origine meccanica) è elevata. La Categoria C ha luogo quando la velocità del vento è elevata e la radiazione solare è ridotta;
- è stata prevista una situazione che rappresenta tutte quelle situazioni (stabili o convettive) prossime all'adiabaticità, denominata Categoria D (o 4) che quindi rappresenta situazioni diurne o notturne con cielo coperto e vento;
- infine sono state previste due situazioni stabili (relative esclusivamente a situazioni notturne) indicate come Categoria E e Categoria F, la prima relativa a situazioni con vento abbastanza elevato e cielo poco nuvoloso, mentre l'ultima relativa a situazioni con cielo sereno e velocità del vento bassa;

Categoria di equilibrio atmosferico	Classe di stabilità
Estremamente instabile	A (1)
Moderatamente instabile	B (2)
Leggermente instabile	C (3)
Neutra	D (4)
Leggermente stabile	E (5)
Stabile	F (6)

Tabella 15 - categorie e classi di stabilità atmosferiche

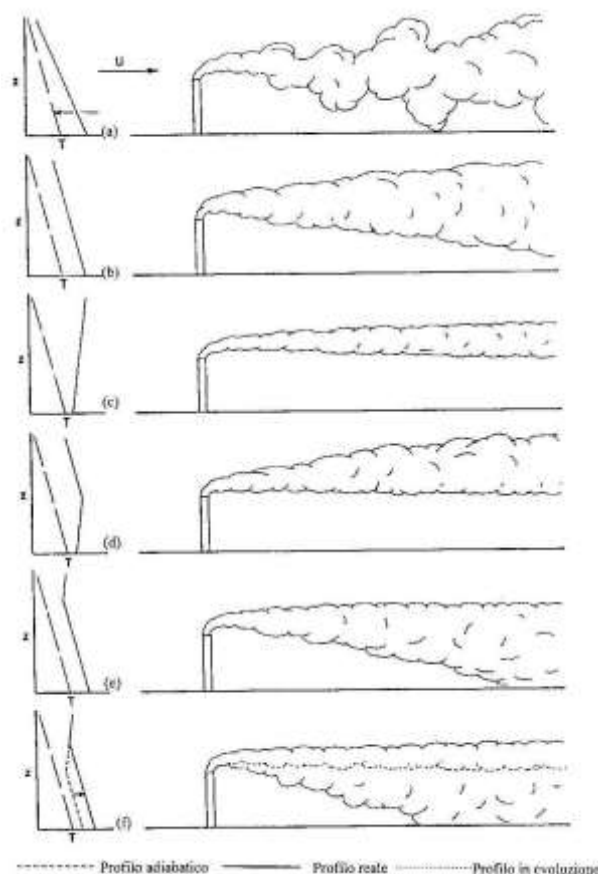
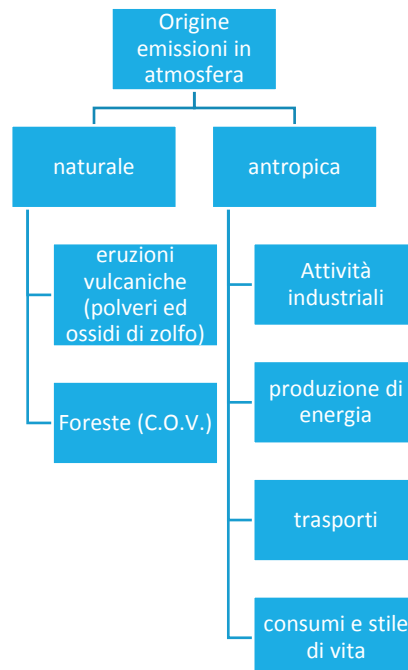


Figura 6 - Effetto del tipo di atmosfera sul trasporto e diffusione di un pennacchio emesso in atmosfera

- (a) instabilità (looping);
- (b) neutralità (coning);
- (c) stabilità (fanning);
- (d) inversione sotto (lofting);
- (e) inversione sopra (trapping);
- (f) fumigazione (fumigation).

Un metodo di stima della Categoria di Stabilità Atmosferica che si segnala è quello basato sulla velocità del vento e sulla Radiazione Solare Globale (per le ore diurne) e sulla Radiazione Netta (per le ore notturne). Tra tutti i metodi proposti questo è sicuramente il più fisico, dato che prende in considerazione come indicatore surrogato della turbolenza meccanica la velocità del vento (decisamente correlata con u^*) e come surrogato della turbolenza convettiva le radiazioni (solare globale e netta). In pratica questo schema risulta fortemente correlato col Flux Richardson Number che è un ottimo indicatore della turbolenza complessiva del PBL.

FORME DI INQUINAMENTO



Fonti antropogeniche di inquinamento dell'aria.

L'inquinamento atmosferico maggiore è quello che l'uomo produce per soddisfare le proprie necessità civili ed industriali. I vari processi di combustione utilizzati per cuocere i cibi, per riscaldarsi, per alimentare i veicoli a motore e i macchinari, producono gli inquinanti più diffusi. L'inquinamento dell'aria di origine antropica si sprigiona da grandi sorgenti fisse (industrie, impianti per la produzione di energia elettrica ed inceneritori), da piccole sorgenti fisse (impianti per il riscaldamento domestico) e da sorgenti mobili (il traffico veicolare). Molte di queste sorgenti sono strettamente legate alla produzione e al consumo di energia, specialmente da combustibili fossili. L'uso di combustibili fossili per il riscaldamento domestico, in particolare di oli combustibili pesanti, di biomassa e di carbone è una fonte significativa di inquinamento ambientale da polveri e biossido di zolfo. Anche il traffico contribuisce in gran parte alle emissioni di questi inquinanti nelle città caratterizzate da una grande congestione veicolare. Per quanto riguarda gli altri inquinanti principali è da sottolineare che nell'emissione di ozono e di composti organici volatili le sorgenti antropiche hanno un ruolo fondamentale tanto quanto quelle naturali; le combustioni in genere rappresentano la causa principale delle emissioni di ossido di azoto; i motori dei mezzi di trasporto rappresentano tipicamente la causa principale delle emissioni di monossido di carbonio. Oltre alle sostanze prodotte dai vari processi di combustione, vi sono altri inquinanti che vengono prodotti nel corso di particolari cicli tecnologici. Questi composti vengono liberati in quantità notevolmente inferiori e per questo risultano poco rilevanti come impatto globale a livello planetario; in ogni caso, sono altamente tossici, e la loro presenza è particolarmente importante a livello locale. La strategia di approccio è chiaramente diversa: gli specifici inquinanti di origine industriale sono infatti da ricercare non dopo la loro diffusione nell'ambiente (immissioni atmosferiche), ma al momento del loro rilascio (emissioni atmosferiche). L'impatto degli inquinanti sull'uomo dipende dalla zona di produzione degli inquinanti e dalla loro dispersione. Le grandi sorgenti fisse, spesso localizzate lontano dai più grandi centri abitati, disperdono nell'aria a grandi altezze, mentre il riscaldamento domestico ed il traffico producono inquinanti che si liberano a livello del suolo in aree densamente abitate. Come conseguenza, le sorgenti mobili e quelle

fisse di piccole dimensioni contribuiscono in modo maggiore all'inquinamento dell'aria nelle aree urbane e, di conseguenza, costituiscono un pericolo per la salute pubblica molto più di quanto non si potrebbe supporre facendo un semplice confronto quantitativo fra i vari tipi di emissioni.

Inquinamento atmosferico da traffico veicolare.

Il contenimento dell'inquinamento atmosferico dovuto alle emissioni di sostanze nocive provenienti dai gas di scarico dei veicoli a motore è un problema che non può essere affrontato all'interno dei confini geografici di ogni singola nazione ma, proprio a causa degli effetti che produce sul pianeta, richiede un intervento organico di tutti gli Stati a livello mondiale. L'attuale congiuntura politica ed economica del nostro pianeta non consente di coordinare gli interventi finalizzati al contenimento dell'inquinamento atmosferico procurato dai veicoli a motore: i paesi più industrializzati ed, in particolare gli Stati membri della Unione Europea hanno tuttavia sviluppato ed attuato importanti progetti con un programma (cosiddetto norme euro) a tappe che prevede una consistente riduzione delle sostanze inquinanti rilasciate nell'atmosfera per tutti i veicoli immatricolati, che consentirà di abbattere in modo significativo l'impatto ambientale dei veicoli immessi in circolazione.

Fonti naturali di inquinamento.

Ci sono molte fonti di inquinanti naturali che alle volte assumono più rilevanza di quelle originate dall'uomo. Gli inquinanti naturali dell'aria sono sempre stati parte della storia dell'uomo. Le polveri e i vari gas emessi dai vulcani, dagli incendi delle foreste e dalla decomposizione dei composti organici entrano in atmosfera ad intervalli più o meno regolari e in alcuni casi a livelli tali da causare effetti drammatici a carico del clima. In ogni caso gli inquinanti naturali non rappresentano necessariamente un serio problema come possono esserlo gli inquinanti di origine antropica perché risultano spesso notevolmente meno pericolosi dei composti prodotti dall'uomo e non si concentrano mai sulle grandi città. Le sorgenti naturali di ossidi di azoto comprendono i vulcani, gli oceani, le decomposizioni organiche e l'azione dei fulmini, mentre quelle di biossido di zolfo includono i vulcani, le decomposizioni organiche e gli incendi delle foreste. L'importanza delle sorgenti naturali di particolato (i vulcani e le tempeste di sabbia) è invece minore di quelle antropiche dato che originano particelle di dimensioni tali da non poter arrecare danni rilevanti all'apparato respiratorio. Queste sorgenti solitamente non provocano degli episodi di inquinamento particolarmente acuto in quanto l'inquinamento in genere avviene su scala temporale relativamente ridotta. La maggior parte dei composti gassosi dell'aria costituisce parte dei cicli naturali, per questo gli ecosistemi sono in grado di mantenere l'equilibrio tra le varie parti del sistema. Comunque, l'introduzione di grandi quantità di composti addizionali può compromettere anche definitivamente i naturali cicli biochimici preesistenti. Dato che molto poco può essere fatto dall'uomo nei riguardi dell'inquinamento naturale, la maggior preoccupazione deve essere quella di ridurre le emissioni inquinanti prodotte dalle attività umane.

Lo smog fotochimico.

Lo smog fotochimico è dovuto all'azione di ossidi di azoto, ossido di carbonio, ozono ed altri composti organici volatili sotto l'azione della radiazione solare. Esso si verifica in estate nelle ore centrali della giornata in presenza di alta insolazione, bassa velocità del vento, temperatura superiore a 18 °C. Per l'innescio di un processo di smog fotochimico è necessaria la presenza di luce solare, ossidi di azoto e composti organici volatili, inoltre, il processo è favorito dalla temperatura atmosferica elevata. Lo sviluppo di fenomeni di inquinamento fotochimico intenso si ha prevalentemente nelle città poste nelle aree geografiche caratterizzate da radiazione solare intensa e temperatura elevata (es. aree mediterranee) anche perché gli ossidi di azoto ed i composti organici volatili sono fra i componenti

principali delle emissioni nelle aree urbane. Se si paragona lo smog classico a quello fotochimico questo ultimo è caratterizzato da un'attività chimica molto più intensa e presenta una complessa catena di reazioni che hanno luogo sotto l'effetto della luce. Nelle regioni Mediterranee le alte intensità luminose e le elevate temperature favoriscono le reazioni che portano alla formazione dello smog fotochimico e in particolar modo dell'ozono. Questo tipo di inquinamento rappresenta un problema per la salute dell'uomo, degli animali e delle piante. I principali effetti dello smog fotochimico sull'uomo sono una forte irritazione agli occhi e difficoltà nella respirazione. Le piante, invece, avendo un organo come quello fogliare con un rapporto superficie/volume molto elevato, assorbono, attraverso le aperture stomatiche, una ingente quantità di inquinanti gassosi. Purtroppo, dato che le reazioni che portano alla formazione di agenti fotochimici sono molto complesse, e la loro distribuzione è legata alle condizioni meteorologiche, risulta difficile prevederne l'evoluzione e la distribuzione spazio-temporale e prendere conseguentemente i dovuti provvedimenti.

Bibliografia

- D. Lgs. 155/10 - Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa. (10G0177) (GU n.216 del 15-9-2010 - Suppl. Ordinario n. 217)
- La qualità dell'aria in Italia: dati, problemi, prospettive - A.P.A.T. - Edizione 2006.
- I Quaderni della Formazione Ambientale - Aria - A.P.A.T.
- Rapporto ISTISAN 06/13.Sito web Provincia di Torino.
- Sito web APPA Trento.
- Sito web EPA (Environmental Protection Agency).
- Guideline for Reporting of Daily Air Quality - Air Quality Index (AQI) - EPA -454/B-06-001 May 2006.
- Federal Register/Vol.64 n° 149/Wednesday, August 4 1999/Rules and Regulations.
- ARPA_PBL Un programma per la ricostruzione diagnostica MONODIMENSIONALE dei campi di turbolenza del PBL. - Roberto Sozzi (ARPA Lazio).
- La micrometeorologia e la dispersione degli inquinanti in atmosfera – APAT CTN-ACE 2003.
- Documenti Ecologia Ambiente N° 4-5-6 1983 Regione Lombardia.
- Quaderno Tecnico ARPA-SMR n° 10/2002.
- Gestione della qualità dell'aria - Giovanna Finzi et altri – McGraw-Hill
- Stimatore statistico lineare per la stima della concentrazione media giornaliera di PM₁₀ – Sozzi et altri – Bollettino degli esperti ambientali anno 64 2013/3
- Come osservare l'atmosfera: strumenti, metodi, misure: Tecniche di acquisizione e analisi dati di smog fotochimico nell'area bolognese.
- Relazione ARPA Molise Campagna di monitoraggio della qualità dell'aria BOJANO (CB) Largo Duomo 19 marzo - 08 aprile 2008.
- Relazione ARPA Molise Campagna di monitoraggio della qualità dell'aria BOJANO (CB) Via Barcellona 31 luglio - 05 ottobre 2009.
- Ecoscienza numero 1 – anno 2010 – Legna e PM₁₀ uno studio dalla Germania

ARPA Molise

DIREZIONE TECNICO SCIENTIFICA

U.O.C. delle Attività Tecniche ed Informatiche

Gestione Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria ARPA

